UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

CAMBIO DE DISEÑO DE POLINES DE CORREA TRANSPORTADORA DE MINERAL CV110 – MINERA SPENCE BHP PARA AUMENTAR SU DISPONIBILIDAD

Trabajo de Titulación para optar al Título Profesional de Ingeniero de Ejecución en MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Alumno:
Rodrigo Ignacio Cortés Cabezas

Profesor Guía:
Mg.Ing. Ricardo Ciudad Cartagena

2021

DEDICATORIA

Siempre tuve el sueño de estudiar, ser el primero de mi familia en entrar a la universidad fue algo muy gratificante. Servir como ejemplo para mis primos, hermanas e hijas. Mi vida siempre ha estado de dulce y agraz. Siempre he tenido que luchar por todo nunca ha sido fácil como todos piensan. Gracias a mis padres por apoyarme en todo, ellos son mi pilar fundamental.

Gracias Pamela Lucero por convertirme en padre que tener a mis hijas es lo más lindo que me ha pasado en la vida, ellas son mi mayor éxito y todo lo que logre en mi vida será por ustedes. Que crezcan con un ejemplo para sus vidas.

Rodrigo Ignacio Cortes Cabezas

RESUMEN EJECUTIVO

KEYWORDS: AUMENTO DE DISPONIBILIDAD – CAMBIO DISEÑO DE POLINES - CORREAS TRANSPORTADORAS

El presente trabajo corresponde a una mejora en el diseño de los polines de la correa de mineral CV 110, lo cual ayudara a mejorar el mantenimiento que se ejecuta en la actualidad.

En el capítulo 1 se describe el proceso productivo de minera Spence desde que el material ingresa a los chancadores hasta que el material es descargado por los esparcidores en el sector de ripios. También se especifican los componentes que tiene una correa transportadora de mineral y se grafican sus principales fallas que tiene en el proceso para adoptar una mejor toma de decisiones en su mantenimiento para una correa transportadora de mineral que trabaja en condiciones climáticas y químicas desfavorables, tanto para los equipos como para los trabajadores

En el capítulo 2 se identifican los puntos débiles que tiene la correa transportadora CV 110 de la minera Spence, donde se conocen los antecedentes de la correa transportadora y se calcula la disponibilidad que trabaja actualmente. También se conocen las fallas comunes y se conoce el diseño actual de rodillos, conociendo su funcionamiento se propone un nuevo diseño de rodillos mejorados comparando sus componentes, para tener el mejor desempeño dentro de la correa transportadora y tener las herramientas mínimas que permitan dar un mejor pronóstico del funcionamiento de los equipos para tener una vida útil eficiente.

En el Capítulo 3 se generan pautas de inspección, se entregan recomendaciones que permitirá a los encargados de planificar, controlar y velar por el buen funcionamiento de los equipos que componen la correa transportadora y

Las actividades son asignadas a el personal de mantenimiento de la empresa, los que deben cumplir con los procedimientos estipulados por el departamento de mantención tanto en la ejecución como en el control de las tareas en caso que las actividades se han realizadas por empresas contratistas, en este caso el personal de planta es responsable de la recepción de los trabajos. Con el propósito de mantener una alta confiabilidad de nuestras correas transportadoras.

Se establece además mejoras y propuestas en el tiempo de detención apuntando al mejoramiento continuo del funcionamiento en las correas transportadoras. Se realizan procedimientos de trabajos para distintas fallas en cintas transportadoras y las principales medidas de control de riesgos denominados requisitos mínimos para realizar trabajos en la correa transportadora de mineral CV 110 de BHP Spence.

ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO

SIGLA Y SIMBOLOGÍA

INTRODUCCIÓN **1**

OBJETIVOS **2**

Objetivo General 2

Objetivos Específicos 2

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES 3

1. ANTECEDENTES GENERALES **4**

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA **4**

1.2. PROCESO DE PRODUCCIÓN **6**

1.2.1. Proceso área seca 7

1.2.2. Proceso de aglomeración 10

1.2.3. Proceso de apilamiento 12

1.2.4. Lixiviación bacteriana en pilas 13

1.2.5. Extracción por solventes 14

1.2.6. Cátodos obtenidos por electroobtención 15

1.2.7. Proceso de ripios 16

1.3. MARCO GENERAL **17**

1.4. PROBLEMATICA **17**

1.5. CORREA TRANSPORTADORA **17**

1.5.1 Antecedentes generales de Correas Transportadoras 18

1.6. COMPONENTES DE LA CORREA TRANSPORTADORA A7 **18**

1.6.1. Cinta 19

1.6.2. Polin de carga 19

1.6.3. Polines de Impacto 21

1.6.4. Polines de Retorno en V 23

1.6.5. Polines autocentrante de carga 24

1.6.6. Tambor motriz y de cola 26

1.6.7. Sistema de limpieza en la Cinta 28

1.7. DIAGRAMA PARETO 30

CAPÍTULO 2: IDENTIFICAR LOS PUNTOS DEBILES MEDIANTE UN ANALISIS CAUSA RAIZ DE LA CORREA TRANSPORTADORA C110 PARA PROPONER UN CAMBIO DE DISEÑO DE RODILLOS 32

2. IDENTIFICAR LOS PUNTOS DEBILES MEDIANTE UN ANALISIS CAUSA RAIZ DE LA CORREA TRANSPORTADORA CV-110 PARA PROPONER UN CAMBIO DE DISEÑO DE RODILLOS **33**
2.1. ANTECEDENTES CORREA Transportadora CV-110 **33**
2.2. DISPONIBILIDAD DE CORREA TRANSPORTADORA **35**
2.2.1. Cálculo de disponibilidad 36
2.3. Fallas comunes en correas transportadora A7 **37**
2.3.1. Cinta desalineada 37
2.3.2. Polines sobrecargados 38
2.3.3. Cinta defectuosa 38
2.3.4. Atasco en polines de carga 39
2.3.5. Derrame de material 40
2.3.6. Rodillos con material 40
2.4. DISEÑO ACTUAL DE RODILLOS CORREA TRANSPORTADORA A7 **41**
2.5. ANALISIS DE CRITICIDAD BASADO EN EL RIEGO OPERACIONAL **42**
2.6. ANALISIS DE CAUSA RAIZ MEDIANTE LA HERRAMIENTA ARBOL LOGICO DE FALLAS **44**
2.6. NUEVO DISEÑO RODILLOS CORREA TRANSPORTADORA A7 **47**
2.6.1. Eje de rodillo 49
2.6.2. Retenes 50
2.6.3. Sellos Laberintos 51
2.6.1. Comparación de rodamientos 52
2.6.2. Comparación de rodamientos según datos de calculo 53
2.6.3. Comparación recubrimiento de rodillos 54
2.7. ESTACIÓN DE POLIN MEJORADA **55**

CAPÍTULO 3: GENERAR PAUTAS DE INSPECCIÓN, PARA LA ESTANDARIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO Y ASI AUMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE LA CORREA TRANSPORTADORA CV-110 58
3. GENERAR PAUTAS DE INSPECIÓN, PARA LA ESTADARIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO Y ASI AUMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE LA CORREA TRANSPORTADORA CV-110. **59**
3.1. MANTENIMIENTO INDUSTRIAL **59**
3.2. TIPOS DE MANTENIMIENTO **60**
3.3. MANTENIMIENTO CORREA TRANSPORTADORA CV-110 **60**
3.3.1. Lubricación Correa transportadora CV-110 61

3.4. INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO RECOMENDADO POR EL FABRICANTE **62**
3.4.1. Programa general de Inspección 62
3.5. MONITOREO DE LA CONDICIÓN DEL EQUIPO RECOMENDADO POR EL FABRICANTE **63**
3.5.1. Temperatura 63
3.5.2. Vibración 63
3.5.3. Ruidos 63
3.5.4. Detección visual 64
3.6. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA CORREA TRANSPORTADORA CV-110 **64**
3.6.1. Programación de inspecciones en paradas programadas 64
3.6.2. Programación de limpieza semanales de corea transportadora CV-110 65
3.7. PAUTAS DE INSPECCIÓN SEMANALES CORREA TRANSPORTADORA A7 **66**
3.7.1. Estrategias de mantenimiento CV-110 68
3.8. PROYECCION DE DISPONIBILIDAD **69**
3.9. PROYECCIÓN DE CONFIABILIDAD Y MANTENIBILIDAD **70**
3.9.1. Calculo de confiabilidad CV-110 72
3.9.2. Calculo de mantenibilidad CV-110 74
3.10. COSTOS GENERALES **75**
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES **78**
BIBLIOGRAFÍA **79**
ANEXOS **80**
ANEXO A:TÍTULO DEL ANEXO **80**

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Área seca harneros Spence 7
Figura 1-2. Imagen satelital Minera Spence 8
Figura 1-3. Chancador primario área seca 10
Figura 1-4. Chancador secundario y terciario área seca 11
Figura 1-5. Edificio de harneros área seca 12
Figura 1-6. Aglomerado área seca 14
Figura 1-7. Apilamiento área seca 15
Figura 1-8. Lixiviación en pilas 17
Figura 1-9. Extracción por solventes 17
Figura 1-10. Cátodos obtenidos por electroobtención 18
Figura 1-11. Proceso ripios 19
Figura 1-12. Componentes Correa Transportadora 21
Figura 1-13. Estructura cinta 22
Figura 1-14. Polín de carga existentes CV-110 23
Figura 1-15. Polín de carga 23
Figura 1-16. Rodillo de carga 24
Figura 1-17. Polines de Impacto existentes CV-110 25
Figura 1-18. Polín de impacto 25
Figura 1-19. Rodillo de impacto 26
Figura 1-20. Polín de retorno 27
Figura 1-21. Imagen Polines de Retorno 27
Figura 1-22. Polín autocentrante de carga 28
Figura 1-23. Imagen Polines autolineantes 28
Figura 1-24. Tambor Motriz 29
Figura 1-25. Tambor de cola 31
Figura 1-26. Raspadores de limpieza 32
Figura 1-27. Deflector tipo “V” 32
Figura 1-28. Grafico Jack Knife 34
Figura 2-1. Tambor aglomerador AD-100 36
Figura 2-2. Chute distribuidor 37
Figura 2-3. Cinta desalineada 40
Figura 2-4. Polines sobre cargados 41
Figura 2-5. Cinta defectuosa 42
Figura 2-6. Polines Atascados 42

Figura 2-7. Derrame de material 43
Figura 2-8. descentramiento de la cinta 44
Figura 2-9. Rodillos actuales correa transportadora CV-110 44
Figura 2-10. Criterios de evaluación del riego 46
Figura 2-11. Rodillos propuestos para correa transportadora CV-110 50
Figura 2-12. Barra trefilada para eje 51
Figura 2-13. Reten 52
Figura 2-14. Reten insertado en el eje 52
Figura 2-15. Sellos Laberintos 53
Figura 2-16. Sellos Laberintos insertos en el eje 53
Figura 2-17. Rodamientos SKF 54
Figura 2-18. Cargas en rodamientos SKF 55
Figura 2-19. Recubrimiento de rodillos 56
Figura 2-20. Estructura polín de carga 58
Figura 2-21. Plano estructura polín de carga 59
Figura 3-1. Tipos de mantenimiento 64
Figura 3-2. Lubricación Correa transportadora 65
Figura 3-3. Programa general de inspección por el fabricante 66
Figura 3-4. Programación de inspecciones en paradas programadas 69
Figura 3-5. Acumulación de material 69
Figura 3-6. Programación limpieza CV-110 70
Figura 3-7. Gráfico de estado de funcionamiento 75
Figura 3-8. Gráfico de estado de funcionamiento 76
Figura 3-9. Costos de mantenimiento CV-110 planificados 81
Figura 3-10. Costos de mantenimiento CV-110 no planificados 81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1. Producción anual desde la apertura de la mina 9
Tabla 1-2. Características de la cinta 22
Tabla 1-3. Características polines de carga 23
Tabla 1-4. Características polines de impacto 25
Tabla 1-5. Características polines de retorno 26
Tabla 1-6. Características polines autoalineantes 28
Tabla 1-7. Características tambor motriz 30

Tabla 1-8. Características motor 30
Tabla 1-9. Características reductor 30
Tabla 1-10. Características tambor de cola 31
Tabla 2-1. Condiciones de servicio y ambientales de la Correa 39
Tabla 2-2. Datos técnicos Correa Transportadora 39
Tabla 2-3. Componentes rodillos actuales 46
Tabla 2-4. Tabla de criticidad de consecuencia operacional 48
Tabla 2-5. Análisis causa raíz 49
Tabla 2-6. Componentes de los nuevos rodillos de carga 52
Tabla 2-7. Datos técnicos rodamiento rígido de bolas 56
Tabla 2-8. Datos técnicos rodamiento de rodillo a rotula 57
Tabla 2-9. Datos técnicos rodamiento de rodillo a rotula 58
Tabla 2-10. Datos estructura polín de carga mejorada 59
Tabla 3-1. Pauta de inspección correas transportadoras 72
Tabla 3-2. Datos estructura polín de carga mejorada 73
Tabla 3-3. Datos detenciones no planificadas 74
Tabla 3-4. Datos detenciones planificadas 74
Tabla 3-5. Indicadores económicos 81

SIGLA Y SIMBOLOGÍA

A. SIGLAS

ROM.	: Como sale de la mina
K.P.I.	: Indicador de rendimiento
RCM	: Mantenimiento centrado en la confiabilidad
AMFEC	: Análisis de modos de falla efecto y criticidad
KTPA	: Kilo toneladas de producción anual
KTPA	: Kilo toneladas de producción diaria
KT	: Kilo toneladas
SX	: Extracción por solventes
TON.	: Toneladas

B. SIMBOLOGÍA

HP	: Caballos de fuerza
SAG	: Molino semiautógeno
mm	: Milímetros
m	: Metros
Kw	: Kilo watts

INTRODUCCIÓN

El uso de correas transportadoras es fundamental para el rubro de la minería permitiendo hacer más extenso y eficiente el transporte de mineral, los cuales tienen gran adaptabilidad a diferentes condiciones de trabajo, la condición geográfica de la minera Spence BHP se hace indispensable el uso de correas trasportadoras para su proceso productivo. Sin embargo, las correas transportadoras no son autónomas, es por esto que es de gran importancia el mantenimiento de sus sistemas, para conservar sus componentes y tener un buen rendimiento, es por esto que es vital tener un plan de mantenimiento para el sistema transportador que indique las acciones a seguir en cada procedimiento y recomendaciones en el caso de encontrarse con una falla en el sistema.

Un buen mantenimiento se basa en una buena planificación, programación y correcta ejecución, que depende de las habilidades de los ejecutantes, pero también depende de tener los materiales correctos disponibles cuando se requieran ocupar, lo que a su vez depende de la logística de la empresa. El proceso de mantenimiento forma parte de un flujo relacionado entre sí, que busca que el trabajador pueda ejecutar los procesos en forma eficiente y apoyada por las distintas áreas de la compañía que deben preocuparse de que se cuenten con los recursos apropiados para una correcta ejecución del mantenimiento.

En BHP Spence, es normal encontrar en las áreas de la empresa una baja relación entre los equipos de trabajo, desconociendo el principio básico que plantea: “ningún equipo puede funcionar satisfactoriamente por sí solo”. El apoyo de todos los otros grupos comprometidos en la operación o soporte de la faena son vitales para cumplir las metas. Todo esto se refleja en que indicadores claves básicos como son; Porcentaje, planificación, disponibilidad, confiabilidad, costo, utilización y producción de los equipos no es compartida o se obtiene en forma diferente, utilizando bases de datos de sistemas de información distintos entre los actores de las áreas; Operaciones, Mantenimiento, Abastecimiento, Seguridad y Medio Ambiente etc.

El presente trabajo busca mantener de manera efectiva el sistema transportador, Para poder hacer las tareas correctas y correctamente (proactivas y reactivas), con personal habilitado y con las competencias adecuadas para ejecutar el trabajo de manera eficiente y eficaz, así poder lograr el trabajo correcto vía la gestión de mejores prácticas y la utilización de los procesos adjuntos

OBJETIVOS

Objetivo General

Realizar un cambio de diseño de polines en la correa transportadora CV-110, para mitigación de fallas catastróficas y así aumentar su disponibilidad.

Objetivos Específicos

- Recopilar información técnica asociada a la correa transportadora CV-110 mediante un levantamiento de elementos, para priorización de elementos críticos. Por medio de un gráfico de Pareto.
- Determinar los componentes críticos del equipo, realizando un análisis de puntos débiles mediante un análisis causa raíz, para la correa transportadora CV-110 para proponer un cambio de diseño de rodillos.
- Generar pautas de inspección, enfocados en los componentes con mayor probabilidad de fallas, para la estandarización del mantenimiento y así aumentar la disponibilidad de la correa transportadora CV-110.
- Evaluar el impacto del cambio de rodillos en la correa transportadora CV-110, mediante la proyección de disponibilidad y confiabilidad que tendrá la correa con los nuevos polines.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Minera Spence se ubica en la comuna de Sierra Gorda la Segunda región de Antofagasta del norte de Chile, a 1700 metros sobre el nivel del mar, a un costado de la Ruta 25. Se encuentra a 50 km al sur oeste de la ciudad de Calama y a 150 km al noreste de la ciudad de Antofagasta (Ver Figura 1-1).

En esta zona Predomina el clima desértico. Las condiciones climáticas son de una marcada aridez y escasez de agua. Esta situación, unida a la exigua vegetación existente, define un paisaje natural conocido como el Desierto de Atacama

Fuente: BHP Spence

Figura 1-1. Área seca harneros Spence

En 1984, BHP llego a Chile, a través de la adquisición de Utah Construcción Company, que era el principal socio de la Minera Escondida. En 2000, Billiton compro Rio Algom, que tenía entre sus activos Spence y Cerro Colorado; y en 2001 se produjo la fusión de BHP y Billiton.

La unidad de negocios BHP Billiton Pampa norte, 100% propiedad de BHP Billiton, está integrada por dos operaciones a rajo abierto: Compañía Minera Spence y Minera Cerro Colorado. Ambas faenas producen cátodos de alta calidad mediante el procesamiento de óxidos y sulfuros de cobre a través de lixiviación, extracción por solventes y electro-obtención. (Ver Figura 1-2).

Fuente: Google Earth

Figura 1-2. Imagen satelital Minera Spence

La producción para el año 2015 fue de 194.8 kilo toneladas de cátodos de cobre (194.8 ktpa), y su producción diaria es de 326 ktpd de material donde 70 ktpd corresponden a mineral (producto de la lixiviación) y 256 ktpd corresponden a roca estéril. (Ver tabla 1-1).

Tabla 1-1. Producción anual desde la apertura de la mina

Año	Cátodos de cobre (kt)
2007	129.3
2008	164.8
2009	162.8
2010	178.2
2011	166.7
2012	161.0
2013	170.5
2014	198.0
2015	194.8
2016	191.7
2020	179.0

Fuente: Minera Spence

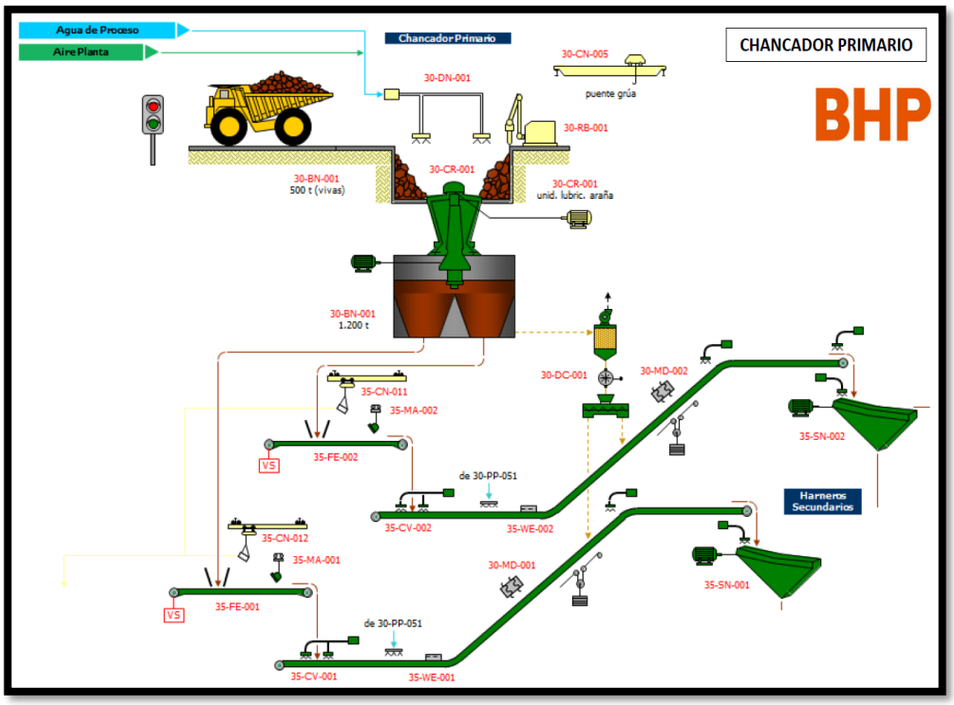
1.2. PROCESO DE PRODUCCIÓN

Spence, es un yacimiento de pórfidos de cobre con cuatro zonas mineralizadas: mineral oxidado, mineral de sulfuro enriquecido, mineral mezclado y mineral de sulfuro hipógeno. El proceso se inicia con la extracción del mineral, en un proceso de extracción a rajo abierto convencional. La mina fue diseñada para extraer 50.000 t/d de uno u otro mineral, óxido o sulfuro en diferentes fracciones al día.

Minerales de óxidos y sulfuros son alimentados en campañas separadas a la unidad de chancado primario, lo que requiere acopiar el mineral por separado. Dependiendo de la campaña, el mineral oxidado o sulfurado se envía alternadamente a una planta de chancado en 3 etapas (primario, secundario y terciario). Posteriormente, el mineral de la campaña en cuestión, es alimentado desde un silo mediante alimentadores y correas transportadoras a tambores aglomeradores donde se acondiciona con ácido sulfúrico concentrado.

1.2.1. Proceso área seca

El área seca de Minera Spence comprende los procesos de chancado, aglomeración y apilamiento, más específicamente desde el chancador primario (30-CR-01) hasta la correa apiladora de óxido (41-CV-14) y la correa apiladora de sulfuro (41-CV-16).



Fuente: BHP Spence

Figura 1-3. Chancador primario área seca

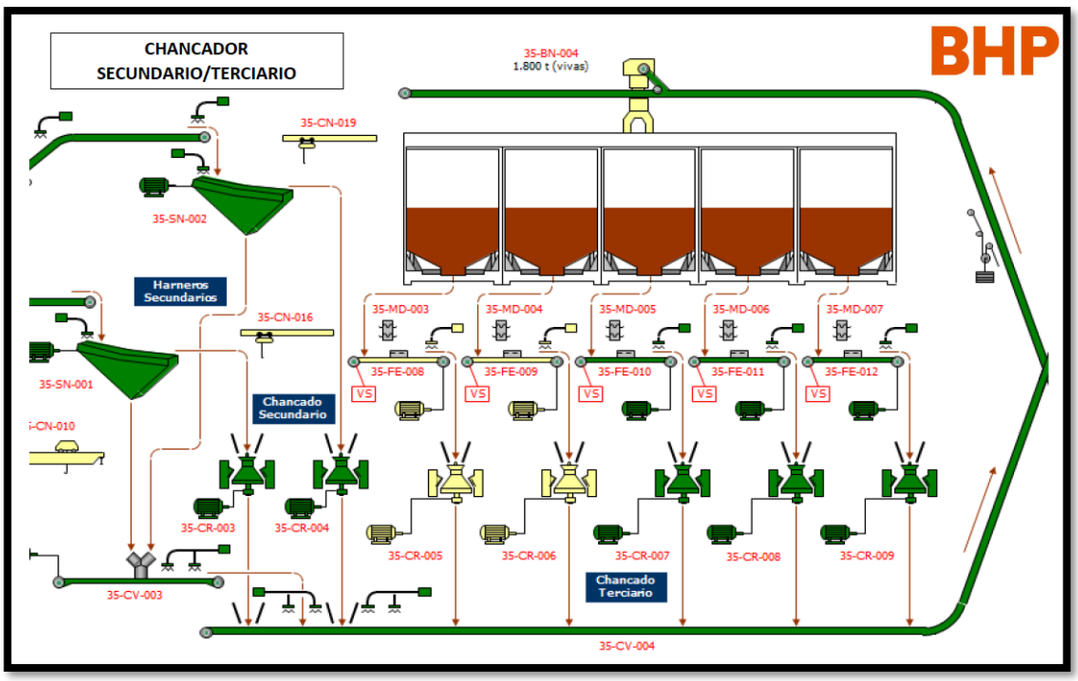
El proceso de Spence sigue la vía chancado, aglomeración, apilamiento de mineral, lixiviación en pilas, descarga de ripios, extracción por solventes y electro-obtención. La planta de chancado es un eslabón en la cadena mina-chancado-aglomeración-apilamiento, cuya operación es en línea.

El chancado se realiza en tres etapas: primaria, secundaria y terciaria, en circuito terciario cerrado, con una capacidad nominal de 50.000 ton/día de mineral. El mineral es triturado desde un tamaño máximo de 1.300 mm hasta 92% bajo 12,7 mm y 98% bajo 19 mm, como producto final después de las tres etapas de chancado. La planta opera en campañas alternadas de mineral oxidado y sulfurado. (Ver Figura 1-3)

El mineral ROM (run of mine o tal como sale de la mina) es transportado a la planta de chancado en camiones de 240 ton y descargado directamente sobre el buzón de recepción del chancador primario de 500 ton de capacidad viva. En caso de alimentación con rocas de un diámetro superior al de diseño o de un bloqueo de la boca del chancador por un puente de rocas de tamaño cercano al máximo, éstas son quebradas o movidas mediante un picarocas hidráulico BTI.

El mineral ROM, con un tamaño máximo de 1.300 mm, es triturado bajo 250 mm en un chancador primario giratorio METSO Superior MKII de 60” x 89” y descargado en una tolva de compensación de 1.200 ton.

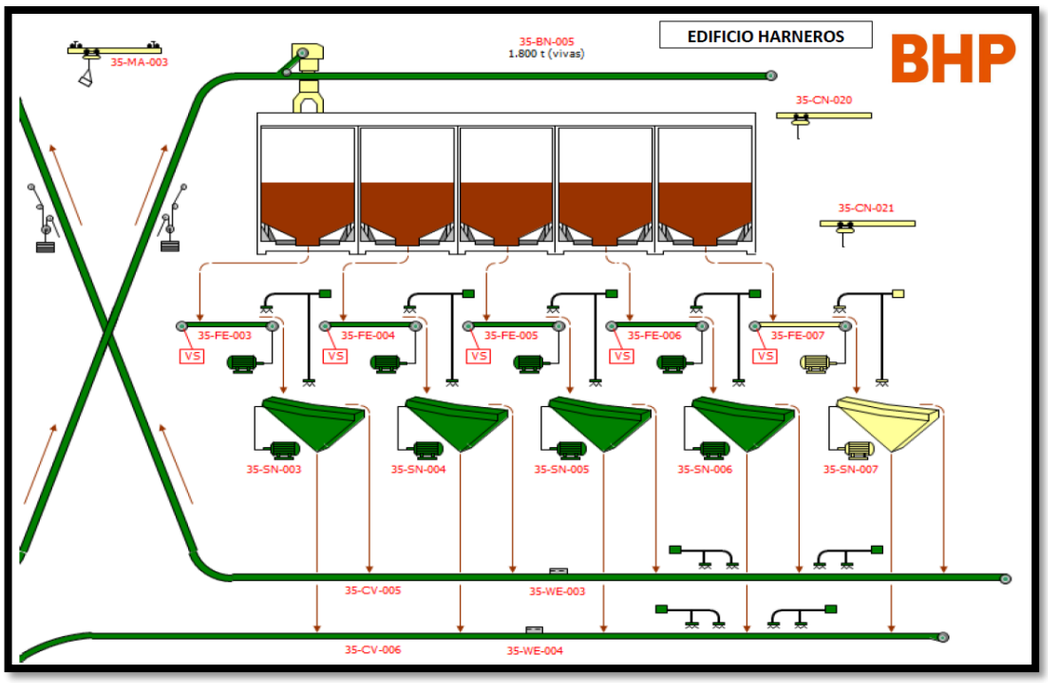
La tolva bajo el chancador primario tiene la función de compensar las variaciones menores entre camión y camión en la alimentación al chancador primario y regular la alimentación a los harneros secundarios, para una mayor continuidad operacional sin acopio de gruesos. Esta tolva tiene una capacidad mayor que los diseños habituales y para disminuir la posibilidad de segregación del mineral en la alimentación a los harneros secundarios y aumentar la flexibilidad operacional, la descarga de la tolva es a través de dos líneas paralelas.



Fuente: BHP Spence

Figura 1-4. Chancador secundario y terciario área seca

Cada línea de alimentación a los harneros se compone de un alimentador de cinta de velocidad variable y una correa transportadora, con una capacidad de diseño 2.100 ton/h, utilizable en caso de operar con una sola línea secundaria. En la transferencia entre los alimentadores y las correas se ubican electroimanes para atrapar materiales inchancables que pudieren dañar los chancadores secundarios. Con el mismo objetivo, existen detectores de metales en las correas. Para el control y registro de la alimentación a la planta de chancado, se cuenta con pesómetros en algunas correas. (Ver Figura 1-4)



Fuente: BHP Spence

Figura 1-5. Edificio de harneros área seca

Los harneros secundarios, Schenck de 8 pie por 24 pie, doble cubierta, tienen como función eliminar desde la alimentación a los chancadores secundarios el producto de tamaño inferior a la abertura de salida de los chancadores (función secundaria); utilizando mallas de protección superiores de 110 mm y mallas inferiores de corte de 60 mm, que pueden ser cambiadas según las características reales del mineral. (Ver Figura 1-5).

El sobre tamaño de los harneros terciarios es colectado en una correa y distribuido en una tolva de regulación de 1.800 ton. Mediante alimentadores de cinta de velocidad variable se alimenta a cinco chancadores terciarios MP1000 cabeza corta, ajustados a un

CSS de 12 mm, para las condiciones de diseño. El producto de los chancadores regresa en circuito cerrado a los harneros terciarios para ser clasificado.
El bajo tamaño de los harneros terciarios es el producto final de la planta de chancado y es almacenado en un silo de 3.000 ton de capacidad viva, que regula la alimentación a la aglomeración.

El control de polvo de la planta de chancado se realiza mediante sistemas de abatimiento tipo neblina seca y, además, sistemas de colección de polvo con filtros de manga en la tolva de compensación bajo el chancador primario y en el silo. Con el mismo objetivo de un mayor control de polvo, el buzón de recepción de la descarga de los camiones mina se ubica en un edificio cerrado y la planta no considera un acopio de mineral grueso, que es normalmente fuente de emisiones.

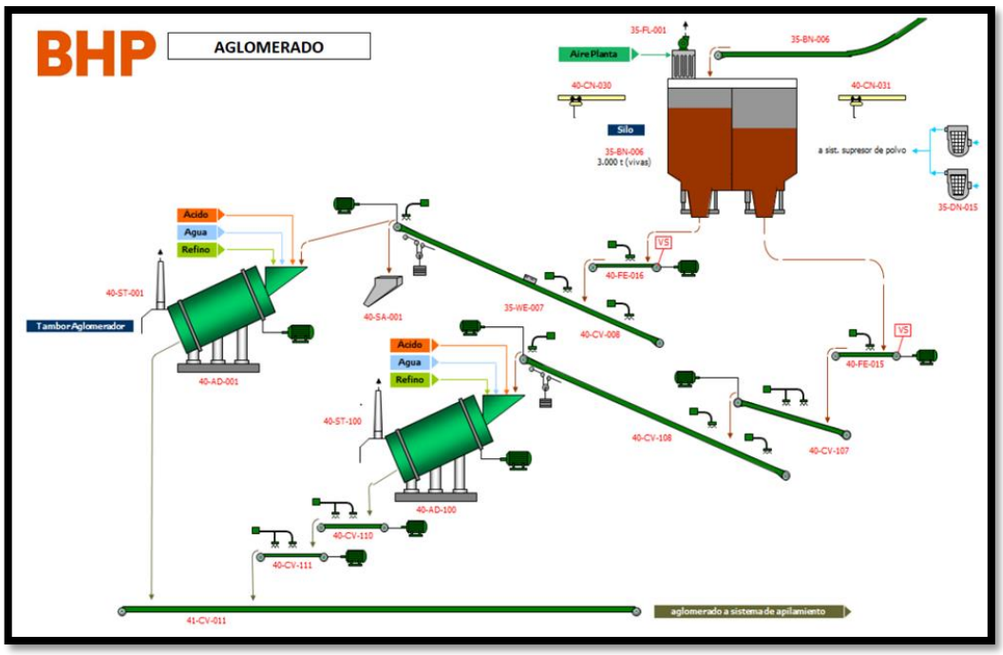
1.2.2. Proceso de aglomeración

La aglomeración se realiza en un tambor rotatorio único, de 4,7 m de diámetro y 16,3 m de largo, con una capacidad nominal de 50.000 ton/día de mineral (2.800 ton/h). La aglomeración se realiza en campañas alternadas de mineral oxidado y sulfurado, alimentada por el producto final de la planta de chancado, con 92% bajo 12,7 mm y 98% bajo 19 mm. Como elementos aglomerantes y de curado se adiciona ácido sulfúrico y refino de SX.

El silo de 3.000 ton justifica el aumento de disponibilidad de 67% a 75%, para el diseño de las plantas de chancado y aglomeración, respectivamente; ya que permite seguir operando la aglomeración durante detenciones menores y medianas de la planta de chancado. El silo es el elemento articulador entre las plantas de chancado y aglomeración, participando en ambos procesos.

La descarga del silo se realiza mediante dos alimentadores de cinta de 72” de ancho y 16 m de largo y velocidad variable, controlados por variadores de frecuencia, que dosifican la alimentación de mineral a la aglomeración.

El mineral se transfiere al tambor aglomerador mediante una correa transportadora de 60” de ancho y 82 m de longitud horizontal, en la cual se ubica el pesómetro que sirva para controlar la carga y la dosificación de ácido y refino al tambor. (Ver Figura 1-6).



Fuente: BHP Spence

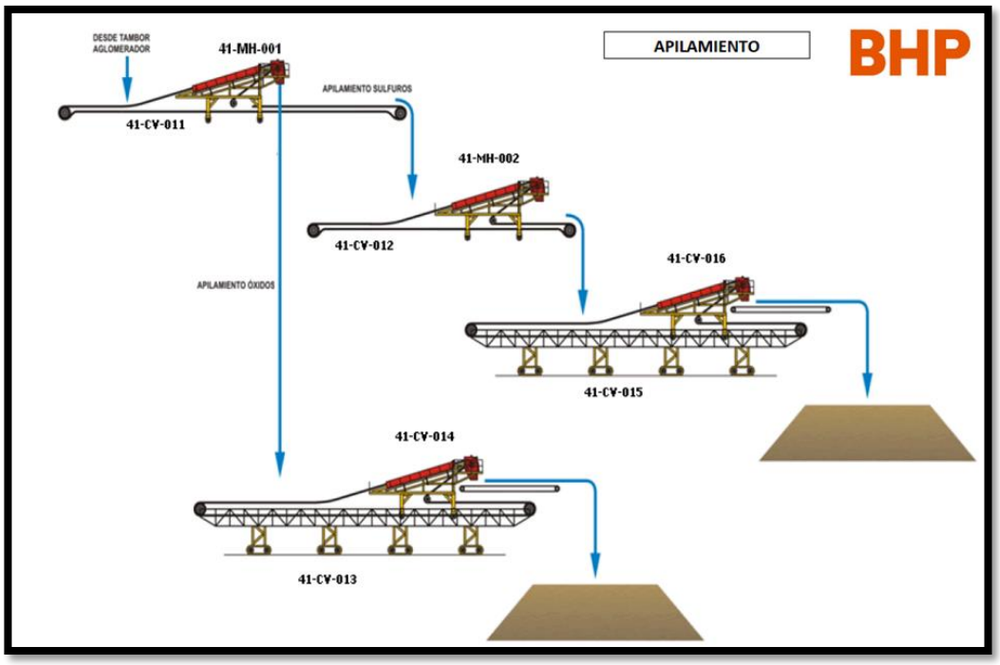
Figura 1-6. Aglomerado área seca

En el tambor se agrega ácido sulfúrico y refino de SX correspondiente al tipo de mineral, oxidado o sulfurado, que se esté aglomerando, para iniciar la sulfatación del cobre y lograr un mineral aglomerado homogéneo, de baja adherencia a los medios de transporte y que no se destruya fácilmente.

El ácido sulfúrico proviene del estanque diario de ácido sulfúrico y es dosificado mediante bombas centrífugas de velocidad variable. El refino proviene de un arranque en las líneas de alimentación de refino a las pilas de óxidos o súlfuros y dosificado mediante válvulas reguladoras.

El caudal de ácido y de refino (17 y 16 kg/ton para óxido y 7 y 35 kg/ton para sulfuro en promedio, respectivamente) es medido mediante medidores magnéticos y dosificado en forma proporcional al tonelaje de mineral alimentado al tambor aglomerador, con valores ingresados por el operador, según instrucciones recibidas. El control del peso de mineral se realiza mediante un pesómetro ubicado en la correa transportadora de alimentación al tambor aglomerador. Los derrames líquidos de los tambores son colectados en un sumidero y de ahí bombeados de retorno al interior del tambor para su re utilización. Los derrames sólidos son recuperados mediante cargador.

1.2.3. Proceso de apilamiento



Fuente: BHP Spence

Figura 1-7. Apilamiento área seca

El chancado, aglomeración y apilamiento, durante los primeros años, se trabajó en campañas de 40 días y luego en campañas de 36 días para construir cada módulo de 2.000.000 ton. Cada campaña se compone de uno o más módulos de un tipo de mineral (por ejemplo, óxidos), seguido de uno o más módulos de mineral del otro tipo (por ejemplo, sulfuros). En el primer período hubo una proporción de 3 módulos de óxidos por 6 módulos de sulfuros al año y gradualmente fue aumentando la proporción de mineral sulfurado.

Las pilas son del tipo dinámico de 10 m de altura y existen 2 áreas (pilas) para el apilamiento separado de los óxidos y de los sulfuros. La configuración de ambas áreas es del tipo hipódromo (race track), con módulos de lixiviación de 2.000.000 ton. instalados en paralelo, lado a lado en forma continua para los óxidos y en forma discontinua, con un espacio libre intermedio, para los sulfuros.

La pila de óxidos tiene capacidad para 4 módulos de 550 m de largo por 246 m de ancho en la base. La pila de súlfuros se ha diseñado para una capacidad de hasta 14

módulos de 370 m de largo por 375 m de ancho en la base. El largo de los módulos es según una paralela a las correas sobre terreno y el ancho según la pendiente máxima del piso.

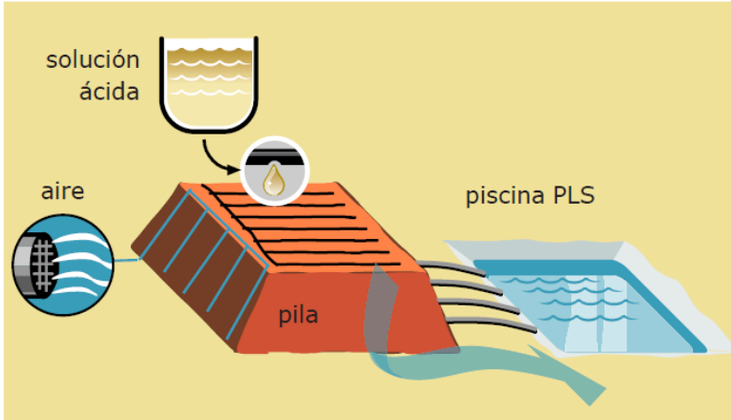
El mineral aglomerado, con una capacidad nominal de 50.000 ton/día y una humedad en el orden de 8%, es descargado desde el tambor aglomerador a la correa sobre terreno con carro repartidor 41-CV-11 de 1.663 m de largo, que alimenta la correa móvil auto propulsada 41-CV-13 de 300 m de largo. Sobre esta correa móvil transita un carro repartidor con la correa apiladora transversal 41-CV-14 de 25 m de largo, para el área de óxidos. (Ver Figura 1-7).

La correa sobre terreno 41-CV-11 tiene la opción de transferir la carga a una segunda correa sobre terreno, número 41-CV-12 de 2.047 m de largo, con su propio carro repartidor que alimenta a la correa móvil autopropulsada 41-CV-15 de 430 m de largo. Sobre esta correa móvil transita un carro repartidor con la correa apiladora transversal 41-CV-16 de 25 m de largo, para el área de súlfuros. Las correas móviles tipo “puente” se desplazan en retroceso paralelamente a sí mismas, a medida que se carga la pila. Además, al llegar al extremo de un sector de apilamiento, tiene la capacidad de girar alrededor de un eje vertical cercano a la cola, para ubicarse en el otro sector de apilamiento.

1.2.4. Lixiviación bacteriana en pilas

Sobre el mineral apilado se esparce una solución ácida diluida o solución lixiviante, mediante un sistema de irrigación que está compuesta por las líneas de goteros. La solución lixiviante escurre a través de la pila, disolviendo el cobre diseminado. El proceso de lixiviación dura aproximadamente 360 días, en dicho período se alcanza una recuperación metalúrgica del 85% de Cobre.

La utilización de pilas dinámicas, permite que al término del ciclo de lixiviación el material sea retirado y cargado nuevamente, formando una nueva pila. La solución obtenida de las pilas de 2,7 a 3,0 gr./lt. de Cu+2 (cation), es contenida por canaletas de recolección, las que alimentan a la Piscina PLS que tiene una capacidad de 40.000 m3, donde por gravedad se entrega a la planta de Extracción por Solvente. (Ver Figura 1-8).

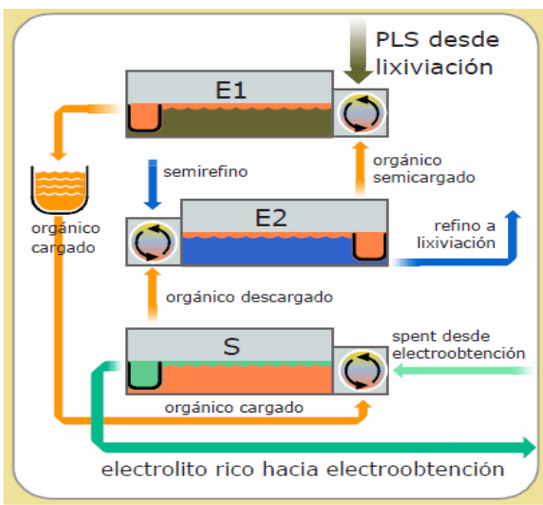


Fuente: BHP Spence

Figura 1-8. Lixiviación en pilas

1.2.5. Extracción por solventes

La solución proveniente de la piscina PLS se mezcla con una solución orgánica, compuesta por diluyente Orfon SX-12 y extractante LIX 984. La solución captura los iones de cobre (Cu+2) en forma selectiva. De esta reacción se obtiene, por un lado, una solución empobrecida en cobre que se denomina refino, la que se reutilizará nuevamente en el proceso de lixiviación y por otro lado, el orgánico cargado. Este orgánico cargado es tratado con el Spent proveniente de la nave de electroobtención, para mejorar la concentración de cobre, produciendo el electrolito rico que avanza hacia el Tank Farm para continuar con el proceso de electroobtención. (Ver Figura 1-9).



Fuente: BHP Spence

Figura 1-9. Extracción por solventes

1.2.6. Cátodos obtenidos por electroobtención

El electrolito rico que contiene el cobre en forma de sulfato de cobre (Cu SO4) es llevado a la nave de electroobtención (EW), que contiene 264 celdas de electroobtención que corresponden a estanques rectangulares de concreto polímero donde está la solución. Cada celda contiene en su interior 60 cátodos de acero inoxidable, de aproximadamente 1 m2 cada una y 61 ánodos compuestos de una mezcla de plomo, calcio y estaño. Conectadas conformando un circuito por el que se hace transitar una corriente eléctrica continua de muy baja intensidad, la que entra por los ánodos y sale por los cátodos. De esta forma, en el circuito los ánodos hacen las veces de polo positivo y los cátodos actúan como polo negativo. El cobre en solución (catión, de carga positiva +2: Cu+2) es atraída por el polo negativo, pegándose partícula por partícula en la superficie del cátodo en forma metálica (carga cero). Este proceso dura de 6 a 7 días, plazo en el que se ha depositado cobre de alta pureza en ambas caras del cátodo con un espesor de 3 a 4 cm., lo que proporciona un peso total de 40 kg. por cátodo. (Ver Figura 1-10).

Fuente: BHP Spence

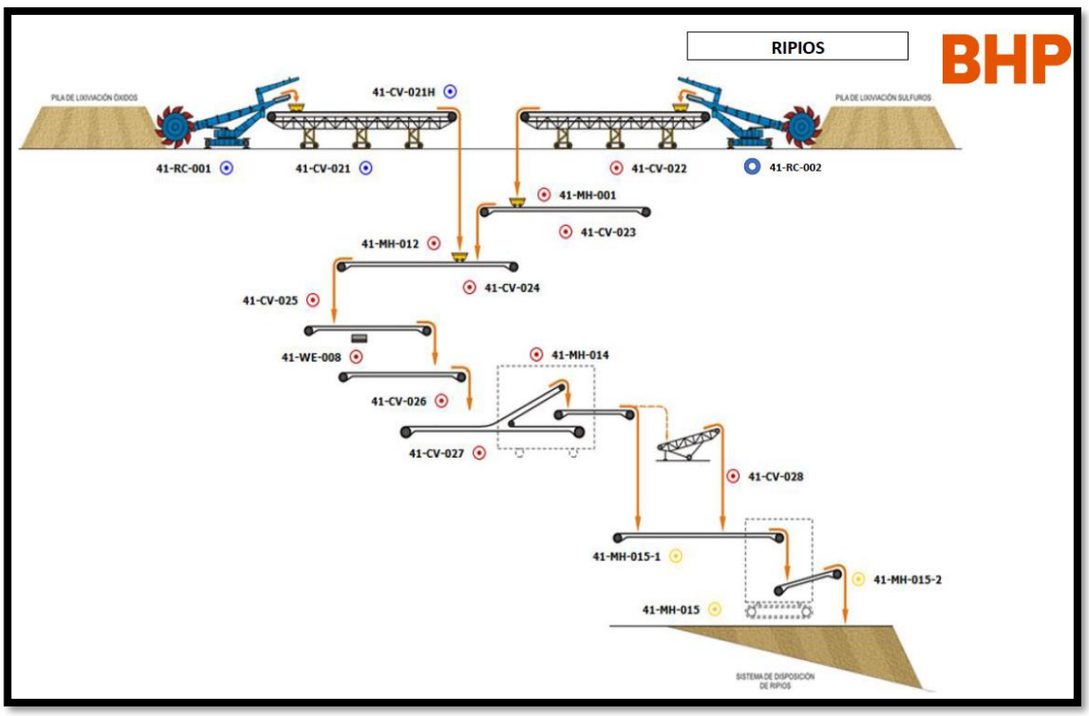
Figura 1-10. Cátodos obtenidos por electroobtención

Finalizado este período, una grúa retira de a 20 cátodos por maniobra. Esta lingada es lavada con agua caliente para remover las impurezas de su superficie y luego es transportada a la máquina Stripping Machine automática (despegadora de cátodos). Las láminas de cobre son embaladas en lotes de 60, enzunchadas y pesadas. En cada paquete

de cátodos de cobre, el primer cátodo identifica el número de lote, el total de kilos del paquete y la fecha. En el segundo cátodo se realiza el muestreo, que permite determinar el contenido de cobre del paquete, éste debe ser de un 99,99% de pureza y las impurezas deben ser de menos de 0,01% (principalmente azufre).

1.2.7. Proceso de ripios

Una vez que la pila de lixiviación se le extrae todo el mineral, se procede a desarmar la pila. El material es retirado por puentes con rotopalas y es transportado por la correa transportadora 41-CV-24, 41-CV-25, 41-CV-26 y 41-CV-27. Una vez transportado el mineral, es derramado por un esparcidor 41-MH-015. El cual esparce el mineral por un sistema de disposición de ripios. (Ver Figura 1-10).



Fuente: BHP Spence

Figura 1-11. Proceso ripios

1.3. MARCO GENERAL

En la correa transportadora CV-110 es una correa critica dentro del proceso de apilamiento, donde el tambor aglomerador N°2 descarga por medio de un chute de traspaso hacia la correa. Por lo cual la correa transportadora no está teniendo un correcto mantenimiento y es necesario aumentar la disponibilidad dentro de la planta.

1.4. PROBLEMATICA

La CV 110 es la principal correa de mineral en la línea de apilamiento, es una correa critica en el área seca de la minera Spence, Actual mente tiene una propuesta de mantenimiento semanal en donde se actúa a la falla. Realizando solamente inspecciones visuales de acuerdo al mantenimiento programado. La correa durante el último tiempo ha tenido innumerables detenciones no programadas, lo que hace urgente un mantenimiento correctico al diseño en donde se estudia la falla y se propone una modificación al diseño. En donde la correa CV 110 tiene un 94% de disponibilidad y se propone un súper rodillo con un rodamiento que soporte de mejor manera las condiciones de trabajo que se ejecutan en la planta.

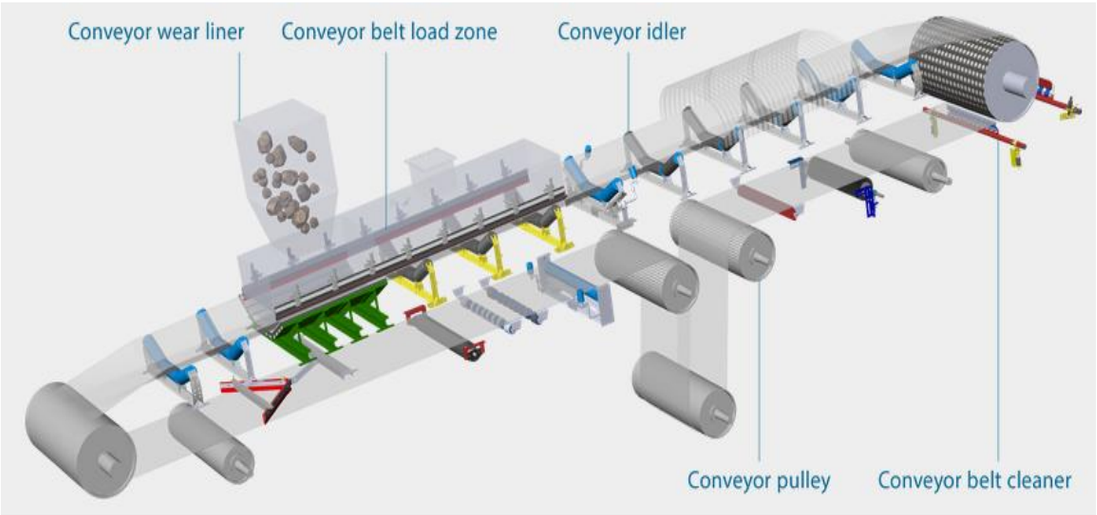
Por lo tanto, estas mejoras servirán de guía y como herramienta de trabajo para la implementación y desarrollo de la gestión

1.5. CORREA TRANSPORTADORA

Los sistemas de correas transportadoras se usan cuando los materiales deben ser desplazados a grandes distancias, Estos sistemas son impulsados mecánicamente y permiten hacer más eficientes los procesos en la industria.

1.5.1 Antecedentes generales de Correas Transportadoras

El sistema de correas transportadoras está constituido principalmente por una banda continua que se mueve entre dos tambores, accionada por medio de una polea motriz y de cola. Sus cubiertas de carga y retorno, se apoyan en estaciones de polines las que a su vez están formadas por diferentes tipos de rodillos. (Ver figura 1-7)



Fuente: www.rulmeca.com

Figura 1-12. Componentes Correa Transportadora

Otro punto importante de los sistemas de correas transportadoras es su gran adaptabilidad, ya que pueden trabajar en terrenos complejos y pueden extenderse por kilómetros tanto en curvas horizontales y verticales sin grandes inconvenientes.

1.6. COMPONENTES DE LA CORREA TRANSPORTADORA CV-110

Con el avance de tecnologías en sistemas de transporte han pasado a ser más extensos, complejos y su carga de trabajo ha aumentado, es por esto importante mencionar a las características de diseño que influyen en el plan de mantenimiento del sistema transportador.

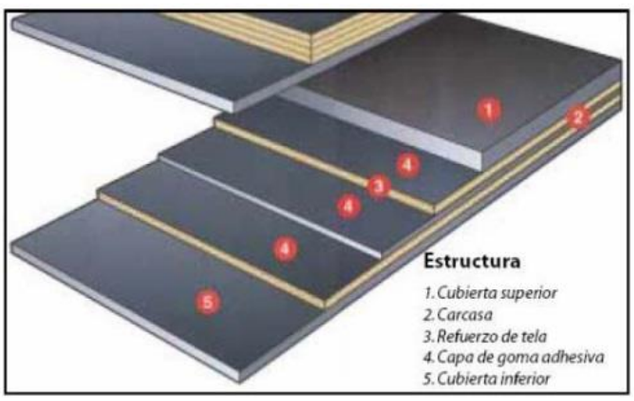
1.6.1. Cinta

La cinta es fabricada por telas de Poliéster – Nylon con revestimiento de caucho, que se encuentra en la parte superior e inferior de la cinta. (Ver figura 1-13). Su elección depende del material a transportar, velocidad, esfuerzo o tensión a la que estará sometida la cinta y su capacidad de carga a transportar. (Ver tabla 1-2).

Tabla 1-2. Características de la cinta

Modelo	ST-2500 FENNER DUNLOP
Ancho de cinta	1219 mm.
Espesor cinta	24,3 mm.

Fuente: BHP Spence



Fuente: www.rulmeca.com

Figura 1-13. Estructura cinta

1.6.2. Polin de carga

El polín es el encargado de soportar la cinta, que a su vez transportan el material, El polín se conforma por sus rodillos y la estación de carga. Los rodillos se mueven a través del impulso que entrega el tambor motriz. (Ver figura 1-14)

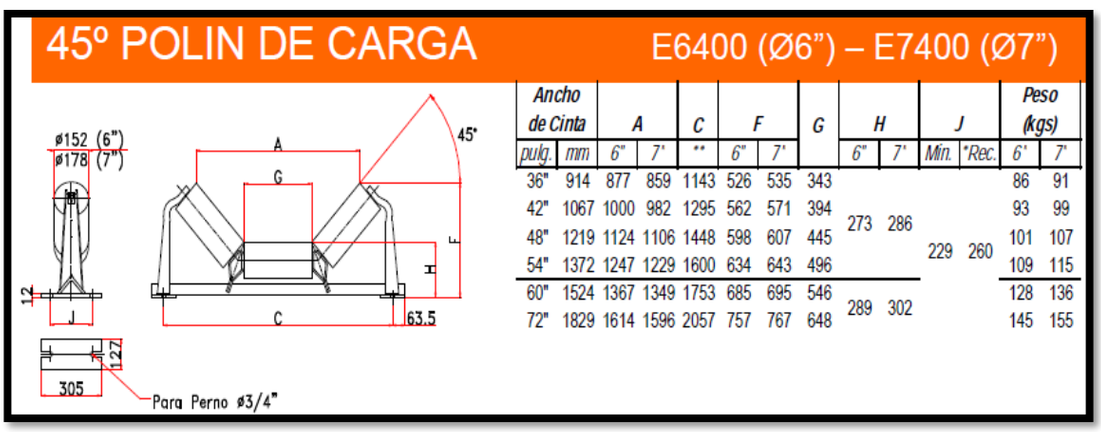
Fuente: BHP Spence

Figura 1-14. Polín de carga existente CV-110

Tabla 1-3. Características polines de carga

Tipo	Polín de carga 45° Cema E6 Revesol, Modelo 48-E6400-SW
Cantidad	75 Unidades
Diámetro	178mm
Angulo de acanalamiento	45°

Fuente: BHP Spence



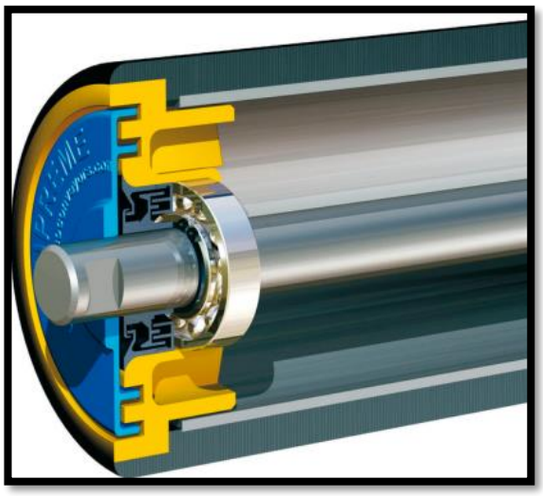
Ancho de Cinta		A		C	F		G	H		J		Peso (kgs)	
pulg.	mm	6"	7'	**	6"	7'		6"	7'	Min.	*Rec.	6'	7'
36"	914	877	859	1143	526	535	343	273	286	229	260	86	91
42"	1067	1000	982	1295	562	571	394					93	99
48"	1219	1124	1106	1448	598	607	445					101	107
54"	1372	1247	1229	1600	634	643	496					109	115
60"	1524	1367	1349	1753	685	695	546	289	302			128	136
72"	1829	1614	1596	2057	757	767	648					145	155

Fuente: Catalogo Revesol

Figura 1-15. Polín de carga

1.6.2.1. Rodillos de Carga

Los rodillos de carga sostienen la cinta y tiene que garantizar el deslizamiento de la cinta para el transporte del material. Los rodillos laterales usados en la cinta tienen un ángulo de 45° lo cual garantiza una mayor capacidad de transporte y tener un mayor control con la caída del material. (Ver figura 1-16)



Fuente: Revesol

Figura 1-16. Rodillo de carga

1.6.3. Polines de Impacto

El principal objetivo de los polines de impacto es recibir el impacto cuando descarga el material, absorbiendo la energía para evitar que se dañe la estructura, posee los mismos ángulos que los polines de carga, para entregar un transporte uniforme. Los polines poseen discos recubiertos de goma, (Ver figura 1-17). Las características técnicas de los polines de impacto que posee la correa transportadora CV-110 se pueden observar en la siguiente tabla (Ver tabla 1-4).

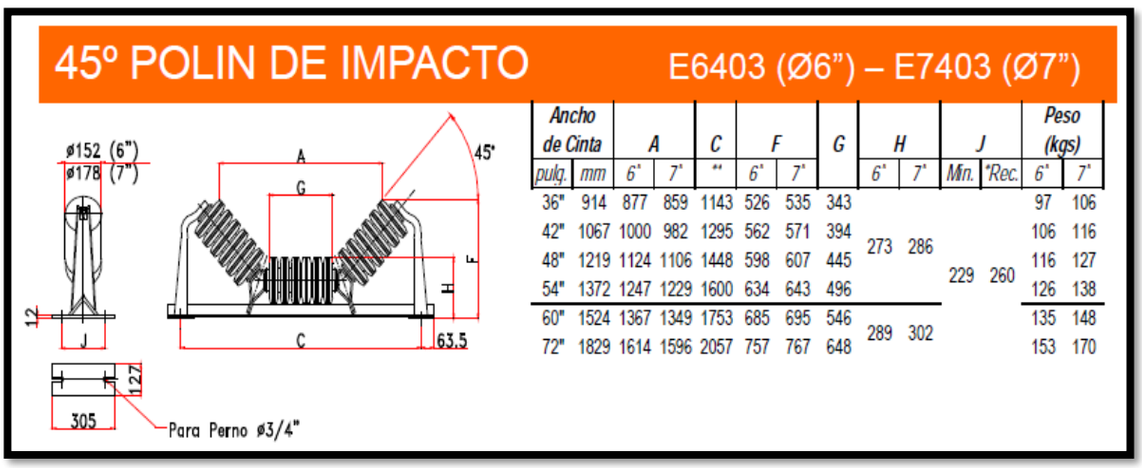
Fuente: BHP Spence

Figura 1-17. Polines de Impacto existentes CV-110

Tabla 1-4. Características polines de impacto

Tipo	Polín de carga 45° Cema E6 Revesol, Retráctil.
Cantidad	12 Unidades
Diámetro	152mm
Angulo de acanalamiento	45°

Fuente: Codelco Andina



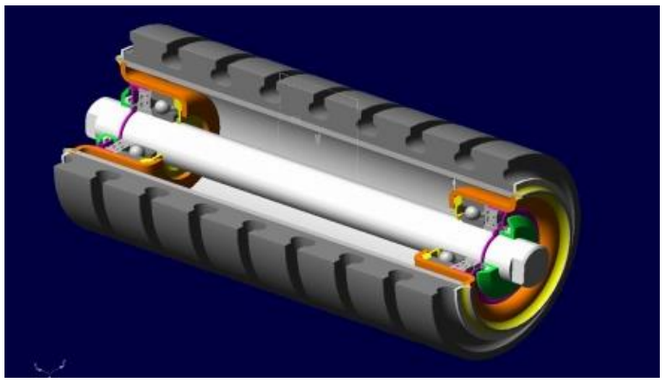
Ancho de Cinta		A		C	F		G	H		J		Peso (kgs)	
pulg.	mm	6"	7"	"'	6"	7"		6"	7"	Min.	*Rec.	6"	7"
36"	914	877	859	1143	526	535	343	273	286	229	260	97	106
42"	1067	1000	982	1295	562	571	394					106	116
48"	1219	1124	1106	1448	598	607	445					116	127
54"	1372	1247	1229	1600	634	643	496					126	138
60"	1524	1367	1349	1753	685	695	546	289	302			135	148
72"	1829	1614	1596	2057	757	767	648					153	170

Fuente: Catalogo Revesol

Figura 1-18. Polín de impacto

1.6.3.1. Rodillo de Impacto

Los rodillos de impacto sostienen la cinta y tiene que garantizar el deslizamiento de la cinta para el transporte del material. Los rodillos laterales usados en la cinta tienen un ángulo de 45° lo cual garantiza una mayor capacidad de transporte y tener un mayor control con la caída del material. (Ver figura 1-19)



Fuente: Catalogo Revesol

Figura 1-19. Rodillo de impacto

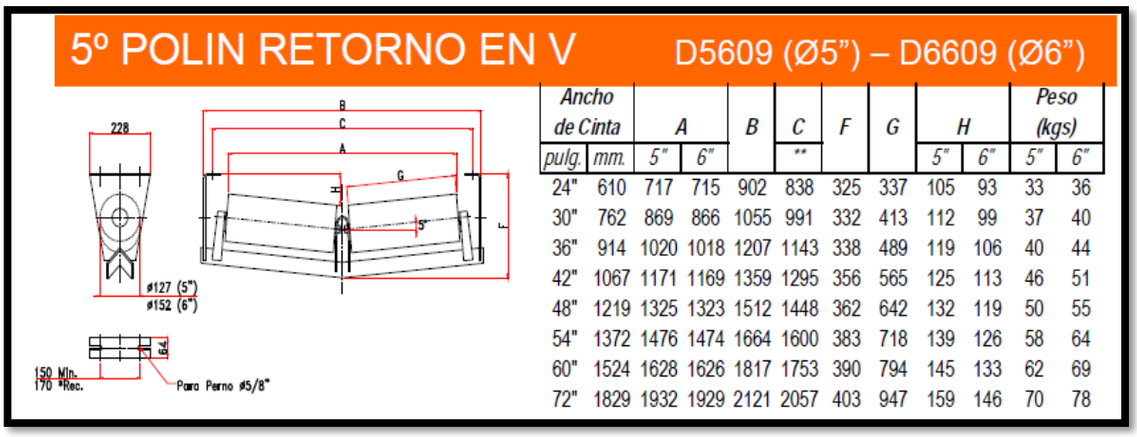
1.6.4. Polines de Retorno en V

Los polines de retorno soportan la cinta vacía en la carrera de retorno, se componen polines planos o inclinados, pueden incluir elementos de limpieza como discos o helicoides (Ver figura 1-20). Las características técnicas de los polines de retorno que posee la correa transportadora CV-110 se pueden observar en la siguiente tabla (Ver tabla 1-5).

Tabla 1-5. Características polines de retorno

Tipo	Polín de retorno en V Cema D6, marca Revesol. Modelo 48-D6609-SRW
Cantidad	2 Unidades
Diámetro	152mm
Angulo de acanalamiento	10°

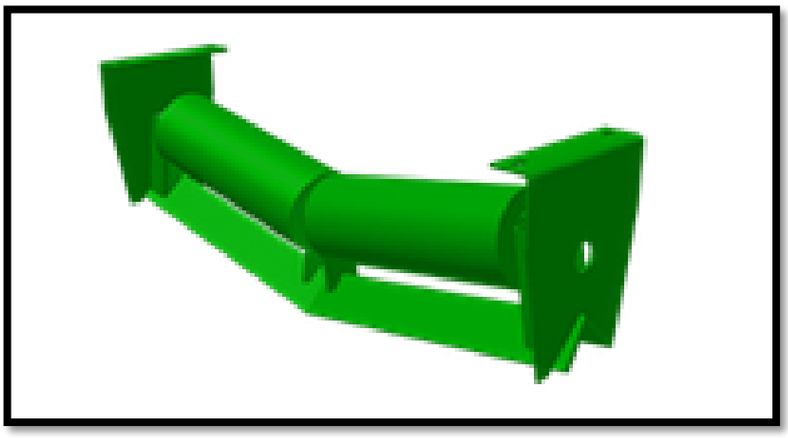
Fuente: BHP Spence



Ancho de Cinta		A		B	C	F	G	H		Peso (kgs)	
pulg.	mm.	5"	6"		**			5"	6"	5"	6"
24"	610	717	715	902	838	325	337	105	93	33	36
30"	762	869	866	1055	991	332	413	112	99	37	40
36"	914	1020	1018	1207	1143	338	489	119	106	40	44
42"	1067	1171	1169	1359	1295	356	565	125	113	46	51
48"	1219	1325	1323	1512	1448	362	642	132	119	50	55
54"	1372	1476	1474	1664	1600	383	718	139	126	58	64
60"	1524	1628	1626	1817	1753	390	794	145	133	62	69
72"	1829	1932	1929	2121	2057	403	947	159	146	70	78

Fuente: Catalogo Revesol

Figura 1-20. Polín de retorno



Fuente: Rivet catalogo

Figura 1-21. Imagen Polines de Retorno

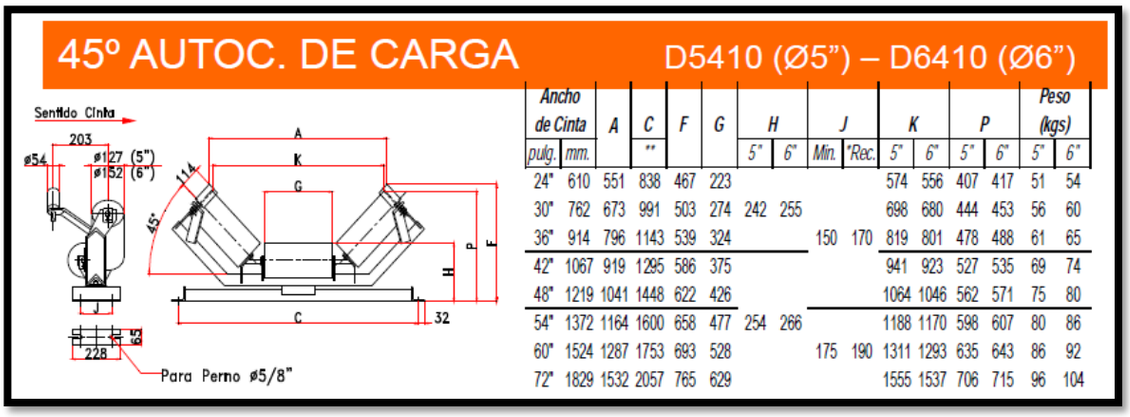
1.6.5. <u>Polines autocentrante de carga</u>

Los polines de alineación poseen un movimiento corto de giro en su centro tipo pivote. Tienen rodillos en sus costados que hacen contacto con la cinta que se encuentra en movimiento. Estos rodillos permiten centrar la cinta y evitan que se desbande. Ver figura 1-22. Las características técnicas se pueden observar en la tabla 1-5.

Tabla 1-6. Características polines autoalineantes

Tipo	Cema E6, Marca Revesol, modelo 48-D6109-SW
Cantidad	2 Unidades
Diámetro	152mm
Angulo de acanalamiento	45°

Fuente: Fuente: BHP Spence



Ancho de Cinta		A	C	F	G	H		J		K		P		Peso (kgs)	
pulg.	mm.		**			5"	6"	Min.	*Rec.	5"	6"	5"	6"	5"	6"
24"	610	551	838	467	223					574	556	407	417	51	54
30"	762	673	991	503	274	242	255			698	680	444	453	56	60
36"	914	796	1143	539	324			150	170	819	801	478	488	61	65
42"	1067	919	1295	586	375					941	923	527	535	69	74
48"	1219	1041	1448	622	426					1064	1046	562	571	75	80
54"	1372	1164	1600	658	477	254	266			1188	1170	598	607	80	86
60"	1524	1287	1753	693	528			175	190	1311	1293	635	643	86	92
72"	1829	1532	2057	765	629					1555	1537	706	715	96	104

Fuente: Catalogo Revesol

Figura 1-22. Polín autocentrante de carga

Fuente: Revesol catalogo

Figura 1-23. Imagen Polines autolineantes

1.6.6. Tambor motriz y de cola

La función de los tambores es trabajar como poleas, las que se encuentran en el comienzo y fin de la Correa Transportadora. (Ver figura 1-24)

1.6.6.1. Polea motiz

El sistema motriz se encarga de entregar la potencia a la correa transportadora, es el encargado de entregar movimiento y se ubica en el final del recorrido de la carga, donde se entrega el material.

La superficie del tambor motriz tiene un recubrimiento de goma el cual incrementa su adherencia con la cinta. Las características técnicas del tambor motriz que posee la correa transportadora CV-110 se pueden observar en la siguiente tabla (Ver tabla 1-7; 1-8; 1-9).

Fuente: Fuente: BHP Spence

Figura 1-24. Tambor Motriz

Tabla 1-7. Características tambor motriz

Diámetro sin revestimiento	1100mm
Ancho de la polea	1470mm
Tipo de revestimiento	Herringbone
Espesor revestimiento	25mm

Fuente: BHP Spence

Tabla 1-8. Características motor

Motor tambor motriz	300Kw/ 5011S/ 1500 RPM/ TEFC 3 Fases/ 50Hz/ 4000 V/ 2150Kg

Fuente: BHP Spence

Tabla 1-9. Características reductor

Tipo	Angulo recto
Capacidad mecánica	766 Kw
Capacidad Térmica	530 Kw

Fuente: BHP spence

1.6.6.2. Tambor de cola

El tambor de cola se ubica en el extremo opuesto del tambor motriz, (Ver figura 1-25) permite el retorno de la cinta una vez que la cinta termino el recorrido en el tramo total del transporte de mineral. (Ver tabla 1-10)

Fuente: Codelco Andina

Figura 1-25. Tambor de cola

Tabla 1-10. Características tambor de cola

Diámetro sin revestimiento	940 mm
Ancho de la polea	1470mm
Tipo de revestimiento	Plano
Espesor revestimiento	19 mm

Fuente: BHP spence

1.6.7. Sistema de limpieza en la Cinta

El sistema de limpieza permite limpiar el material que queda adherido a la cinta. Permitiendo evitar que el material se adhiera a los polines de retorno. Existen tres tipos, los raspadores, deflectores y el cepillo giratorio.

1.6.7.1. Raspadores

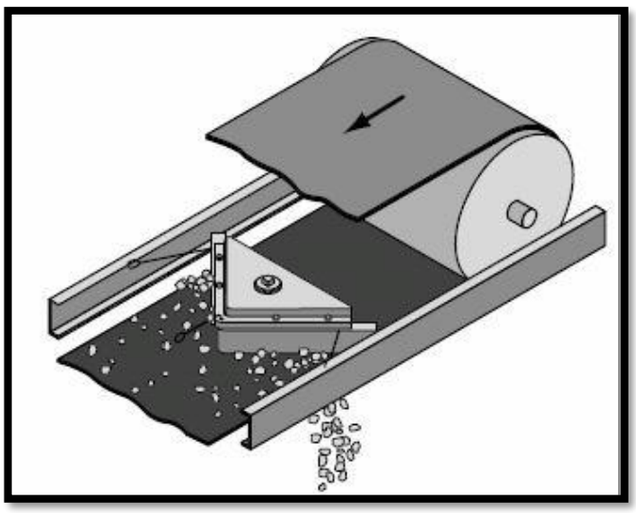
Los raspadores están encargados de raspar la cinta en el momento de la entrega del material, en la zona del tambor motriz, cuando la cinta está en movimiento los raspadores dejan caer el material que queda adherido a la tolva. La superficie de contacto del raspador con la cinta, está formada de neopreno o poliuretano el material tiene que ser más blando que la cinta. (Ver figura 1-26)

Fuente: www.martin-eng-mx.com

Figura 1-26. Raspadores de limpieza

1.6.7.2. Deflector

El deflector es un raspador que se encuentra en la parte inferior interna de la cinta, se encarga de eliminar el material que cae cuando se descarga a la tolva, evitando que entre en contacto con el tambor de cola donde el material puede quedar atrapado y podría dañar la cinta. (Ver figura 1-27)



Fuente: www.martin-eng-mx.com

Figura 1-27. Deflector tipo “V”

1.7. ANÁLISIS DE DATOS

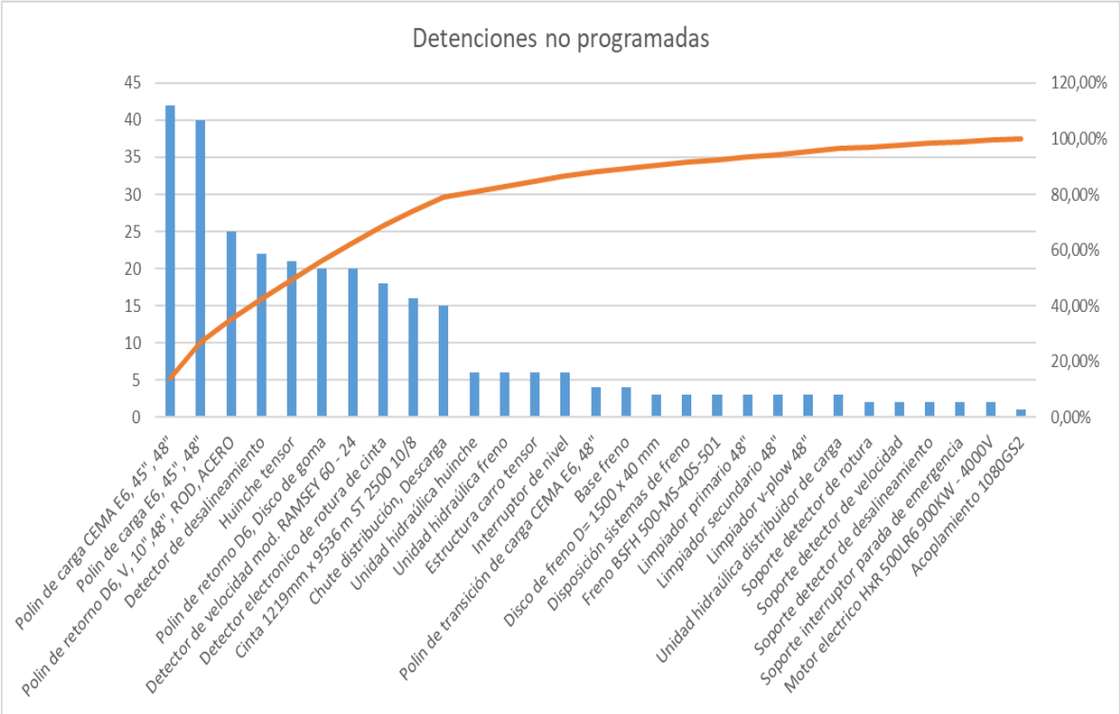
Para priorizar los elementos críticos de la correa transportadora CV 110, se tomarán los datos obtenidos en el 2018, estos datos son las detenciones no programadas que tuvo la planta en el área apilamiento. Fue el principal motivo de la baja disponibilidad que tuvo la línea de área seca. Esto tiene la finalidad de encontrar el problema y atacar a la falla más recurrente y poder aumentar la disponibilidad que tiene el equipo que es de un 94%.

Las principales detenciones no programadas que tuvo la correa de mineral CV 110, se muestran en la siguiente tabla. (Ver tabla 1-11).

Tabla 1-11. Detenciones no programadas CV 110 año 2018

detalle	Nºfallas	frecuencia de falla	frecuencia de falla acumulada
Polin de carga CEMA E6, 45", 48"	42	13,86%	13,86%
Polin de carga E6, 45", 48"	40	13,20%	27,06%
Polin de retorno D6, V, 10",48", ROD, ACERO	25	8,25%	35,31%
Detector de desalineamiento	22	7,26%	42,57%
Huinche tensor	21	6,93%	49,50%
Polin de retorno D6, Disco de goma	20	6,60%	56,11%
Detector de velocidad mod. RAMSEY 60 - 24	20	6,60%	62,71%
Detector electronico de rotura de cinta	18	5,94%	68,65%
Cinta 1219mm x 9536 m ST 2500 10/8	16	5,28%	73,93%
Chute distribución, Descarga	15	4,95%	78,88%
Unidad hidraúlica huinche	6	1,98%	80,86%
Unidad hidraúlica freno	6	1,98%	82,84%
Estructura carro tensor	6	1,98%	84,82%
Interruptor de nivel	6	1,98%	86,80%
Polin de transición de carga CEMA E6, 48"	4	1,32%	88,12%
Base freno	4	1,32%	89,44%
Disco de freno D= 1500 x 40 mm	3	0,99%	90,43%
Disposición sistemas de freno	3	0,99%	91,42%
Freno BSFH 500-MS-40S-501	3	0,99%	92,41%
Limpiador primario 48"	3	0,99%	93,40%
Limpiador secundario 48"	3	0,99%	94,39%
Limpiador v-plow 48"	3	0,99%	95,38%
Unidad hidraúlica distribuidor de carga	3	0,99%	96,37%
Soporte detector de rotura	2	0,66%	97,03%
Soporte detector de velocidad	2	0,66%	97,69%
Soporte detector de desalineamiento	2	0,66%	98,35%
Soporte interruptor parada de emergencia	2	0,66%	99,01%
Motor electrico HxR 500LR6 900KW - 4000V	2	0,66%	99,67%
Acoplamiento 1080GS2	1	0,33%	100,00%
TOTAL	303	100,00%	

. Fuente: BHP spence



Fuente: Elaboración propia

Figura 1-28. Diagrama Pareto

El diagrama de Pareto nos permite priorizar de elementos críticos el cual nos ayuda a buscar con mayor efectividad la resolución de problemas, nos muestran las principales fallas que se producen en la correa CV 110, en los polines de carga siendo 42 detenciones no programadas y el polín de retorno 25 fallas, son los principales elementos críticos que tiene la correa. Por lo cual, en los polines de carga se centrará el estudio y se propondrá una mejora a su confiabilidad y mantenibilidad. Teniendo una mantención correctiva al diseño. (Ver figura 1-28)

CAPÍTULO 2: IDENTIFICAR LOS PUNTOS DEBILES MEDIANTE UN ANÁLISIS CAUSA RAÍZ DE LA CORREA TRANSPORTADORA C110 PARA PROPONER UN CAMBIO DE DISEÑO DE RODILLOS

2. IDENTIFICAR LOS PUNTOS DEBILES MEDIANTE UN ANALISIS CAUSA RAIZ DE LA CORREA TRANSPORTADORA CV-110 PARA PROPONER UN CAMBIO DE DISEÑO DE RODILLOS

Se identificarán los principales modos de fallas de mayor riesgo para la correa transportadora, considerando los riesgos presentes en la instalación, a la producción y al personal.

2.1. ANTECEDENTES CORREA TRANSPORTADORA CV-110

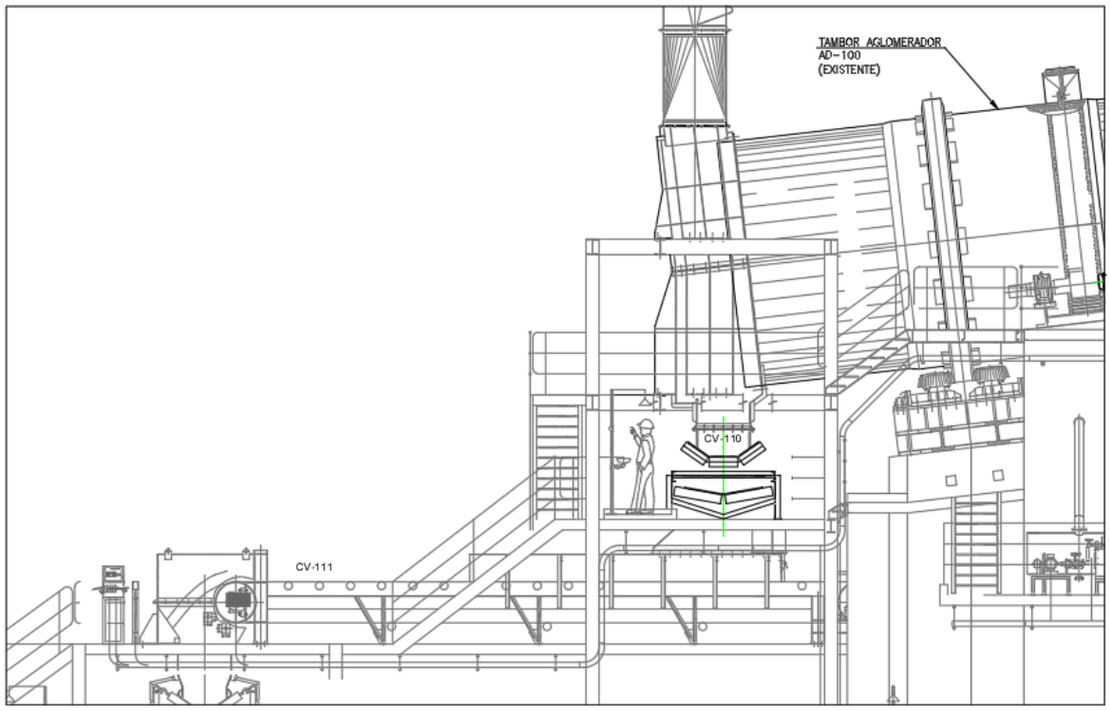
La correa CV-110 recibe el mineral desde el tambor aglomerador AD-100 y lo descarga en la correa CV-111 para luego ser traslado por la correa CV-011 hacia el proceso de apilamiento. Esta correa tiene un ancho de 48 pulgadas, longitud de 26 metros y desciende 3 metros. Es accionada por dos (2) sistemas motrices en la cabeza de la correa, compuestos por un motor eléctrico de 900 kW y un reductor. (Ver figura 2-1)

Su operación se realiza por medio de un variador de frecuencia. Posee un freno en la polea de cola que le permite detenerse en 20 segundos. Se desplazará a una velocidad de 5.1 m/s con una capacidad de 1200 t/hr de mineral (métricas).

Fuente: BHP Spence

Figura 2-1. Tambor aglomerador AD-100

La descarga del tambor aglomerador AD-100 puede ser total (100%) a la correa CV-110. Esto se realiza mediante un distribuidor móvil instalado en el chute de descarga de la correa CV-110, donde es operado en forma remota desde la sala de control. (Ver figura 2-2.)



Fuente: BHP Spence

Figura 2-2. Chute distribuidor

Las condiciones de servicio que posee la correa transportadora CV-110 son importantes para la producción del mineral, ya que en Spence se opera las 24 horas al día, las condiciones ambientales son fundamentales para producción (Ver tabla 2-1). Para conocer los datos técnicos de la correa transportadora (Ver tabla 2-2). El cual nos dará a conocer los principales componentes que componen la correa y sus características principales de la cinta, poleas y caja reductora.

Tabla 2-1. Condiciones de servicio y ambientales de la Correa Transportadora

CORREA TRANSPORTADORA CV-110	
SERVICIO	
Dias de operación por año	300 Aprox.
Horas de operación por dia	24
Horas de disponibilidad por dia	24
CONDICIONES AMBIENTALES	
Elevación del lugar	1600 m.s.n.m
Elevación de la planta de procesos	1600 m.s.n.m
Instalacion	Exterior
Ambiente	Polvoriento y Seco

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2-2. Datos técnicos Correa Transportadora

CORREA	CINTA			POLEAS							CAJA REDUCTORA		CORREA TRANSMISION
				MOTRIZ			CONDUCIDA						
	ANCHO	LARGO	N° DE TELAS	DIAMETRO EXTERIOR	DIAMETRO EJE	CHAVETA	DIAMETRO EXTERIOR	DIAMETRO EJE	CHAVETA	N° DE CANALES	MARCA	MODELO	
	PULG	M	UNID	MM	MM	MM	MM	MM	MM	UNID			TIPO
CV-110	48	26	3	1100	110	16	940	110	16	4	FALK	3415J	C116

Fuente: BHP Spence

2.2. DISPONIBILIDAD DE CORREA TRANSPORTADORA

La disponibilidad es la forma de cuantificar la forma en que un equipo funcione satisfactoriamente en el momento que sea requerido después del comienzo de su operación, cuando se usa en condiciones estables, donde el tiempo total considerado incluye el tiempo de operación, el tiempo activo de reparación, el tiempo inactivo, el tiempo en mantenimiento preventivo y el tiempo de funcionamiento sin producir.

Por lo tanto, es importante disminuir los tiempos de las paradas del equipo no programadas, mediante el aumento de la fiabilidad del proceso y del equipo.

2.2.1. Cálculo de disponibilidad

La disponibilidad se basa en el tiempo de operación real, como porcentaje del tiempo de producción posible.

$$Disponibilidad = \frac{Tiempo\ en\ que\ el\ dispositivo\ opera\ correctamente\ y\ funciona\ bien}{Tiempo\ en\ que\ el\ elemento\ o\ máquina\ puede\ operar}$$

En dónde:

Tiempo en que el dispositivo opera correctamente y funciona bien es la cantidad de horas que debería trabajar el equipo, menos las horas de detenciones planificadas y no planificadas.

Tiempo en que el elemento o maquina puede operar es la cantidad de horas que debería trabajar el equipo, menos las horas de detenciones planificadas

Disponibilidad correa CV-110

$$\text{Disponibilidad } \% = \frac{(8760-90-484)}{(8760-90)}$$

$$\text{Disponibilidad } \% = \frac{(8186)}{(8670)}$$

$$\text{Disponibilidad } \% = 0{,}940\ x\ 100$$

$$\mathbf{Disponibilidad\ \% = 94}$$

En donde 8760 son las horas en que la correa transportadora ha trabajado durante un año de corrido, 90 horas son las tareas planificadas y 484 horas son las tareas no planificadas.

Analizando los datos obtenidos la disponibilidad que tiene actualmente el equipo de un 94% es considerablemente alto, pero tomando en consideración que el equipo funciona los 365 días del año, trasladando el material fino que produce la planta, por lo

cual se hace primordial el aumento de su disponibilidad ya que en un año se contabilizaron 484 horas de detenciones no programadas, dejándose de trasladar 1.700.000 toneladas aproximadas en un periodo de un año.

2.3. FALLAS COMUNES EN CORREAS TRANSPORTADORA CV-110

Las correas transportadoras presentan fallas habituales que están presentes en todos los sistemas de transporte de mineral.

2.3.1. Cinta desalineada

Es habitual que se produzca el des alineamiento de las correas transportadoras, es cuando la cinta se encuentra corrida hacia un lado de sus polines. Cuando la cinta ya se acerca al canto de los polines y comienzan a salir fuera de estos, el des alineamiento es grave. Esto porque recibirá la carga descentrada y con el correr del tiempo se vuelve grave. (Ver figura 2-3)

Fuente: preqse s.a.s.

Figura 2-3. Cinta desalineada

2.3.2. Polines sobrecargados

Esto ocurre cuando se sobre carga a la correa transportadora, el diseño de la correa tiene una sobre carga estipulada, por lo cual es sobre pasada y los polines sufren daños por el exceso, no pudiendo cumplir su vida útil. Los polines sufren danos y se evidencia en sus cambios de diámetro. (Ver figura 2-4)

Fuente: BHP Spence

Figura 2-4. Polines sobre cargados

2.3.3. Cinta defectuosa

Cuando se realiza la unión de la cinta en el montaje y queda des alineada, la cinta funciona de forma incorrecta, el empalme queda dañado este destruye los raspadores. La consecuencia inmediata es que se produce la rotura en la cinta. (Ver figura 2-5)

Fuente: BHP Spence

Figura 2-5. Cinta defectuosa

2.3.4. Atasco en polines de carga

Cuando hay varios polines frenados, la potencia del transportador puede ser insuficiente, en tal caso el equipo caerá por sobre carga, con las consecuentes pérdidas de producción. La falla también puede corresponder a que el polín frenado trabaja con sobre carga, así sus rodamientos se agripan. Si este es el caso, se deberá tener varios polines de repuesto que seguramente, mientras no se solucione el problema de fondo, relacionados con la sobrecarga, habrá que cambiarlo constantemente. (Ver figura 2-6)

Fuente: BHP Spence

Figura 2-6. Polines Atascados

2.3.5. Derrame de material

La sobrecarga de material con el cual las correas transportadoras trabajan, es normal en las plantas de producción. Se hace vital que se mantengan los rangos con el cual se tiene que cargar la correa para evitar daños en la cinta y el atasco de polines. (Ver figura 2-7).

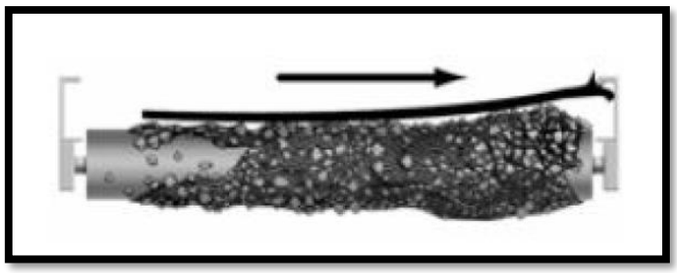
Fuente: BHP Spence

Figura 2-7. Derrame de material

2.3.6. Rodillos con material

Otra causa de descentramiento de la cinta es la existencia de material adherido a los rodillos y tambores como se muestra a continuación, debido a un trabajo deficiente del sistema de limpieza de la cinta lo cual se enfrenta con un correcto mantenimiento de todo el sistema transportador.

Por otra parte, independiente de la causa, la tendencia al descentramiento aumenta a menor tensión de la banda, es decir que en caso de descentre se corrige con un aumento en la tensión, pero esto no es la mejor solución pues con esto se obtiene un incremento del desgaste y acortamiento la vida útil de la cinta. (Ver figura 2-8)

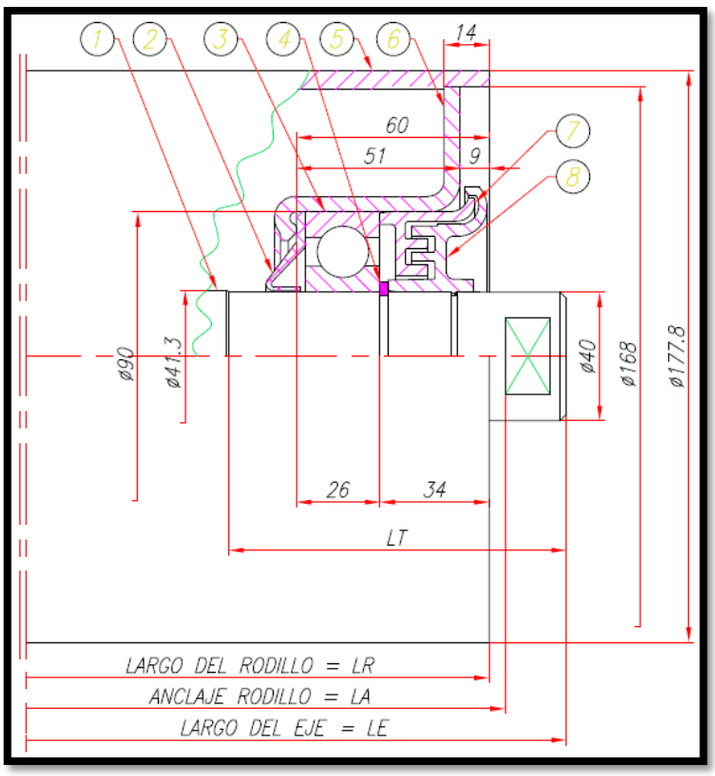


Fuente: BHP Spence

Figura 2-8. Descentramiento de la cinta

2.4. DISEÑO ACTUAL DE RODILLOS CORREA TRANSPORTADORA A7

Actualmente el equipo opera con rodillos según la norma CEMA E de diámetro 178mm, este tipo de rodillo tuvo 30 fallas en un año. Por los cual es de suma urgencia buscar una solución para poder disminuir el número de fallas que posee el equipo para aumentar su disponibilidad. (Ver figura 2-9).



Fuente: Revesol

Figura 2-9. Rodillos actuales correa transportadora CV-110

Los componentes actuales del rodillo se presentan en la siguiente tabla según el fabricante de los rodillos, la empresa Revesol. (Ver tabla 2-3)

Tabla 2-3. Componentes rodillos actuales

RODILLO DE CARGA Ø178 SELLADO SERIE E				
N°	ELEMENTO	CANTIDAD	MODELO	MATERIAL
1	EJE RODILLO	1	1101-052041	BARRA TREF. SAE 1045
2	RESPALDO PLASTICO	2	10564365-106	PLASTICO NEGRO
3	RODAMIENTO #6308	2	2350-010071	COMERCIAL
4	ANILLO ANDERTON	2	2135-000040	D 1460-0400
5	TUBO RODILLO	1	1231-061177	TUBO Ø7" x 6 ESP.
6	TAPA EMBUTIDA 7"	2	S5102736-120	SAE 1020
7	SELLO LABERINTO INTERIOR	2	10564365-104	PLASTICO NEGRO
8	TAPA LABERINTO	2	10564365-105	PLASTICO NEGRO

Fuente: Revesol

2.5. ANÁLISIS DE CRITICIDAD BASADO EN EL RIEGO OPERACIONAL

No todos los equipos tienen la misma importancia en una planta minera. Es un hecho que existen unos equipos más importantes que otros. Como los recursos de una empresa para mantener una planta son limitados, debemos destinar la mayor parte de los recursos a los equipos más importantes, dejando una pequeña porción del reparto a los equipos que menos pueden influir en los resultados de la empresa.

Cuando tratamos de hacer esta diferenciación, estamos realizando el análisis de criticidad de los equipos de la planta. Es importante distinguir los niveles de importancia o criticidad:

- **Equipos críticos:** Son aquellos equipos cuya parada o mal funcionamiento afecta significativamente a los resultados de la empresa.
- **Equipos importantes:** Son aquellos equipos cuya parada, avería o mal funcionamiento afecta a la empresa, pero las consecuencias son asumibles.

Los criterios que se utilizan para clasificar a los equipos o sistemas, debemos considerar la influencia que una falla tiene en estos cuatro aspectos: Producción, calidad, mantenimiento y seguridad.

- **Producción:** Cuando valoramos la influencia que un equipo tiene en producción, nos preguntamos cómo afecta a ésta un posible fallo. Dependiendo de que suponga una parada total de la instalación, una parada de una zona de producción preferente, paralice equipos productivos, pero con pérdidas de producción asumible o no tenga influencia en la producción.
- **Calidad:** El equipo puede tener una influencia decisiva en la calidad del producto o servicio final, una influencia relativa que no acostumbre a ser problemática o una influencia nula.
- **Mantenimiento:** El equipo puede ser muy problemático, con averías caras y frecuentes; o bien un equipo con un coste medio en mantenimiento o que un equipo con bajo costo no de problemas.
- **Seguridad y medio ambiente:** Un fallo en el equipo puede suponer un accidente muy grave, bien para el medio o para las personas, y que además tenga cierta probabilidad de fallo; es posible también que un fallo del equipo pueda ocasionar un accidente, pero la probabilidad de que eso ocurra puede ser baja; o, por último, puede ser un equipo que no tenga ninguna influencia en seguridad.

Los criterios de evaluación que nos darán como resultado el riesgo operacional, que implica jerarquizar de acuerdo el riesgo la frecuencia de fallos que tiene la correa transportadora CV-110. (Ver figura 2-10)

Riesgo: FF x ((IO x FO) + CM + SHA)

Frecuencia de Fallos (FF):	
Pobre mayor a 4 fallos/año	4
Promedio 2 - 4 fallos/año	3
Buena 1 - 2 fallos/año	2
Excelente menos de 1 fallo/año	1

Impacto Operacional (IO):	
Parada inmediata del servicio PLANTA	10
Parada de la unidad asistencial PROCESO	6
Impacta en niveles de producción o calidad	4
Repercute en costes operacionales asociados a la indisponibilidad	2
No genera ningún efecto significativo sobre la actividad asistencial	1

Flexibilidad Operacional (FO):	
No existe opción de servicio y no hay función de repuesto.	4
Hay opción de repuesto compartido	2
Función de repuesto disponible	1

Coste de Mtto. (CM):	
Mayor o igual a 20000 $	2
Inferior a 20000 $	1

Impacto en SHA (SHA):	
Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación a entes externos de la organización	8
Afecta el ambiente produciendo daños irreversibles	6
Afecta las instalaciones causando daños severos	4
Provoca daños menores (accidentes e incidentes) personal propio	2
Provoca un impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas ambientales	1
No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones o al ambiente	0

Fuente: Libro RCM mantenimiento

Figura 2-10. Criterios de evaluación del riego

Como resultado los elementos más críticos y que tienen más consecuencia operacional en la planta, son los rodillos. Que influyen directamente en la producción y en la confiabilidad de la correa. (Ver tabla 2-4)

Tabla 2-4. Tabla de criticidad de consecuencia operacional

	SUBSISTEMA	FRECUENCIA	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD	COSTOS DE MANTTO	IMPACTO SHA	CONSECUENCIA	TOTAL	JERARQUIZACION
CV-110	Rodillos Carga	4	6	2	2	1	15	60	Critico
	Rodillos Impacto	4	6	2	2	1	15	60	Critico
	Estación Polin	4	2	2	1	1	6	24	Semi critico
	Cinta Transportadora	4	6	2	1	1	14	56	Critico
	Polea Motriz	2	6	2	2	2	16	32	Semi critico
	Polea de Cola	2	6	2	2	2	16	32	Semi critico
	Sistema de tensado	3	6	2	1	2	15	45	Critico
	Sistema Lubricación	2	2	2	1	2	7	14	Critico
	Protecciones Correas	1	1	1	1	2	4	4	No Critico
	Pull cord	3	2	1	1	0	3	9	No Critico
	Raspadores	2	1	1	1	1	3	6	No Critico
	Sistema electrico	4	6	2	1	2	15	60	Critico
	Polines de retorno	3	4	1	1	2	7	21	Semi critico

Fuente: Elaboración propia

2.6. ANALISIS DE CAUSA RAIZ MEDIANTE LA HERRAMIENTA ARBOL LOGICO DE FALLAS

El análisis trabaja mediante la relación de las causas y efectos para encontrar las causas posibles de una falla de manera organizada. El árbol lógico de falla permite representar gráficamente las relaciones de causa y efecto que nos conduce a descubrir una falla o la causa del problema.

De acuerdo con lo anterior, la construcción del árbol lógico de fallas en un proceso de RCA consta de los siguientes pasos que son descritos en la tabla que se muestra a continuación. (Ver tabla 2-5)

Tabla 2-5. Análisis causa raíz

EVENTO	Descripción de la falla repetitiva que se encuentra ocacionando un problema y perdida de la funcion.
MODO DE FALLA	Descripción detallada de como ocurrio la falla, basado en hechos
HIPOTESIS	Suposiciones que se hacen respecto a la pregunta de como pudo suceder el modo de falla
CAUSAS FISICAS	causas de origen fisico que pudieron dar origen a la falla, causa tangible
CAUSAS HUMANAS	Errores cometidos por el factor humano que inciden directamente en la falla
CAUSAS LATENTES	Son todos los problemas que aunque no hayan ocurrido son factibles de que ocurran.

Fuente: Elaboración propia

2.6.1. Introducción al análisis causa raíz

Cuando ocurre una falla, esta se percibe a través de síntomas, pero no así la causa de la falla. Esto lleva a actuar sobre las consecuencias y no sobre la raíz del problema, de modo que la falla se vuelve a presentar.

El Análisis de Causa Raíz es una herramienta utilizada para identificar causa de falla, de manera de evitar sus consecuencias.

El análisis de Causa Raíz es un proceso de deducciones lógicas que permite graficar las relaciones causa efecto que nos conducen a descubrir el evento indeseable o causa raíz, preguntándonos:

- ¿Cómo? Es la forma que puede ocurrir una falla
- ¿Por qué? O cuales son las causales de la misma

Los beneficios de la aplicación de esta poderosa herramienta son:

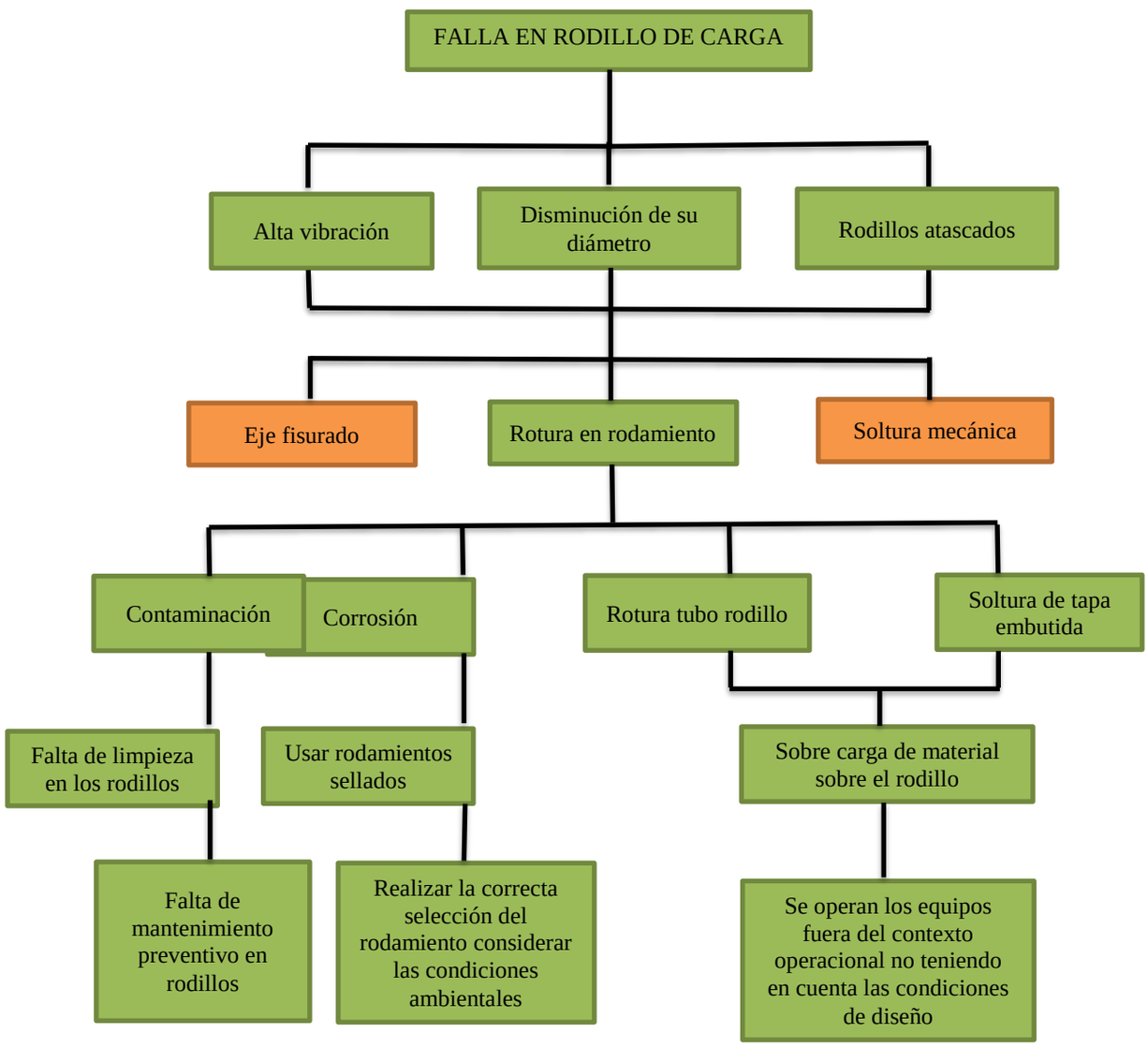
- Reducción del número de incidentes o fallas
- Aumento de la confiabilidad y seguridad

- Disminución de los costos de mantenimiento
- Aumento de la eficiencia y la productividad.

Analizaremos la falla en el rodillo de carga de la correa transportadora CV-110, donde se utilizará la herramienta del árbol lógico de fallas para encontrar sus puntos débiles así proponer un cambio de componentes y diseño del rodillo.

Donde se evidencia que se debe reemplazar el rodamiento y todos los elementos interiores que posee para que se realice el correcto ajuste del rodamiento.

- Análisis de causa raíz mediante la herramienta árbol lógico de fallas de rodillo de carga



Por lo tanto, de acuerdo al análisis de falla, el principal problema es la rotura del rodamiento en el cual presenta numerosos daños en su interior. Donde se propone un nuevo diseño, este diseño se basa en la instalación de un rodamiento que soporte de mejor forma las cargas que tiene la correa transportadora y las constantes variaciones en que el tambor aglomerador descarga en la correa de mineral CV- 110, el nuevo rodamiento al tener otras dimensiones que su antecesor que es estándar, se debe modificar el eje del rodillo y sus componentes interiores.

Implementando dispositivos que le den mayor seguridad y protejan de mejor forma al rodillo en su operación. Que en condiciones normales de trabajo sufre con las condiciones ambientales y de trabajo, que se presentan en la minera Spence. Especialmente en la correa transportadora CV- 110.

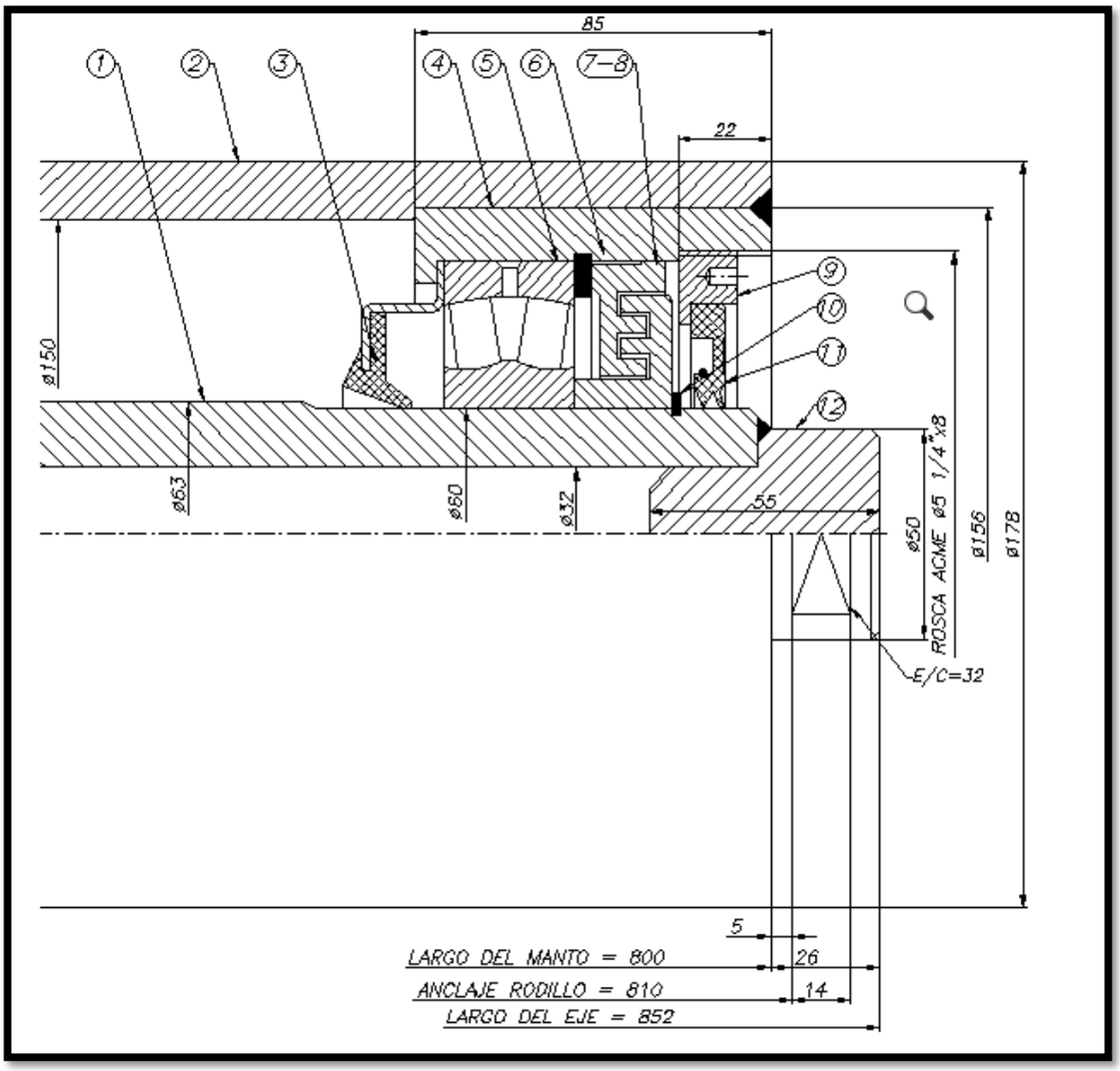
Fuente: Libro RCM mantenimiento

Figura 2-10. Criterios de evaluación del riego

2.7. NUEVO DISEÑO RODILLOS CORREA TRANSPORTADORA A7

El nuevo diseño de rodillos mantiene las dimensiones del rodillo que presenta las fallas, se busca reducir el número de fallas para aumentar la disponibilidad de la correa transportadora. La solución es cambiar el rodamiento dañado por uno de mejor calidad, de mayor resistencia para que resista la capacidad de carga que tiene la correa en su funcionamiento. (Ver figura 2-11)

Se eligió un rodamiento de rodillo rotula que reemplaza el rodamiento rígido de bolas, cambiando el diseño interior del rodillo, modificando el eje, las tapas y los sellos laberintos. Los nuevos rodillos mejorados mantendrán la norma CEMA E y el diámetro 178mm.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-11. Rodillos propuestos para correa transportadora CV-110

Los nuevos componentes del rodillo se presentan en la siguiente tabla según el nuevo diseño de rodillos mejorados. (Ver tabla 2-6)

Tabla 2-6. Componentes de los nuevos rodillos de carga

RODILLO DE CARGA MEJORADO Ø178 SELLADO				
N°	ELEMENTO	CANTIDAD	MODELO	MATERIAL
1	EJE RODILLO	1	1101-052041	BARRA TREF. SAE 1045
2	BARRA PERFORADA	1	10564365-106	180 x 150mm
3	RETEN	2	2350-010071	RRG 110-60
4	TAPA MAZA	2	2135-000040	Ø156-Ø130-85LG-ROS
5	RODAMIENTO RODILLO ROT	2	1231-061177	21312 E SIM
6	ANILLO DE SEGURIDAD	2	S5102736-120	1300-1300
7	LABERINTO INTERIOR	2	10564365-104	J-1 MECANIZADO N32
8	LABERINTO EXTERIOR	2	10564365-105	J-1 MECANIZADO N41
9	TAPA ROS/ACME	2	10564365-106	5 1/42x8 Ø100x14LG
10	ANILLO DE SEGURIDAD	2	10564365-107	1400-0600
11	RETEN	2	10564365-108	60x110x8 HMSA10 RG
12	POSTIZO	2	10564365-109	BARRA TREF. SAE 1045

Fuente: Elaboración propia

2.7.1. Eje de rodillo

El eje del rodillo este fabricado con una barra trefilada SAE 1045, que son aceros de mediano contenido de carbono, diseñado para uso general y aplicaciones de exigencia moderada. Presenta buena maquinabilidad. (Ver figura 2-12)

Fuente: Kupfer

Figura 2-12. Barra trefilada para eje

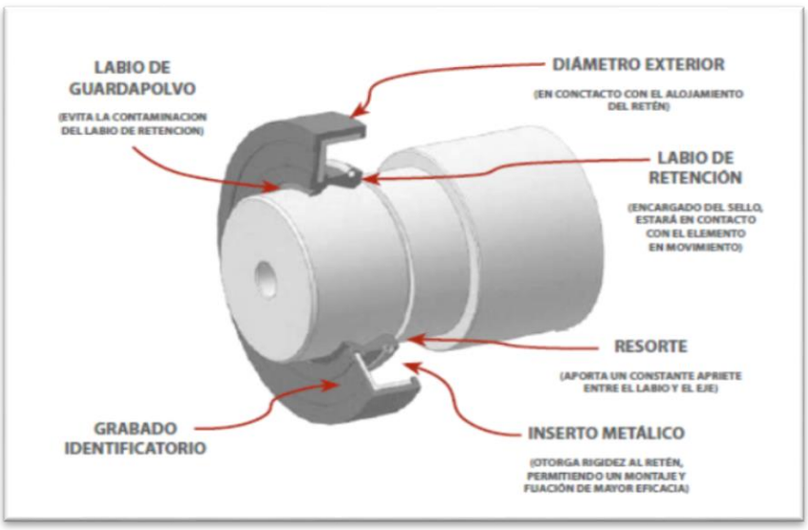
2.7.2. Retenes

Es una pieza fabricada habitualmente de un compuesto de caucho sintético que se utiliza para evitar fugas o el intercambio no deseado de fluidos, gases o sólidos desde un elemento que los contiene al adyacente. (Ver figura 2-13)

El reten esta montado en la parte fija del eje cargando con el resorte de contacto, evita que entre la polucion en el rodillo (Ver figura 2-14)

Fuente: Revesol

Figura 2-13. Reten

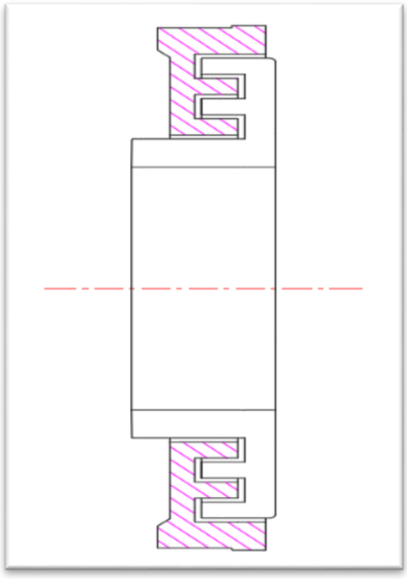


Fuente: SKF

Figura 2-14. Reten insertado en el eje

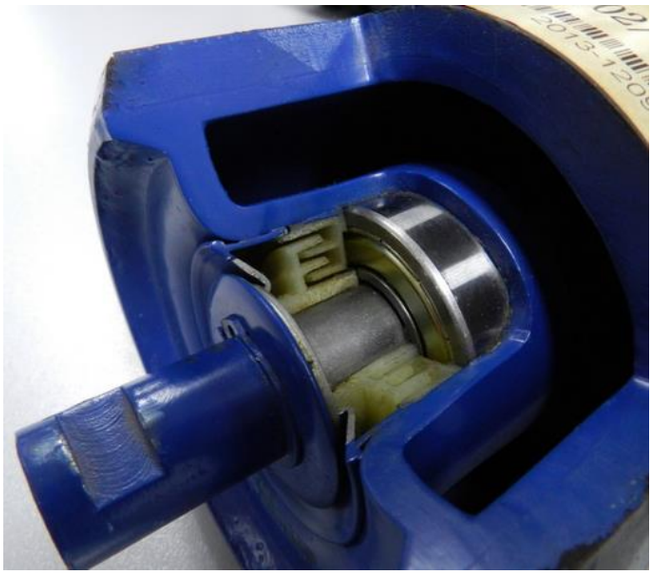
2.7.3. Sellos Laberintos

El rodillo tiene un laberinto interior y exterior. Sirve para aislar el rodamiento, dándole seguridad de operación y no le permite que tenga un juego en el momento que el rodillo tiene más carga de rendimiento. (Ver figura 2-15) (Ver figura 2-16)



Fuente: elaboración propia

Figura 2-15. Sellos Laberintos



Fuente: Tecnipak

Figura 2-16. Sellos Laberintos insertos en el eje

2.7.4. Comparación de rodamientos

Los rodamientos de rodillos a rotula ofrecen una mejor calidad en el material y su desempeño es mayor aumentando la vida de los rodamientos. (Ver figura 2-17)

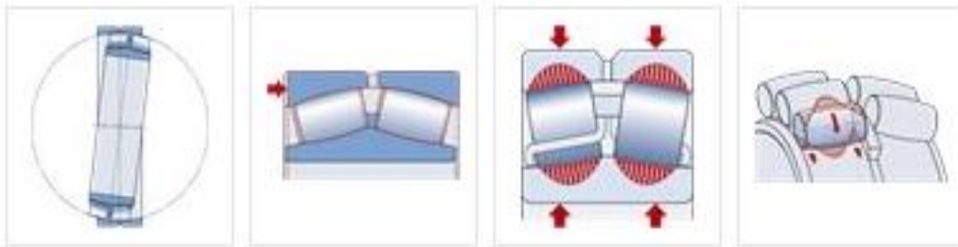
Los rodamientos de rodillos a rótula tienen dos hileras de rodillos simétricos, un camino de rodadura esférico común en el aro exterior y dos caminos de rodadura en el aro interior inclinados de manera tal que forman un ángulo respecto del eje del rodamiento. (Ver figura 2-18).

Fuente: SKF

Figura 2-17. Rodamientos SKF

El punto central de la esfera del camino de rodadura en el aro exterior se encuentra en el eje del rodamiento. Los beneficios incluyen:

- Mayor vida útil del rodamiento y mayor confiabilidad debido a la alineación positiva del rodillo.
- Desempeño optimizado del rodamiento gracias a condiciones de precarga y holgura axial específica para la aplicación.
- Soportan desalineaciones.
- Gran capacidad de carga.
- Baja fricción, manteniendo los niveles bajos de fricción y calor por fricción.



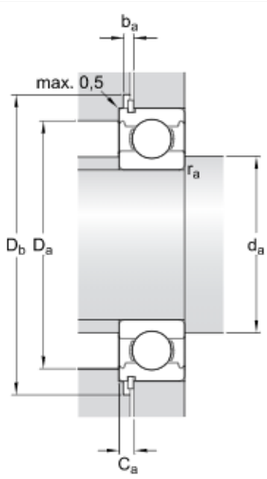
Fuente: SKF

Figura 2-18. Cargas en rodamientos SKF

2.7.5. Comparación de rodamientos según datos de cálculo

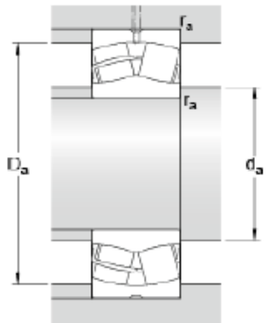
Los rodillos están fabricados con tolerancias dimensionales y geométricas tan ajustadas que son prácticamente idénticos en un conjunto de rodillos. Los rodillos simétricos se autoajustan, por lo que garantizan una distribución óptima de la carga a lo largo del rodillo y, junto con el perfil especial, evitan los picos de tensión en los extremos de los rodillos. (Ver tabla 2-7), (Ver tabla 2-8).

Tabla 2-7. Datos técnicos rodamiento rígido de bolas

RODAMIENTO RIGIDO DE BOLAS 6308		
	Capacidad de carga dinamica	42.3 kN
	Capacidad de carga estatica	24 kN
	Carga limite fatiga	1.02 kN
	Velocidad de referencia	17000 r/min
	Velocidad limite	11000 r/min
	Factor de calculo	0.03
	Factor de calculo	13
	Masa de rodamiento	0.64 kg

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2-8. Datos técnicos rodamiento de rodillo a rotula

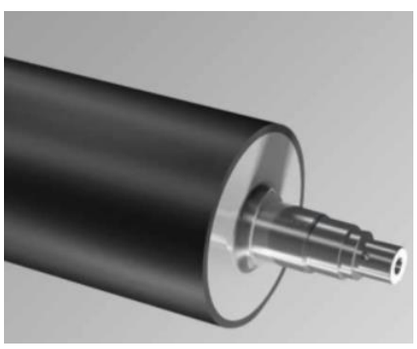
RODAMIENTO DE RODILLOS A ROTULA 21312 E		
	Capacidad de carga dinamica	217 kN
	Capacidad de carga estatica	240 kN
	Carga limite fatiga	26.5 kN
	Velocidad de referencia	4800 r/min
	Velocidad limite	6300 r/min
	Factor de calculo	0.22
	Factor de calculo	3
	Masa de rodamiento	2.1 kg

Fuente: Elaboración propia

2.7.6. Comparación recubrimiento de rodillos

Los rodillos comerciales que se venden a las empresas es del tipo REGAHAG-40, con una dureza del tipo Shore A-40. Su composición es 80% caucho natural (NR) y 20% caucho sintético (SBR) y su resistencia a la tracción es de 130 kg/cm2. Se usa mayor mente en rodillos con ambiente húmedos con agua. (Ver tabla 2-9)

Los rodillos mejorados usan el recubrimiento tipo REGAS-N63 con una dureza del tipo Shore A-63. Su composición es 70% caucho natural (NR) y 30% caucho sintético (SBR) y su resistencia a la tracción es de 145 kg/cm2. Se usa mayor mente en rodillos con ambiente seco de alta abrasión, que son las condiciones que se trabaja en la minera Spence. Lo cual darán una mayor durabilidad y resistencia. (Ver figura 2-19)



Fuente: Revesol

Figura 2-19. Recubrimiento de rodillos

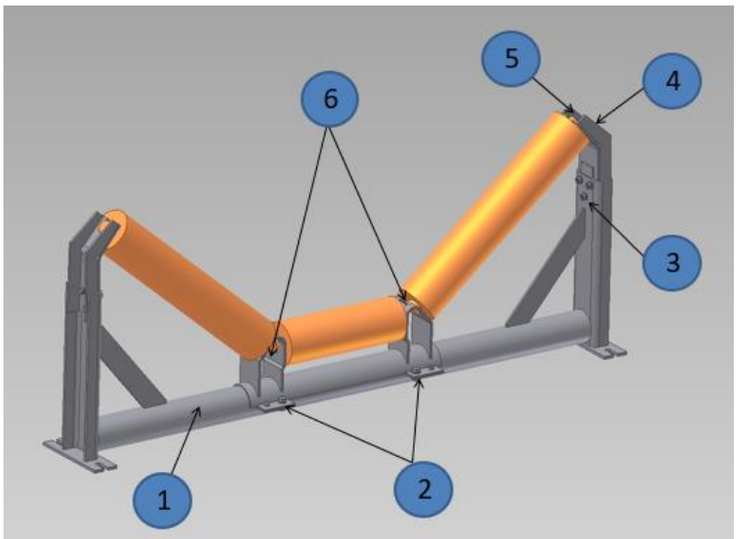
Tabla 2-9. –Datos técnicos rodamiento de rodillo a rotula

Propiedades Físicas	Dureza	Resistencia a la tracción	Elongación	Desgarro	Adhesión goma – metal	Abrasión	Composición	Usos
Unidades	Shore A	Kg/cm^2	%	Kgf/cm	Kg/cm	mm^3		
Norma	ASTM D-2240	ASTM D-412	ASTM D-412	ASTM D-624 NCH 1351/1	ASTM D-429	DIN 53516		
Tolerancia	± 5	Mínimo	Mínimo	Mínimo	Mínimo	Máximo		
TIPO								
REGAHAG - 45	45	130	550	30	20	250	80% Caucho natural (NR) 20% Caucho sintético (SBR)	Rodillos engomados para ser usados en ambiente **húmedo con agua**
REGAS - 60	60	140	450	40	20	170	70% Caucho natural (NR) 30% Caucho sintético (SBR)	Rodillos engomados para ser usados en **ambiente seco**
REGAHAC - 45	45	130	550	30	20	250	85% Caucho natural (NR) 15% Neopreno (CR)	Rodillos engomados para ser usados en **ambiente húmedo ácido**
REGAS – N63	63	145	450	45	20	150	70% Caucho natural (NR) 30% Caucho sintético (SBR)	Rodillos engomados para ser usados en **ambiente seco Alta abrasión**
REGAS - 50	50	135	550	45	20	250	70% Caucho natural (NR) 30% Caucho sintético (SBR)	Rodillos engomados para ser usados en ambiente seco

Fuente: Revesol

2.8. ESTACIÓN DE POLIN MEJORADA

La estructura de polín de carga mejorada, cuenta con todas las mejoras en sus materiales de fabricación, siendo más resistente y de una mejor mantenibilidad permitiendo el recambio total de sus conjuntos en menor tiempo, así disminuyendo los tiempos de mantención del equipo. (Ver figura 2-20).



Fuente: Elaboración propia

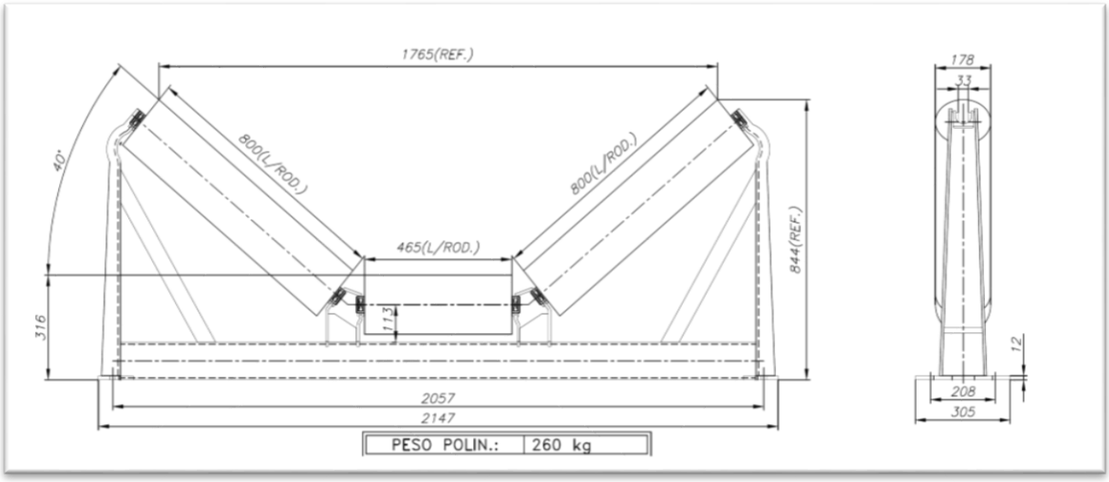
Figura 2-20. Estructura polín de carga

Tabla 2-10. Datos estructura polín de carga mejorada

	DENOMINACION	MATERIAL
1	Estructura portante principal. Fabricada con perfil tubular para aumentar su resisitencia	SAE 1020
2	Estructura portante principal.Permite el recambio total del conjunto. Incluye centradores para mantener su posición de trabajo	SAE 1020
3	Ensamblado mediante pernos para asegurar su recambio en menor tiempo	SAE 1020
4	Soporte fabricado en material extra-resistente para evitar deformaciones	SAE 1020
5	Fijación rodillo. Evita que se desmonte y disminuye las vibraciones	SAE 1020
6	Fijación rodillo. Evita que se desmonte y disminuye las vibraciones	SAE 1020

Fuente: Elaboración propia

La estación de polín de carga tiene un peso de 260 kg. Posee un angulo de operación de 40°, donde su mayor característica es disminuir los tiempos que se emplean en el cambio de los polines. Donde se puede cambiar la estación completa con los 3 polines de carga de forma más rápida e eficiente. Mejorando el mantenimiento y la disponibilidad de la correa CV-110. (Ver figura 2-21).



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-21. Plano estructura polín de carga

CAPÍTULO 3: GENERAR PAUTAS DE INSPECCIÓN, PARA LA ESTANDARIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO Y ASI AUMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE LA CORREA TRANSPORTADORA CV-110

3. GENERAR PAUTAS DE INSPECIÓN, PARA LA ESTADARIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO Y ASI AUMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE LA CORREA TRANSPORTADORA CV-110.

3.1. MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

El mantenimiento industrial lo definimos como 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.

A lo largo del proceso industrial vivido desde finales del siglo XIX, la función mantenimiento ha pasado diferentes etapas. En los inicios de la revolución industrial, los propios operarios se encargaban de las reparaciones de los equipos. Cuando las máquinas se fueron haciendo más complejas y la dedicación a tareas de reparación aumentaba, empezaron a crearse los primeros departamentos de mantenimiento, con una actividad diferenciada de los operarios de producción. Las tareas en estas dos épocas eran básicamente correctivas, dedicando todo su esfuerzo a solucionar las fallas que se producían en los equipos.

A partir de la Primera Guerra Mundial, y sobre todo, de la Segunda, aparece el concepto de fiabilidad, y los departamentos de mantenimiento buscan no sólo solucionar las fallas que se producen en los equipos, sino, sobre todo, prevenirlas, actuar para que no se produzcan. Esto supone crear una nueva figura en los departamentos de mantenimiento: personal cuya función es estudiar qué tareas de mantenimiento deben realizarse para evitar las fallas. El personal indirecto, que no está involucrado en directamente en la realización de las tareas, aumenta, y con él los costes de mantenimiento. Pero se busca aumentar y fiabilizar la producción, evitar las pérdidas por averías y sus costes asociados. Aparece el Mantenimiento Preventivo, el Mantenimiento Predictivo, el Mantenimiento Proactivo, la Gestión de Mantenimiento Asistida por Ordenador, y el Mantenimiento Basado en Fiabilidad (RCM). El RCM como estilo de gestión de mantenimiento, se basa en el estudio de los equipos, en el análisis de los modos de fallo y en la aplicación de técnicas estadísticas y tecnología de detección. Podríamos decir que RCM es una filosofía de mantenimiento básicamente tecnológica.

3.2. TIPOS DE MANTENIMIENTO

Una vez realizada la lista de equipos, desglosados incluso en los elementos que los componen e identificado cada item con un código único que permite referenciarlo, la siguiente tarea que debemos abordar es la de decidir cómo vamos a mantener cada uno de esos equipos. Tradicionalmente, se han distinguido 5 tipos de mantenimiento, que se diferencian entre sí por el carácter de las tareas que incluyen: (Ver figura 3-1).

TIPOS DE MANTENIMIENTO	
MANTENIMIENTO CORRECTIVO	Tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los equipos
MANTENIMIENTO PREVENTIVO	Mantener un nivel de servicio determinado en los equipos programando las correcciones
MANTENIMIENTO PREDICTIVO	mantenimiento mas tecnologico, requiere medios mas avanzados para identificar las variables fisicas
MANTENIMIENTO HARD TIME	Dejar el equipo como si fuera nuevo, se sustituyen todos los elementos que sufren desgaste
MANTENIMIENTO EN USO	TPM (Mantenimiento productivo total) realizado por los usuarios

Fuente: libro organización y gestión del mantenimiento

Figura 3-1. Tipos de mantenimiento

3.3. MANTENIMIENTO CORREA TRANSPORTADORA CV-110

Es importante que el mantenimiento de la correa sea realizado por personal competente bien capacitado, que cuente con los equipos de prueba y las herramientas apropiadas. La cinta a menudo representa una alta proporción del costo total de la correa. Por razones de composición y construcción es vulnerable a daños accidentales o al desgaste prematuro. Por lo tanto, la operación y el mantenimiento de la cinta requieren atención especial en un buen programa de capacitación para minimizar los costos de reemplazo y de reparación. Materiales externos, tales como planchas de hierro, clavos largos y otros, pueden causar serios daños a la cinta lo que implicaría costosas reparaciones.

3.3.1. Lubricación Correa transportadora CV-110

Es importante que el mantenimiento de la correa sea realizado por personal competente bien capacitado, que cuente com los equipos de prueba y herramientas apropiadas. La operación y el mantenimiento de la cinta requieren atención especial em un buen programa de capacitación para minimizar los costos de reemplazo y de reparación. (Ver figura 3-2).

Parte Nº	Descripción del Equipo	Descripción del Componente	Tipo de Lubricación	Cantidad		Fabricantes y Especificaciones	Frecuencia de Lubricación
				Llenado Inicial	Relleno		
1	**Conjunto Reductor**	Reductor	Aceite	273 Litros	273 litros	ISO VG 220 Omala (Shell) Mobilgear (Mobil) Spartan EP (Chevron)	En condiciones normales de funcionamiento cada cuatro (4) meses o 2000 horas de funcionamiento.
2	**Polea motriz primaria y polea motriz secundaria**	Rodamientos	Grasa	25 kg (llenado en fabrica)	0.48 kg	Shell Alvania EP1	Semanalmente
3	**Polea Deflectora Alta tensión**	Rodamientos	Grasa	15 kg (llenado en fabrica)	0.32 kg	Shell Alvania EP1	Semanalmente
4	**Polea Tensora y Deflectora Baja tensión**	Rodamientos	Grasa	7 kg (llenado en fabrica)	0.16 kg	Shell Alvania EP1	Semanalmente
5	**Polea de cola**	Rodamientos	Grasa	11 kg (llenado en fabrica)	0.22 kg	Shell Alvania EP1	Semanalmente
6	**Huinche tensor**	Ver manual del fabricante en la sección 9					
7	**Unidad hidráulica Distribuidor**	Ver manual del fabricante en la sección 9					
8	**Todo el Equipo**	Rodamientos	Grasa			Shell Alvania EP1	Si no esta especificado, aplique manualmente aprox. 6 bombeos de grasa en cada rodamiento

Fuente: BHP spence

Figura 3-2. Lubricación Correa transportadora

3.4. INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO RECOMENDADO POR EL FABRICANTE

El programa de inspección recomendado por el fabricante nos permite empezar a llevar un mantenimiento base, del cual se podrán dar mejoras, soluciones a los inconvenientes que pueda tener durante su operación.

3.4.1. Programa general de Inspección

Es importante cumplir con las inspecciones que nos solicita el fabricante, ya que nos guían hacia un mejor funcionamiento, para tener una mejor disponibilidad y mantenibilidad de la correa transportadora. (Ver figura 3-3).

ÍTEM	LUGAR	DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA
Reductor	Todos los equipos	Inspeccionar temperatura, vibración y análisis de aceite.	Semanal
Conexiones de fluido	Todos los equipos	Inspeccionar visualmente si hay goteras.	Cada 100 horas operativas.
Rodillos de la Correa Transportadora	Todos los equipos	Inspeccionar los rodillos para asegurarse de que estén en contacto con la cinta y que roten con la misma. Inspeccionar si hay pernos flojos.	Cada 100 horas operativas.
Arados en V	Todos los equipos	Inspeccionar la goma por desgaste. Inspeccionar si hay piezas flojas.	Cada 100 horas operativas.
Limpiadores de cinta	Todos los equipos	Inspeccionar las hojas del raspador, por desgaste. Inspeccionar si hay piezas flojas.	Cada 100 horas operativas.
Cintas transportadoras	Todos los equipos	Inspeccionar visualmente si hay daños. Inspeccionar y ajustar la goma de la gualdera.	Cada 100 horas operativas.
Revestimientos de poleas	Todos los equipos	Inspeccionar las camisas de todas las poleas, por desgaste o daño.	Cada 100 horas operativas.
Rodamientos de poleas	Todos los equipos	Inspeccionar estado y nivel de grasa	Trimestral

Fuente: libro organización y gestión del mantenimiento

Figura 3-3. Programa general de inspección por el fabricante

3.5. MONITOREO DE LA CONDICIÓN DEL EQUIPO RECOMENDADO POR EL FABRICANTE

El monitoreo de la condición del equipo es muy simple. Generalmente, se utilizan cuatro técnicas para controlar la condición del equipo y cada una de estas técnicas es cada vez más precisa a medida que se desarrollan nuevos equipos portátiles de prueba.

Las siguientes técnicas detectan la condición del equipo:

- Temperatura
- Vibración
- Ruido
- Detección visual

Cada técnica ayuda a determinar la extensión de una falla mecánica existente y si la misma empeora.

3.5.1. Temperatura

Es necesario verificar la temperatura de los rodamientos periódicamente, tanto de los rodamientos mismos como de otras secciones del equipo donde las altas temperaturas pueden ocasionar problemas. Cualquier cambio significativo normalmente es indicación de que existe un problema, en especial si las condiciones operativas del equipo no han sido alteradas

3.5.2. Vibración

La vibración puede ser medida con mayor precisión utilizando instrumentos tales como detectores o monitores de vibración. Para esto se coloca la sonda sobre el rodamiento o cerca del mismo y el medidor provee una lectura de la vibración. La cantidad de vibración medida es utilizada para determinar la gravedad de la vibración y la condición del equipo.

3.5.3. Ruidos

Un método utilizado en la industria para identificar irregularidades en los equipos consiste en escuchar cambios de los sonidos emitidos por estos mientras funcionan en condiciones normales de carga y velocidad.

Las mediciones de sonido pueden ser utilizadas para determinar la gravedad del problema. El sonido y la vibración están altamente asociados entre sí, cuando se determinan irregularidades en equipos operando.

3.5.4. Detección visual

El personal de mantenimiento puede, simplemente observar el equipo para ver si hay algo fuera de lo normal. También hay que observar si hay muestras de pérdidas de aceite o grasa alrededor de las áreas de sellos o si alguna caja de cojinete esta floja, quebrada o mal montada. También es importante verificar si hay suficiente cantidad de lubricante

3.6. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA CORREA TRANSPORTADORA CV-110

El propósito de las inspecciones preventivas es prolongar la vida útil de los componentes de la correa transportadora y permitir la detección temprana de problemas. Con lo cual se reducen los costos por las reparaciones de los equipos y se evitan las paradas no programadas.

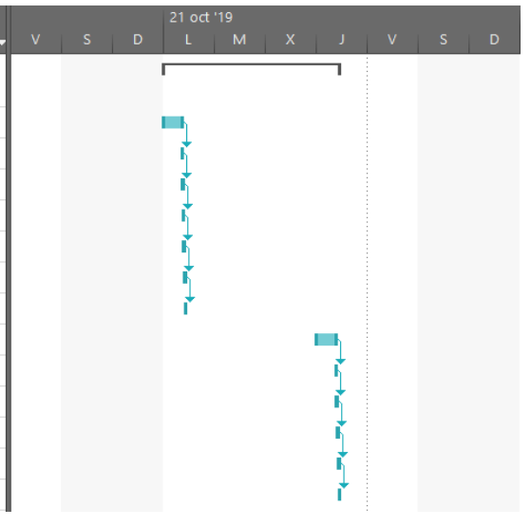
Todos los trabajos de mantenimiento deben realizarse con los equipos detenidos, des energizados y bloqueados.

3.6.1. Programación de inspecciones en paradas programadas

La programación se empleará el diagrama Gantt, que nos permite planificar el mantenimiento y programar las tareas a lo largo de un periodo determinado. Permitiéndonos llevar un seguimiento y control al progreso de cada una de las tareas.

La planificación de las tareas se realiza de acuerdo a las paradas planificadas los días lunes y jueves, que son los días que se detiene la correa transportadora por 6 horas. Los trabajos son enfocados a inspecciones, donde se enfocan en cada uno de los componentes más críticos de la correa transportadora. (Ver figura 3-4).

Modo de	Nombre de tarea	Duración
	"TAREAS PREVENTIVAS CORREA TRANSPORTADORA CV-110"	**3,3 días**
	1.- Charla de seguridad	0,01 días
	2.- Llenado de documentación	0,02 días
	3.- Bloqueo de equipos	0,05 días
	4.- Prueba de energia cero	0,01 días
	5.- Inspección motor	0,05 días
	6.- Inspección reductor	0,05 días
	7.- Inspección poleas	0,05 días
	8.- Inspección cinta transportadora	0,05 días
	9.- Inspeccion polines	0,05 días
	10.- Inspección limpiadores cinta	0,05 días
	11.- Inspección sensores de desalineamiento	0,05 días
	12.- Inspección gualdera	0,05 días
	13.- Inspección aclopamientos flexibles	0,05 días



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-4. Programación de inspecciones en paradas programadas

3.6.2. Programación de limpieza semanales de corea transportadora CV-110

La programación se realizará mediante el diagrama Gantt, que nos permitirá llevar el mantenimiento mejor programado y entendible para el personal.

La correa transportadora CV-110 al recibir la descarga del tambor aglomerador AD-100, Tiene gran afluencia de material que va en dirección hacia las pilas de lixiviación por lo cual tiene gran cantidad de agentes que dañan los componentes de la correa. (Ver figura 3-5).

Fuente: BHP spence

Figura 3-5. Acumulación de material

Es por esto que es fundamental una programación semanal de limpieza de poleas y polines. Eliminando todo agente dañino para la correa. En la figura 3-4 nos muestra la acumulación de material en la correa, por lo que se hace urgente tener un programa de limpieza de correa. (Ver figura 3-6).

Modo de	Nombre de tarea	Duración
	"LIMPIEZA DE CORREA TRANSPORTADORA CV-110"	4 días
	1.- Charla de seguridad	1 día
	2.- Llenado de documentación	1 día
	3.- Bloqueo de equipos	1 día
	4.- Limpieza de Estacion de polines	1 día
	5.- Limpieza de poleas	1 día
	6.- Limpieza de chute de descarga	1 día

Fuente: Elaboración propia

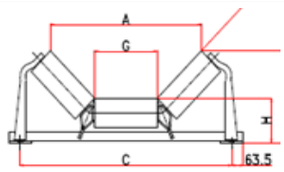
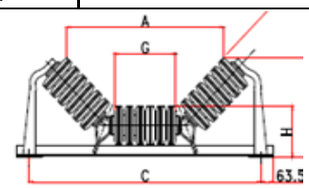
Figura 3-6. Programación limpieza CV-110

3.7. PAUTAS DE INSPECCIÓN SEMANALES CORREA TRANSPORTADORA A7

La pauta de inspección es un documento en el que el mando de mantenimiento informa al operario o al técnico de mantenimiento sobre la tarea que tiene que realizar. Estas órdenes son una de las fuentes de información más importantes de mantenimiento, pues en ellas se recogen los datos más importantes de cada intervención. En estas órdenes se detallan, al menos:

- N° de orden correlativo, que permite identificarla de forma única.
- El equipo o instalación en el que debe intervenir.
- El trabajo que debe realizar, o el comportamiento de un equipo que está funcionando incorrectamente.
- Las herramientas y materiales que se necesitarán, si se conocen.
- Los riesgos del trabajo, las precauciones que deben tomarse y los equipos de protección necesarios.
- La prioridad del trabajo.
- La fecha y hora de emisión de la orden.

Tabla 3-1. Pauta de inspección correas transportadoras

CHECK LIST MANTENIMIENTO CORREA TRANSPORTADORA A7			
MECANICO		FECHA	
AREA		TURNO	
SUPERVISOR		HORA	
			
POLIN DE CARGA			POLIN DE IMPACTO		
N° ESTACION	TEMPERATURA	PRESENTA GIRO	N° ESTACION	TEMPERATURA	PRESENTA GIRO
1			1		
2			2		
3			3		
4			4		
5			5		
6			6		
7			7		
8			8		
9			9		
10			10		
11			11		
12			12		
13			13		
14			14		
15			15		
16			16		
17			17		
18			18		
19			19		
20			20		
21			21		
22			22		
23			23		
24			24		
25			25		

Fuente: Elaboración propia

En una planta industrial es muy importante determinar quién puede generar una orden de trabajo, quién puede autorizar su realización, cómo se determina, cuándo debe ejecutarse y por quién, etc. Para ello, es necesario fijar claramente cómo será el flujo de una orden de trabajo, desde que se origina hasta su cierre, determinando claramente la responsabilidad de cada una de las personas que intervienen. En la Figura adjunta, en la página siguiente, puede verse un ejemplo de diagrama de flujo de una Orden de Trabajo.

Es conveniente distinguir dos tipos de órdenes: las órdenes correctivas y las órdenes preventivas. Ambas suelen ser diferentes, por lo que es conveniente estudiarlas por separado.

3.7.1. Estrategias de mantenimiento CV-110

En la siguiente tabla se muestra un resumen del tipo de mantención que se realizara en la correa CV-110. Esto no implica que se puedan aplicar mejoras con respecto a estas mantenciones, al contrario, se puede mejorar operacionalmente, con las herramientas e instrumentos necesarios para cada mantención

Tabla 3-2. –Datos estructura polín de carga mejorada

Correa	Tipo de mantención	Item	frecuencia de cambio y/o Medición
CV-110	Mantenimiento Correctivo. 1. Cintas. 2. Reductor. 3. Tambor motriz y Conducida	1.1. Cambio de cinta	Desgaste excesivo
		1.2. Cambio goma de guarderas	Desgaste excesivo
		2.1. Cambio de rodamiento	Rotura de sello
		2.2. Cambio de engranaje	Inicio de fractura
		3.1. Cambio de tambor	Desprendimiento de goma
	Mantenimiento Preventivo. 1. Cintas. 2. Reductor. 3. Rodamiento	1.1. Alineación de la cinta	Centrado y Tensado
		1.2. Rises	Adhencia de material en el retorno
		1.3. Ampollas en la Cubierta	Cortes pequeños en la cubierta
		2.1. Nivel de aceite bajo	Cambiar lubricante
		2.2. Suciedad en el Aceite	Cambiar lubricante
		2.3. Vibraciones	Piezas del reductor en malas condicione
		3.1. Aumentar medida de limpieza	Cambiar lubricante
		3.2. Verificar Sellos	En mal estado
	Mantenimiento Preventivo. 1. Cintas y Chute. 2. Rodamiento, Poleas y Polines 3. Reductor	1.1 Medición Espesores	Mensual
		2.1 Análisis de Temperatura	Quincena
		2.2 Análisis de Vibraciones	Quincena
		2.3 Alineamiento de Polines	Trimestral
		2.4 Análisis Aceite	Trimestral
		3.1 Análisis de Temperatura	Quincena
		3.2 Análisis de Vibraciones	Quincena
		3.3. Alineamiento de Polines	Trimestral
		3.4 Análisis Aceite	Trimestral

Fuente: Elaboración propia

3.8. PROYECCION DE DISPONIBILIDAD

Cambiando los polines de la correa CV-110 y cumpliendo con el programa de mantenimiento, se debería aumentar la disponibilidad en un 70% en las detenciones no programadas y no programadas. Mostrando resultados favorables para la planta, que su producción aumentara considerablemente.

Tabla 3-3. Datos detenciones no planificadas

DETENCIONES NO PLANIFICADAS CV-110			
		2018	Rodillos mejorados
MES	FALLA	HORAS	
ENERO	Polines	46,4	27,84
FEBRERO	Polines	48,2	28,92
MARZO	Polines	35,3	21,18
ABRIL	Polines	25,5	15,3
MAYO	Polines	44,7	26,82
JUNIO	Polines	56,6	33,96
JULIO	Guarderas	24,3	14,58
AGOSTO	Polines	32,5	19,5
SEPTIEMBRE	Polines	46,3	27,78
OCTUBRE	Polines	38,5	23,1
NOVIEMBRE	Polines	47,3	28,38
DICIEMBRE	Polines	38,4	23,04
Total de Hrs no planificadas		484	290,4

Fuente: Elaboración propia, con datos de BHP año 2018

Tabla 3-4. Datos detenciones planificadas

DETENCIONES PLANIFICADAS CV-110			
		2018	Polines mejorados
MES	FALLA	HORAS	
ENERO	Cambio de polines	12	7,2
FEBRERO	Cambio de polines	8	4,8
MARZO	Cambio de polines	6	3,6
ABRIL	Cambio de polines	8	4,8
MAYO	Cambio de polines	8	4,8
JUNIO	Cambio de polines	6	3,6
JULIO	Cambio de polines	6	3,6
AGOSTO	Cambio de polines	4	2,4
SEPTIEMBRE	Cambio de polines	12	7,2
OCTUBRE	Cambio de polines	8	4,8
NOVIEMBRE	Cambio de polines	6	3,6
DICIEMBRE	Cambio de polines	6	3,6
Total de Hrs planificadas		90	54

Fuente: Elaboración propia, con datos de BHP año 2018

En las detenciones programadas el mantenimiento mejora considerablemente, debido a las mejoras que tiene el montaje y desmontaje del polín. Disminuyendo las horas, el mantenimiento es más efectivo y cumpliendo con los plazos programados.

Se calcula la disponibilidad proyectada con las mejoras en los polines y rodillos, se mejora el plan mantenimiento. Se cumplen con los plazos y las mantenciones son más efectivas.

Disponibilidad correa CV-110 con polines mejorados

$$\text{Disponibilidad } \% = \frac{(8760-54-290)}{(8760-54)}$$

$$\text{Disponibilidad } \% = \frac{(8416)}{(8706)}$$

$$\text{Disponibilidad } \% = 0{,}97\ x\ 100$$

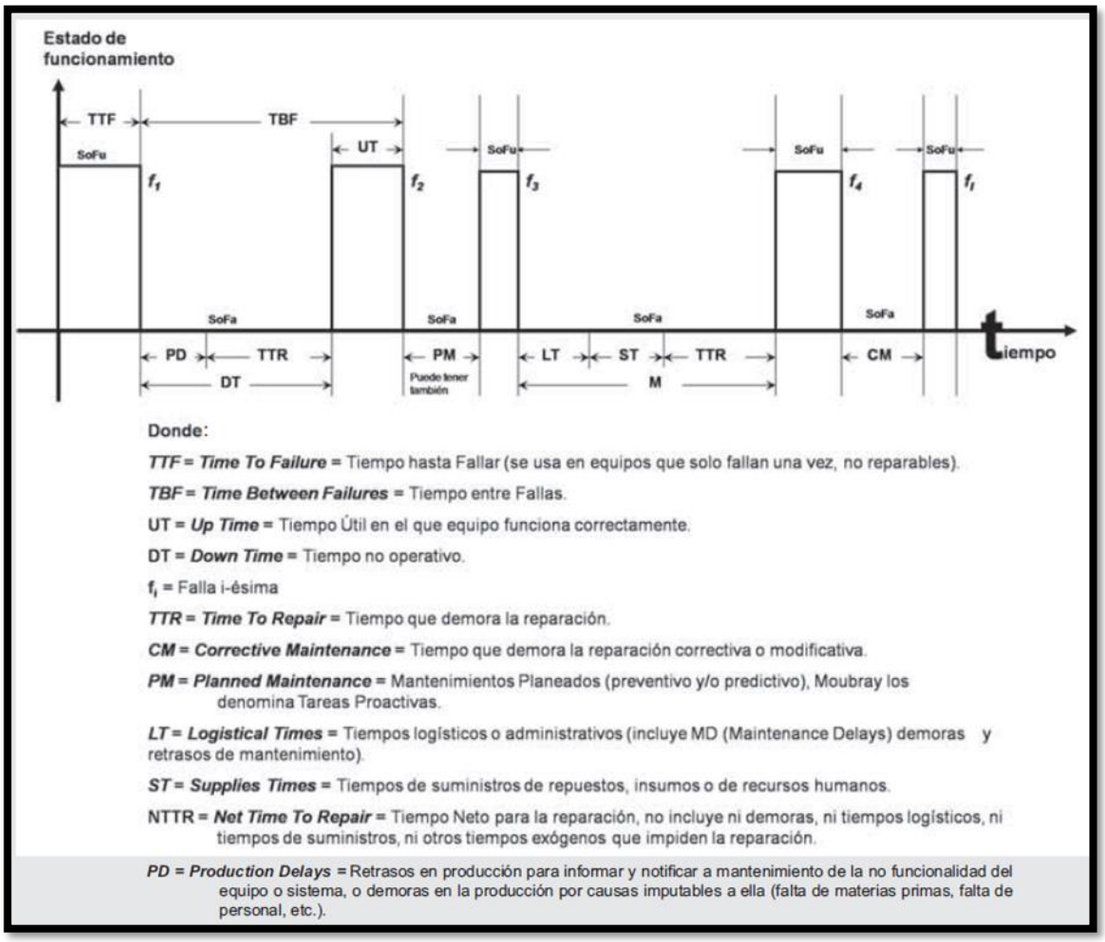
$$\textbf{Disponibilidad } \% = \mathbf{97}$$

El cálculo de disponibilidad con los polines mejorados, una mejora en el mantenimiento y la recolección de datos. Donde se aumentó de 94% de disponibilidad a un 97% de disponibilidad, lo cual lo hace sumamente positivo para la planta. Ya que proyecta un aumento significativo de la producción y en la disminución de fallas.

3.9. PROYECCIÓN DE CONFIABILIDAD Y MANTENIBILIDAD

La confiabilidad de un equipo es la frecuencia con la cual ocurren las fallas en el tiempo. Si no hay fallas, el equipo es 100% confiable; si la frecuencia de fallas es muy baja, la confiabilidad del equipo es aún aceptable, pero si es muy alta, el equipo es poco confiable. Un equipo con un muy buen diseño, con excelente montaje, con adecuadas pruebas de trabajo en campo y con un apropiado mantenimiento nunca debe fallar (en teoría); sin embargo, la experiencia demuestra que incluso los equipos con mejores diseños, montajes y mantenimientos fallan alguna vez. (ver figura 3-7).

De acuerdo a las detenciones por fallas obtenidas en el mes de junio de 2018 que son las detenciones no planificadas (ver tabla 2-1), se realizará un gráfico de estado de funcionamiento. Donde se observa gráficamente el tiempo entre fallas y reparaciones del periodo asignado. Se realiza un gráfico número de horas versus estado de tiempo. (ver figura 3-8).



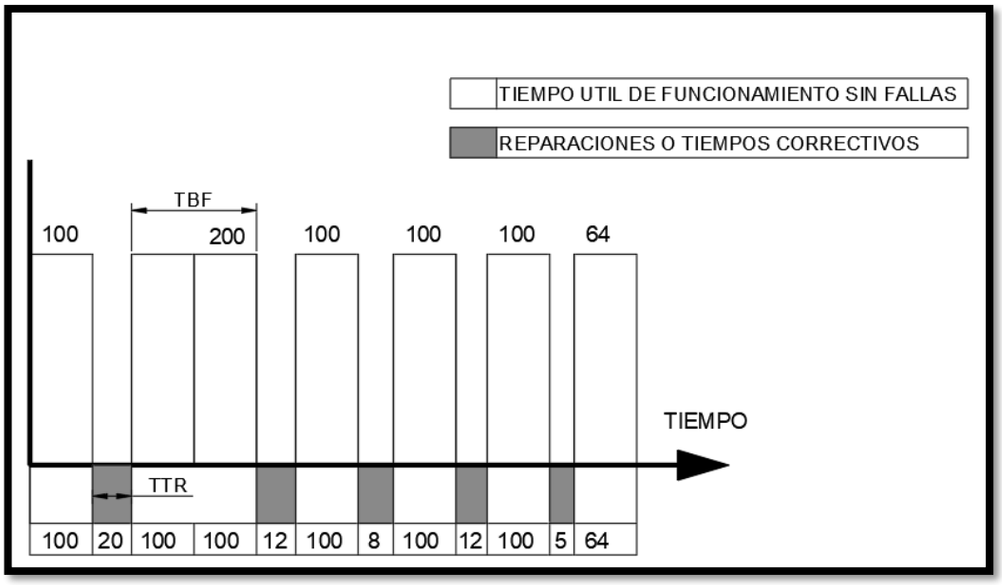
Fuente: Elaboración propia

Figura 3-7. Gráfico de estado de funcionamiento

En la confiabilidad existen cuatro características que determinan su estructura:

- Probabilidad
- Desempeño satisfactorio
- Periodo determinado
- Condiciones especificas

La función de la confiabilidad es responder la pregunta. ¿cuál es la probabilidad de que la maquina dure más T horas sin tener fallas?



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-8. Gráfico de estado de funcionamiento

3.9.1. <u>Cálculo de confiabilidad CV-110</u>

El MTBF (Tiempo medio entre reparaciones) son los tiempos transcurridos entre el inicio de la falla y el fin de esta.

<u>Confiabilidad correa CV-110</u>

$$\text{MTBF} = \frac{(\sum TBF)}{N° \, Fallas}$$

$$\text{MTBF} = \frac{(100+200+100+100+100+64)}{(6)}$$

$$\text{MTBF} = 110.6 \, Hrs$$

Teniendo una tasa de fallas que nos permitirá saber con qué frecuencia está fallando la correa transportadora CV-110 por unidad de tiempo

Tasa de fallas

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \text{ [N° de Fallos / tiempo]}$$

$$\gamma = \frac{1}{110.6}$$

$$\gamma = 0.09$$

Confiabilidad correa CV-110 con rodillos mejorados

$$\text{MTBF} = \frac{(\sum TBF)}{N° \, Fallas}$$

$$\text{MTBF} = \frac{686}{6}$$

$$\text{MTBF} = 114.3 \, Hrs$$

Teniendo una tasa de fallas que nos permitirá saber con qué frecuencia está fallando la correa transportadora CV-110 por unidad de tiempo

Tasa de fallas

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \text{ [N° de Fallos / tiempo]}$$

$$\gamma = \frac{1}{114.3}$$

$$\gamma = 0.087$$

Mejorando considerablemente la confiabilidad que tiene la correa, disminuyendo la frecuencia con que falla el equipo durante un tiempo determinado y disminuye la probabilidad de que vuelva a fallar.

3.9.2. Cálculo de mantenibilidad CV-110

El MTTR (Tiempo medio entre fallas) son los tiempos transcurridos entre el inicio de la reparación y el fin de esta.

Mantenibilidad correa CV-110

$$\text{MTTR} = \frac{(\sum TTR)}{N° \, reparaciones}$$

$$\text{MTTR} = \frac{(20+12+8+12+)}{(5)}$$

$$\text{MTTR} = 11.4 \, Hrs$$

Teniendo una tasa de reparación que nos permitirá saber con qué frecuencia está fallando la correa transportadora CV-110 por unidad de tiempo

Tasa de reparación

$$\mu = \frac{1}{MTTR} \, [N^{\circ} \, de \, Reparaciones / tiempo]$$

$$\mu = \frac{1}{11.4}$$

$$\mu = 0.08$$

Mantenibilidad correa CV-110 con rodillos mejorados

$$\text{MTTR} = \frac{(\sum TTR)}{N° \, reparaciones}$$

$$\text{MTTR} = \frac{(34)}{(5)}$$

$$\text{MTTR} = 6.8\ Hrs$$

<u>Tasa de mantenibilidad con rodillos mejorados</u>

$$\boxed{\mu = \frac{1}{MTTR}\ [N^{\circ}\ de\ Reparaciones/tiempo]}$$

$$\mu = \frac{1}{6.8}$$

$$\mu = 0.14$$

Mejorando considerablemente la mantenibilidad que tiene la correa, disminuyendo la frecuencia es reparado el equipo durante un tiempo determinado y disminuye la probabilidad de que vuelva a fallar.

3.10. <u>COSTOS GENERALES</u>

Se ha analizado la disponibilidad en la correa transportadora CV-110, al momento de realizar el cambio de rodillos y mejorar el plan de mantenimiento existente, nos dio un aumento en la disponibilidad de un 3%, pero este valor es general y no es cuantificable para el mantenimiento de la planta. Por esto analizaremos cuanto deja de recibir minera Spence en dinero, (ver tabla 3-5)

Tabla 3-5. –Indicadores económicos

INDICADORES ECONOMICOS 2020		
INDICADOR	**PRECIO**	**UNIDAD**
COBRE	3,2 USD	LIBRA
DÓLAR	761	CLP
LEY DE COBRE SPENCE		
SPENCE	0,59%	COBRE
EQUIVALENCIAS		
1 LIBRA	0,453	KG

Fuente: Elaboración propia, con datos de BHP año 2020

La tabla anterior nos muestra los principales indicadores económicos, donde podemos comprar nuestro resultado de aumento de disponibilidad llevándolo a un valor cuantificable y que pueda ver el beneficio de la implementación del cambio de rodillos en los polines y el cambio en la forma que se enfrenta el mantenimiento. (Ver tabla 3-5)

Se analizan los indicadores del proceso antes y después del cambio de rodillos y la mejora del mantenimiento enfocándose en las perdidas económicas. (Ver tabla 3-6)

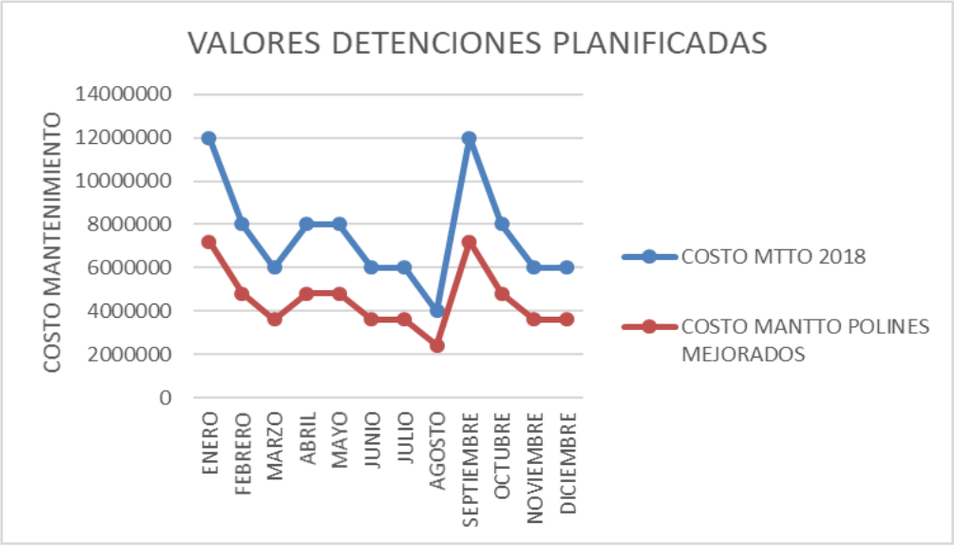
Tabla 3-6. –Indicadores económicos

DETALLE	VALOR	UNIDAD
Detenciones no planificadas	484	hrs
Ganancias que deja de recibir Spence	33.525.253	USD
Detenciones no planificadas con cambio de rodillos	290	hrs
Ganancias que deja de recibir Spence	20.087.445	USD

Fuente: Elaboración propia, con datos de BHP año 2020

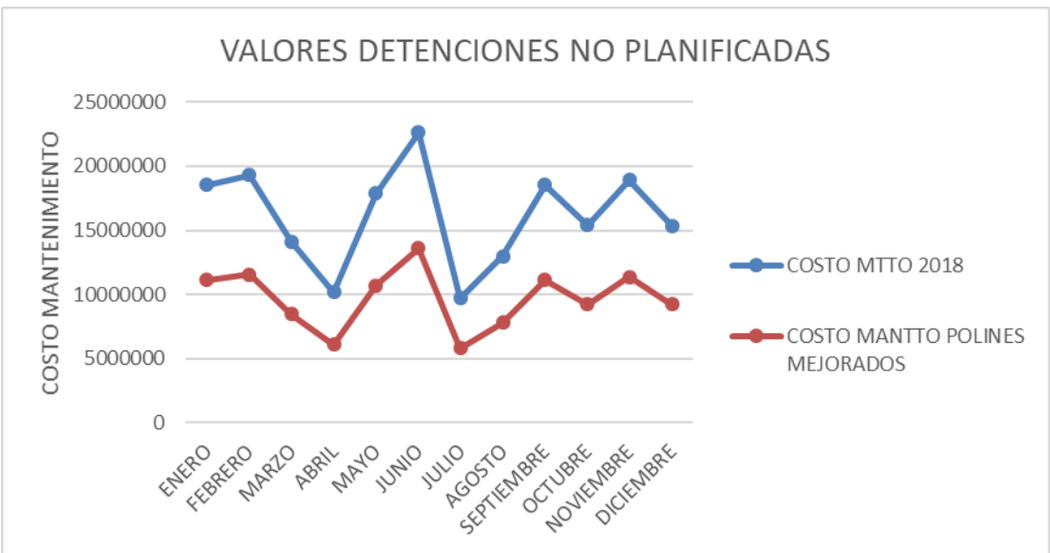
Se observa en la tabla anterior con el aumento de la disponibilidad se mejora en los indicadores económicos de la planta. Mejorando los valores en un año con la reducción de fallas y aumento de los valores de mantenimiento.

También se mejora en los costos de mantenimiento que tiene la correa disminuyendo considerable mente sus valores. Dejando en cifras que lo correcto es realizar cambios en la correa transportadora CV-110. (Ver figura 3-6)



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-9. Costos de mantenimiento CV-110 planificados



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-10. Costos de mantenimiento CV-110 no planificados

Los gráficos de detenciones planificadas y no planificadas nos muestran un versus de lo que desembolsa la compañía en el mantenimiento de la correa transportadora, nos muestra cuanto disminuye el costo de las mantenciones al realizar el cambio de polines mejorados, reduciendo considerablemente los costos de mantención. Donde los mantenedores se podrán enfocar en el plan de mantenimiento que fue diseñado y no trabajando a la fall

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las correas transportadoras dentro de una planta son equipos altamente críticos, se debe tener un pleno conocimiento del comportamiento, es vital recopilar la mayor cantidad de información técnica, datos estáticos, datos productivos y buena operatividad por parte de los operadores. Para que tenga una disponibilidad beneficiosa para la planta y una buena mantenibilidad.

Uno de los aspectos que se busca lograr es bajar en los tiempos medios entre fallas y entre reparaciones. Para aumentar en los índices que requiere la planta minera Spence. El estudio busca determinar cuáles eran los componentes críticos de la correa, se obtuvo como resultado los rodillos. Que son elementos críticos y que tienen gran cantidad de fallas, se busca cambiar el rodillo existente por uno de mejor calidad que sostenga la gran carga de producción que tiene la correa CV-110. También se mejora en el polín, mejorando su mantenibilidad ya que es más fácil de desmontar, disminuyendo los tiempos que se requieren para la mantención de la planta.

Se mejora el plan de mantenimiento preventivo, se mejora en la limpieza que requiere la correa, que era el gran déficit que nos dimos cuenta en el estudio. Ya que Hoy por hoy no es justificable pensar que toda una planta debe estar sujeta a un tipo de mantenimiento (por ejemplo, correctivo, o preventivo, etc.). Cada equipo ocupa una posición distinta en el proceso industrial, y tiene unas características propias que lo hacen diferente del resto, incluso de otros equipos similares.

Como conclusión de acuerdo a los datos obtenidos es beneficioso para el área de aglomerado implementar el cambio de diseño, la correa tendrá menos detenciones, se 5podrá trabajar en el aseo que necesita, se podrá llevar un manteniendo preventivo adecuado y podrá responder a las sobre carga de material que estaba siendo afectada.

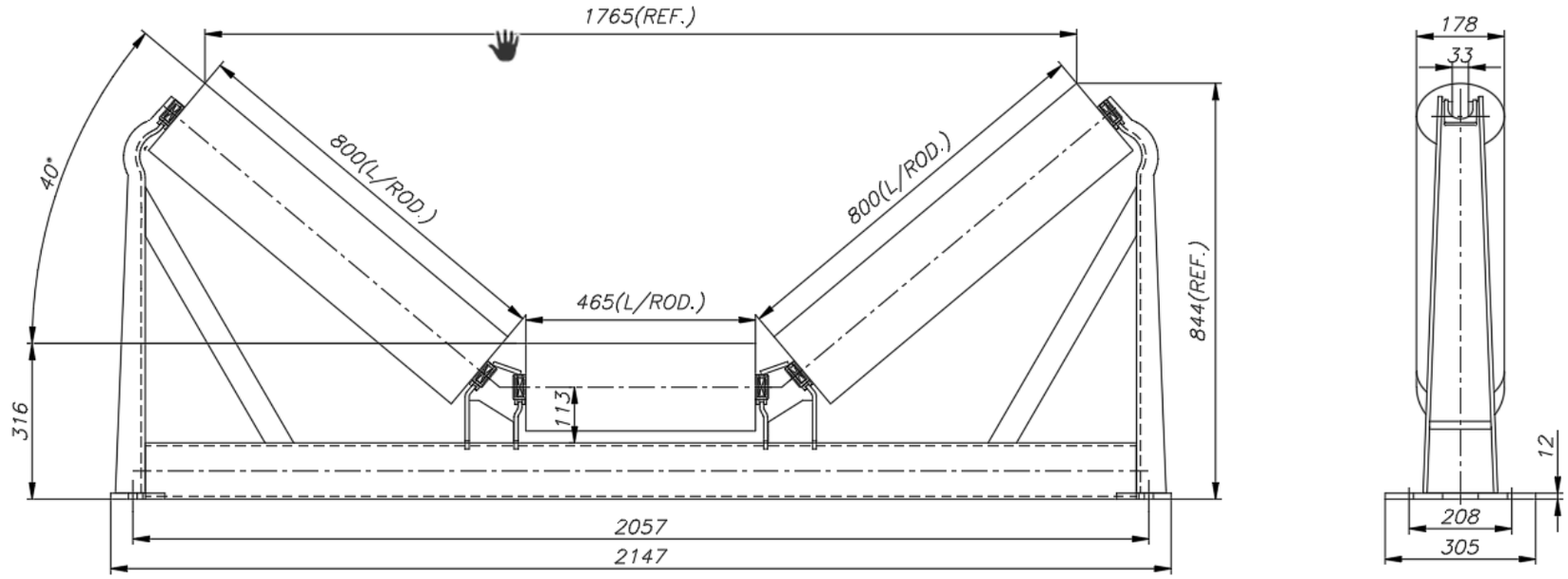
Un cambio de diseño en los componentes de un equipo o en una correa transportadora, puede incurrir en una apuesta que puede lograr un gran salto tecnológico, nosotros como profesionales siempre tenemos que estar buscando mejorar, nuevos diseños para tener una planta con las menores detenciones posibles. También siempre se tiene que estar innovando, buscando mejoras. En este caso un cambio en la ingeniería de la correa puede llevar a un gran avance que conlleva a grandes soluciones que se pueden implementar en diferentes industrias tecnológicas.

BIBLIOGRAFIA

- BHP Minera Spence información interna, Edificio mantención [Consulta enero 2019]
- Organización y gestión integral de mantenimiento. Santiago garcia. [Consulta marzo 2020]
- Revesol. Información interna y confidencial. [Consulta marzo 2020]
- http://rivet.cl/polines/ [Consulta: diciembre 2019]
- rotranssa.com/cintas-transportadoras [Consulta: diciembre 2019]

ANEXOS

ANEXO A: PLANOS POLIN DE CARGA PARA CV-110



PESO POLIN.:	260 kg

ITEM	CANT.	Kg.	CODIGO SAP	DESCRIPCION SAP
3	1		31014209	EST CARGA C/INS PLAST MOD72-E7400-S-C114
2	2		31015813	ROD 178-800-MET-EP-852-A810-POSTIZ-L/MET
1	1		31015816	ROD 178-465-MET-EP-517-A475-POSTIZ-L/MET

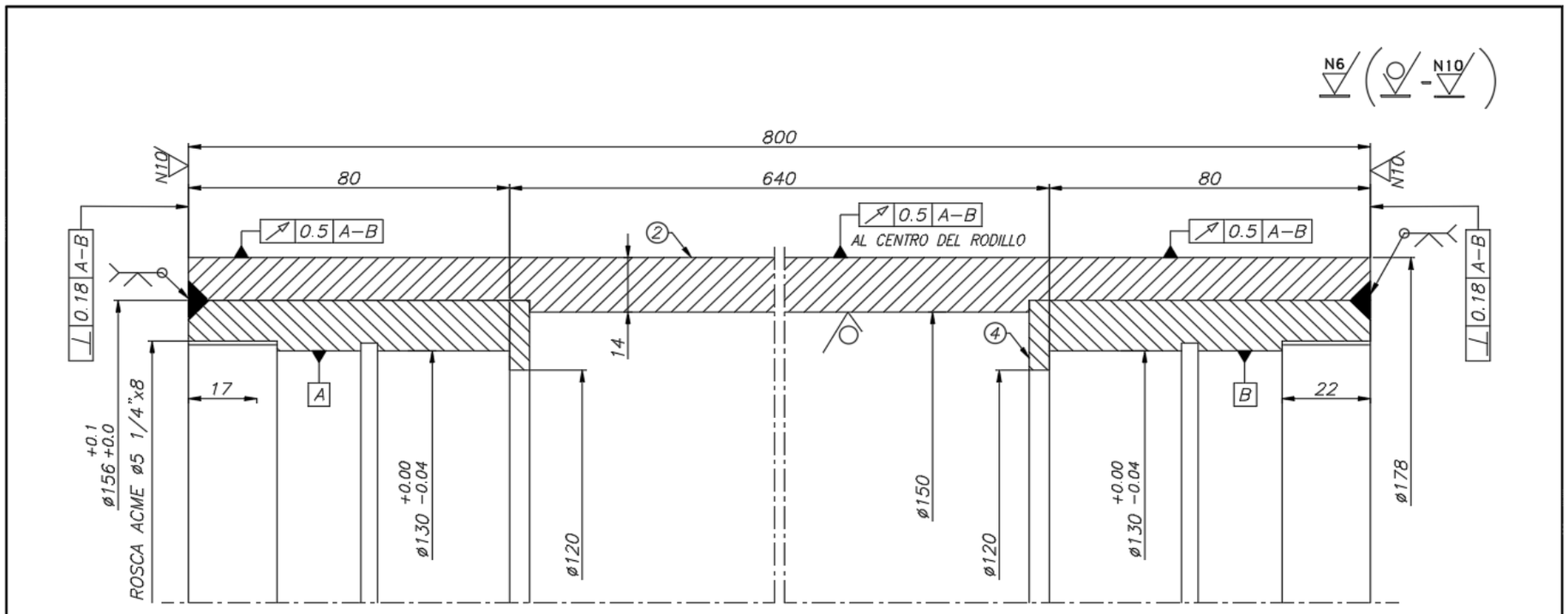
FECHA	08.11.2018	FIRMAS
DIBUJO	R.C.C.	
REVISO	G.P.V.	
APROBO	M.P.P.	

REVESOL

ESCALA: S/E	DESCRIPCION: POLIN COLECTOR DE CARGA	CLIENTE: SPENCE
O.F.:	POLIN CARGA C/INS PLAST 72-E7400-S-E/POS MODELO REVESOL	N°PLANO: 31015822 — REV 0

NOTAS:

1.- DIMENSIONES EN MILIMETROS.
2.- LAS COTAS PREVALECEN EN EL PLANO.
3.- COTAS SIN INDICACION DE TOLERANCIA SEGUN: DIN 7168 GRADO MEDIO PARA LONGITUDES.
4.- SOLDADURA, FILETE MINIMO 5 MM.
5.- PROTECCION SUPERFICIAL SEGUN ESPECIFICACIONES.



ITEM	CANT.	CODIGO SAP	DESCRIPCION SAP
4	2	32018310	TAPA MAZA ø156xAJUSTø130x85LG–ROS/ACME
2	1	33068115	BA AC PERF 180 X 150 MM

FECHA	07.10.2018	FIRMAS
DIBUJO	R.C.C.	
REVISO	G.P.V.	
APROBO	M.P.P.	

REVESOL

ESCALA: S/E

O.F.:

DESCRIPCION: PLANO DE MECANIZADO ø7"x800mm CEMA G MODELO REVESOL

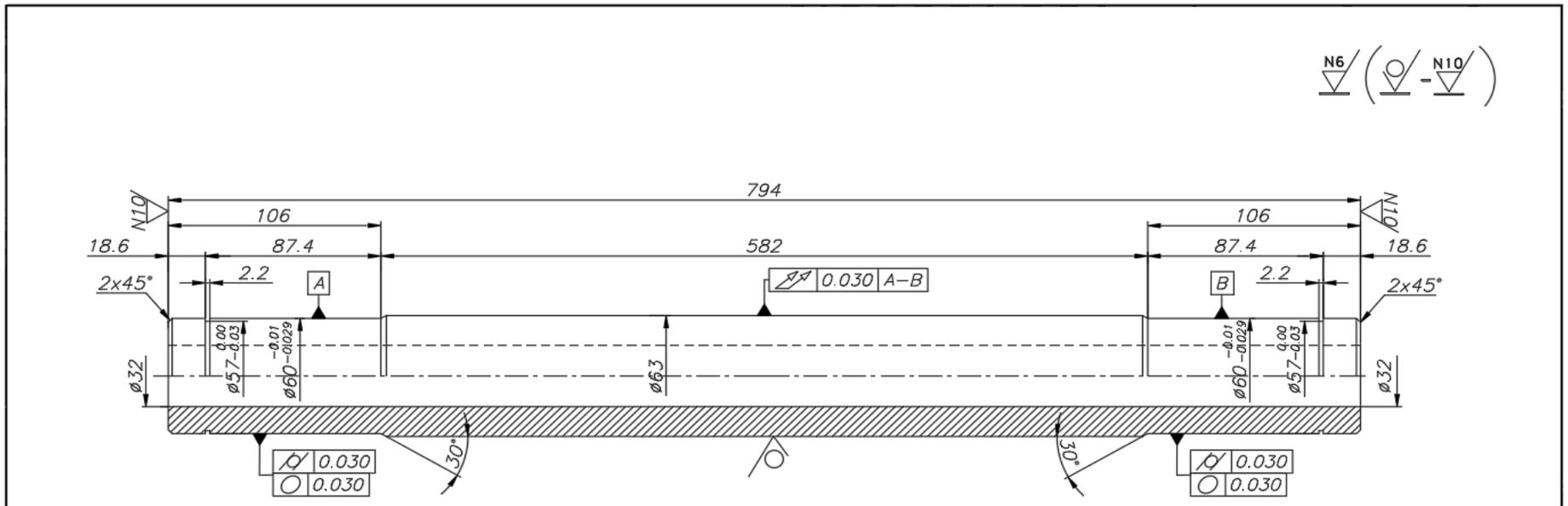
CLIENTE: REVESOL

N°PLANO: 32015813–201

REV 1

NOTAS:

1.– DIMENSIONES EN MILIMETROS.
2.– LAS COTAS PREVALECEN EN EL PLANO.
3.– COTAS SIN INDICACION DE TOLERANCIA SEGUN:
DIN 7168 GRADO MEDIO PARA LONGITUDES.
DIN 7168 GRADO FINO/MED. PARA RADIOS.
DIN 7168 GRADO FINO/MED. MEDIDAS ANGULARES.



1	1	33045115	BA AC PERF 63 X 32 MM
ITEM	CANT.	CODIGO SAP	DESCRIPCION SAP

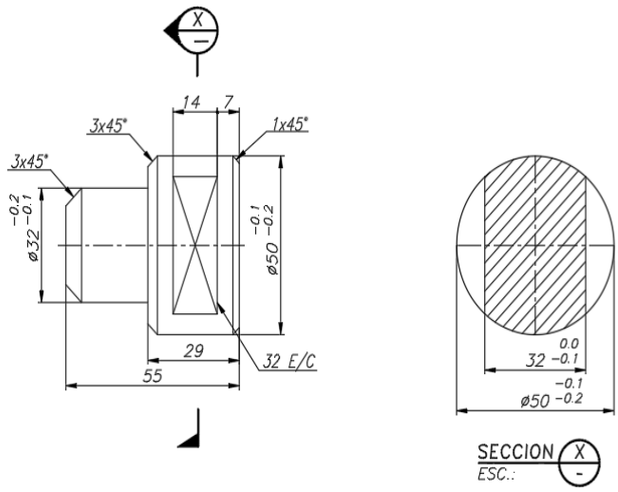
FECHA	07.11.2018	FIRMAS
DIBUJO	R.C.C.	
REVISO	G.P.V.	
APROBO	M.P.P.	

REVESOL

ESCALA: S/E	DESCRIPCION: PLANO DE MECANIZADO	CLIENTE: REVESOL
O.F.:	EJE ROD 794–ø63–ø60–110–øINTERIOR 32 MODELO REVESOL	N°PLANO: 32018303 — REV 0

NOTAS:

1.– DIMENSIONES EN MILIMETROS.
2.– LAS COTAS PREVALECEN EN EL PLANO.
3.– COTAS SIN INDICACION DE TOLERANCIA SEGUN:
DIN 7168 GRADO MEDIO PARA LONGITUDES.
DIN 7168 GRADO FINO/MED. PARA RADIOS.
DIN 7168 GRADO FINO/MED. MEDIDAS ANGULARES.



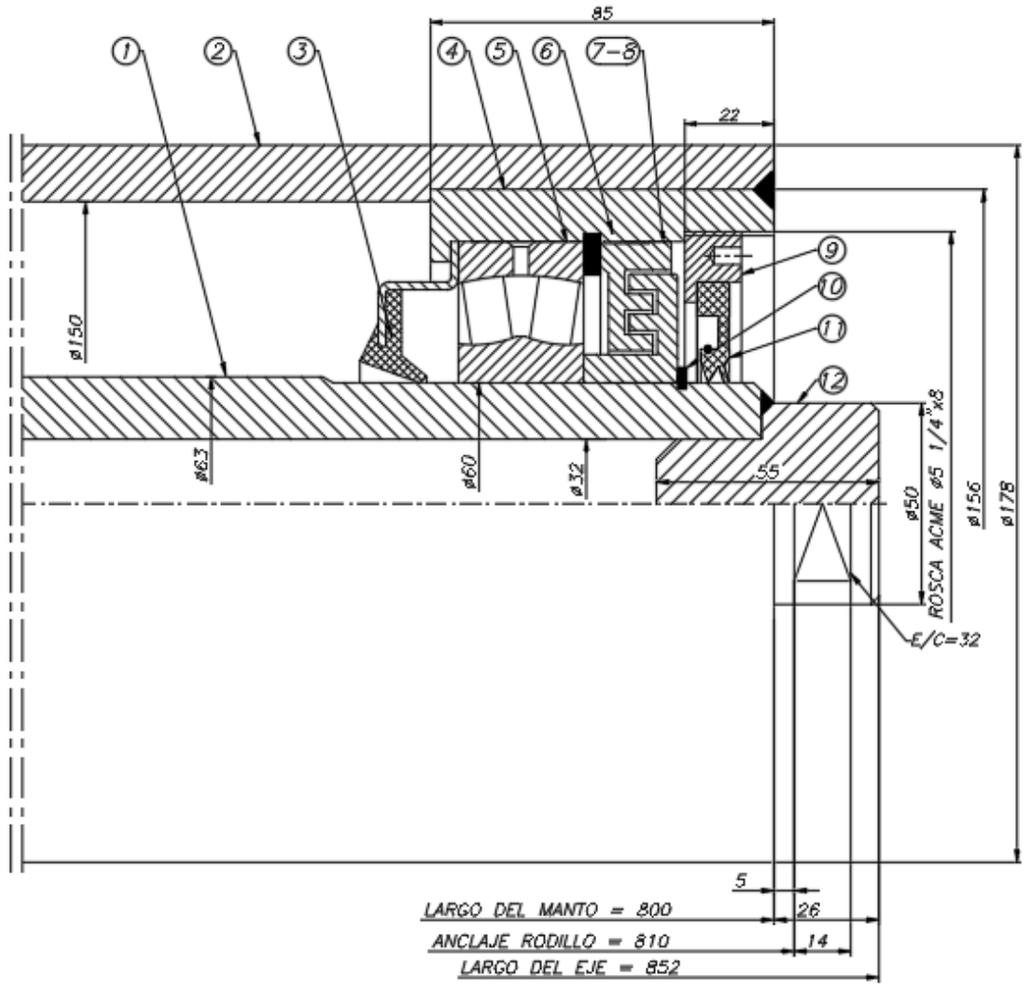
NOTAS:

1.– DIMENSIONES EN MILIMETROS.
2.– LAS COTAS PREVALECEN EN EL PLANO.
3.– COTAS SIN INDICACION DE TOLERANCIA SEGUN:
DIN 7168 GRADO MEDIO PARA LONGITUDES.
DIN 7168 GRADO FINO/MED. PARA RADIOS.
DIN 7168 GRADO FINO/MED. MEDIDAS ANGULARES.

12	1	33045150	BA AC LAM SAE 1045 50 MM
ITEM	CANT.	CODIGO SAP	DESCRIPCION SAP
FECHA	07.11.2018	FIRMAS	
DIBUJO	R.C.C.		
REVISO	G.P.V.		
APROBO	M.P.P.		

REVESOL

ESCALA: S/E	DESCRIPCION: PLANO DE MECANIZADO	CLIENTE: REVESOL
O.F.:	POSTIZO EJE ø50-55-FC-32E/C-14LG MODELO REVESOL	N°PLANO: 32018302 REV 0



PESO TOTAL CONJUNTO RODILLO	73kg

ITEM	CANT.	Kg.	CODIGO SAP	DESCRIPCION SAP
12	2		32018302	POSTIZO EJE ø50-55-FC-32E/C-14LG
11	2		33071709	RETEN 60X110X8 HMSA10 RG SKF
10	2		33045725	ANILLO DE SEGURIDAD ESTANDAR 1400-0600
9	2		32018311	TAPA ROS/ACME 5 1/42x8 ø100x14LG
8	2		32001391	LABERINTO EXTERIOR J-1 MECANIZADO N° 41
7	2		32001389	LABERINTO INTERIOR J1 MECANIZADO N°32
6	2		33045757	ANILLO DE SEGURIDAD ESTANDAR 1300-1300
5	2		33067459	RODAMIENTO RODILLO A ROTULA 21312 E SIM
4	2		32018310	TAPA MAZA ø156xAJUST ø130x85LG-ROS/ACME
3	2		32001668	RETEN RRC 110-60
2	1		33068115	BA AC PERF 180 X 150 MM
1	1		32018303	EJE ROD 794-ø63-ø60-110-øINTERIOR 32

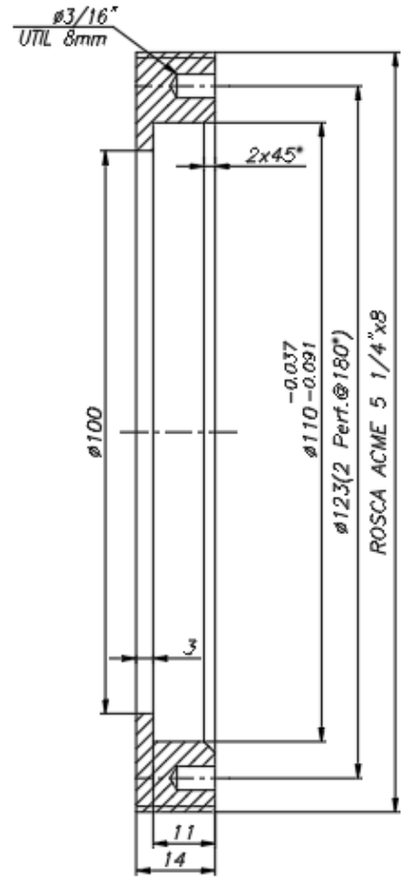
NOTAS:

1.- DIMENSIONES EN mm (S.I.C.).
2.- PROTECCIÓN SUPERFICIAL EN ZONAS METÁLICAS; ESTÁNDAR REVESOL, COLOR RAL 2004.
3.- COTAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIAS SEGÚN:
DIN 7168 GRADO MEDIANO P/LONGITUDES.
DIN 7168 GRADO FINO/MED. P/RADIOS.
DIN 7168 GRADO FINO/MED. P/DIMS. ANGULARES.

FECHA	07.11.2018	FIRMAS
DIBUJO	R.C.C.	
REVISO	G.P.V.	
APROBO	M.P.P.	

REVESOL

ESCALA: S/E	DESCRIPCION: RODILLO REFORZADO SERIE "F"	CLIENTE: PELAMBRES
O.F.:	ROD 178-800-MET-EP-852-A810-POSTIZ-L/MET	N°PLANO: 31015813-200 REV 0



NOTAS:

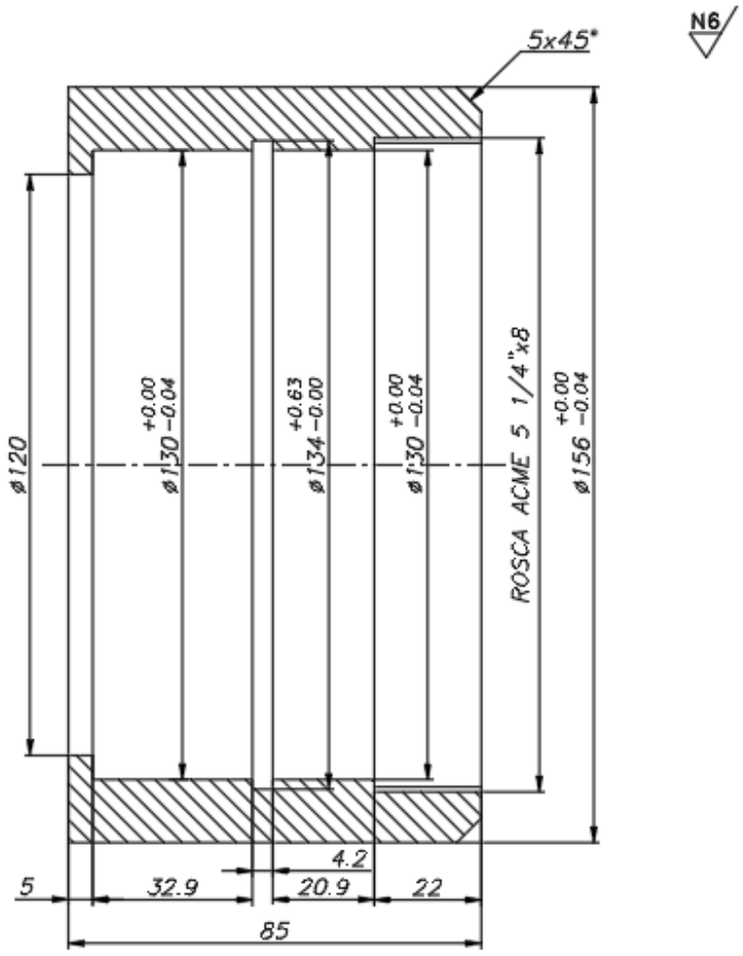
1.- DIMENSIONES EN MILIMETROS.
2.- LAS COTAS PREVALECEN EN EL PLANO.
3.- COTAS SIN INDICACION DE TOLERANCIA SEGUN:
DIN 7168 GRADO MEDIO PARA LONGITUDES.
DIN 7168 GRADO FINO/MED. PARA RADIOS.
DIN 7168 GRADO FINO/MED. MEDIDAS ANGULARES.

ITEM	CANT.	CODIGO SAP	DESCRIPCION SAP
9	2	33047331	PL AC LI NEG SAE 1020/ASTM A-36 14 MM

FECHA	07.11.2018	FIRMAS
DIBUJO	R.C.C.	
REVISO	G.P.V.	
APROBO	M.P.P.	

REVESOL

ESCALA: S/E	DESCRIPCION: PLANO DE FABRICACION	CLIENTE: REVESOL
O.F.:	TAPA ROS/ACME 5 1/4x8 ø100x14LG MODELO REVESOL	N°PLANO: 32018311 — REV 0



NOTAS:

1.– DIMENSIONES EN MILIMETROS.

2.– LAS COTAS PREVALECEN EN EL PLANO.

3.– COTAS SIN INDICACION DE TOLERANCIA SEGUN:
DIN 7168 GRADO MEDIO PARA LONGITUDES.
DIN 7168 GRADO FINO/MED. PARA RADIOS.
DIN 7168 GRADO FINO/MED. MEDIDAS ANGULARES.

ITEM	CANT.	CODIGO SAP	DESCRIPCION SAP
4	1	33045445	BA AC PERF 160 X 112 MM

FECHA	07.11.2018	FIRMAS
DIBUJO	R.C.C.	
REVISO	G.P.V.	
APROBO	M.P.P.	

REVESOL

ESCALA: S/E	DESCRIPCION: PLANO DE FABRICACION	CLIENTE: REVESOL
O.F.:	TAPA MAZA ø156xAJUSTø130x85LG-ROS/ACME MODELO REVESOL	Nº PLANO: 32018310 — REV 0