



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
INGENIERIA INDUSTRIAL**

TESIS

**MONTAJE DE UNA FAJA OVERLAND DE SISTEMA TIPO
RADIAL PARA EL TRANSPORTE DE MATERIAL PÓRFIDO
CUPRÍFERO DESDE EL STOCK PILE ANTAPACCAY HACIA
EL STOCK PILE TINTAYA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

Autor:

**Bach. Martínez Dorado, José Humberto
(ORCID: 0000-0002-8149-4983)**

Asesor:

**Mg. Reyes Vásquez, Wilson Dennis
(ORCID: 0000-0001-7275-8046)**

Línea de Investigación:

Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente

**Pimentel – Perú
2020**

TESIS

MONTAJE DE UNA FAJA OVERLAND DE SISTEMA TIPO RADIAL PARA EL TRANSPORTE DE MATERIAL PÓRFIDO CUPRÍFERO DESDE EL STOCK PILE ANTAPACCA Y HACIA EL STOCK PILE TINTAYA

Aprobación del Jurado

Mg. Reyes Vásquez Wilson Dennis

Asesor

Dr. Vásquez Coronado Manuel Humberto

Presidente del Jurado de Tesis

Mg. Armas Zavaleta José Manuel

Secretario del Jurado de Tesis

Mg. Larrea Colchado Luis Roberto

Vocal del Jurado de Tesis

DEDICATORIA

Dedico la presente tesis a mis padres y hermano quienes son mi fuente de motivación y superación, siendo mi fortaleza e impulso para lograr cumplir todas mis metas. Gracias por ser parte de mi vida.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Señor de Sipán, por los conocimientos brindados en mi trayectoria universitaria, abriéndome las puertas a nuevas oportunidades laborales.

MONTAJE DE UNA FAJA OVERLAND DE SISTEMA TIPO RADIAL PARA EL TRANSPORTE DE MATERIAL PÓRFIDO CUPRÍFERO DESDE EL STOCK PILE ANTAPACCA Y HACIA EL STOCK PILE TINTAYA

ASSEMBLY OF AN OVERLAND BELT WITH A RADIAL TYPE SYSTEM FOR THE TRANSPORTATION OF PORPHIUS LEATHER MATERIAL FROM THE STOCK PILE ANTAPACCA Y TO THE STOCK PILE TINTAYA

Martínez Dorado, José Humberto ¹

Resumen

El presente trabajo de investigación: “Sistema de faja transportadora radial para el transporte de material pórfido cuprífero desde stock pile Antapaccay hacia el stock pile Tintaya”, administrada por el GRUPO GLENCORE, hace énfasis en la importancia de acarrear el material explotado desde el stock de la pila de gruesos Antapaccay hacia planta concentradora Tintaya con la finalidad de que esta planta no se quede desabastecida. Este sistema de banda transportadora hace uso de un procedimiento singular para nuestro país, pues se trata de un método radial que posee una inclinación de hasta 12°, el que a su vez posee modalidades auxiliares incrementando el rendimiento, eficiencia y preservación de la correa.

Razón por la que el Grupo Glencore opta por una nueva tecnología pretendiendo reducir tiempos y costos de transporte, contratando a una empresa con experiencia para el montaje de este sistema de faja transportadora (HAUG S.A).

El presente estudio se centra únicamente en la construcción y/o montaje de una banda transportadora overland, buscando dar a conocer los procesos de montaje de un sistema de faja transportadora atípica, analizando sus elementos auxiliares y diseño de inclinación adecuándose a la accidentada geografía del lugar y la rentabilidad de su construcción.

Palabras clave:

Faja Transportadora, Pórfido cuprífero, Stock pile, Sistema atípico, Sistema radial, Gradiente, Preservación, Rendimiento, OPEX, CAPEX, INDUSTRIA 4.0

¹ Adscrito a la Escuela Académica de Ingeniería Industrial, Pregrado, Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú, email: mdoradojosehumb@crece.uss.edu.pe, Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8149-4983>

Abstract:

This research work: “Radial conveyor belt system for the transport of porphyry copper material from the Antapaccay stock pile to the Tintaya stock pile”, administered by the GLENCORE GROUP, emphasizes the importance of transporting the material exploited from the stock of the pile of thick Antapaccay to the Tintaya concentrator plant so that this plant does not run out of stock. This conveyor belt system makes use of a singular procedure for our country, since it is a radial method that has an inclination of up to 12 ° which in turn has auxiliary modalities increasing the performance, efficiency and preservation of the belt.

Reason why the Glencore Group opts for a new technology seeking to reduce transport times and costs.

The present study seeks to publicize the benefits of having an atypical conveyor belt system, analyzing its auxiliary elements and inclination design, adapting to the rugged geography of the place.

Key words:

Conveyor Belt, Copper porphyry, Stock pile, Atypical system, Radial system, Gradient, Preservation, yield, OPEX, CAPEX, INDUSTRY 4.0

ÍNDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
<i>Resumen</i>	v
<i>Palabras clave:</i>	v
<i>Abstract:</i>	vi
<i>Key words:</i>	vi
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
I. INTRODUCCIÓN	13
1.1 Realidad problemática	13
1.2 Antecedentes de estudio	13
1.3 Teorías relacionadas al tema.....	16
1.3.1 Definición de Faja Transportadora.....	16
1.4 Formulación del problema	23
1.5 Justificación e importancia del estudio	23
1.6 Hipótesis.....	24
1.7 Objetivos	24
II. MATERIAL Y MÉTODO	26
2.1 Tipo y diseño de investigación	26
2.2 Variables, operacionalización.....	26
III. RESULTADOS	30
1. MÉTODO CONVENCIONAL DE ACARREO DE MATERIAL PORFIDO CUPRIFERO DE STOCK PILE ANTAPACAY HACIA CHANCADORA SECUNDARIA TINTAYA.....	30
1.1 Tiempos de trayecto:	33
1.2 Maniobra de camión - estacionamiento para la carga:	35
1.3 Maniobra de camión – estacionamiento para descarga:	35
1.4 Observación en la descarga de materia prima:.....	36
1.5 Observación de alimentación de cargador frontal a tolva de camión:	36
1.6 Observación del tiempo del ciclo de carga y transporte de la materia prima:.....	37
1.7 Costos:	38
2. ANÁLISIS DEL MÉTODO DE ACARREO POR FAJA TRANSPORTADORA PARA MATERIAL PORFIDO CUPRIFERO DE STOCK PILE ANTAPACAY HACIA STOCK PILE TINTAYA.	39
2.1 Faja Overland:.....	39
2.1 Descripción del proceso:.....	39
2.2 Tiempo de acarreo de material:	40
2.3 Costos:	41

3. MONTAJE DE UNA FAJA OVERLAND DE SISTEMA TIPO RADIAL PARA EL TRANSPORTE DE MATERIAL PÓRFIDO CUPRÍFERO DESDE EL STOCK PILE ANTAPACCAY HACIA EL STOCK PILE TINTAYA.....	42
3.1 Instalación estructural de una faja radial	42
3.2 Instalación de equipamiento en una faja radial	56
3.3 Problemas y soluciones en los sistemas de fajas transportadoras radiales.....	68
4. COSTOS DEL MONTAJE DE LA FAJA OVERLAND:	72
4.1 Costos de construcción (Montaje):.....	72
4.2 Recuperación de la inversión como montaje:	76
IV. CONCLUSIONES	78
V. REFERENCIAS	81
VI. ANEXOS	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables de Operacionalización	26
Tabla 2. Síntesis de las variables	27
Tabla 3. Distancias de trayecto de Stock Pile Antapaccay hacia Stock Pile Tintaya	32
Tabla 4. Tiempos de trayecto camión cargado	33
Tabla 5. Tiempos de trayecto camión cargado	34
Tabla 6. Elementos considerables en una faja transportadora	39
Tabla 7. Cuadro comparativo de acarreo de material día	41
Tabla 8. Avance físico del proyecto.....	73
Tabla 9. Indicadores del proyecto	73
Tabla 10. Informe de desempeño por tipo de recurso	75
Tabla 11. Informe de desempeño por partida de control.....	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Layout General del Proyecto de Faja Overland Tintaya.....	14
Figura 2. Desarrollo CAPEX.....	15
Figura 3. Desarrollo OPEX.....	15
Figura 4. Transportador de 54” con inclinación transportando terrones grandes de mineral abrasivo.....	17
Figura 5. Transportador de alta capacidad de transporte de carbón.....	18
Figura 6. Transportador regenerativo bajando carbón desde una mina hasta la planta de preparación.....	18
Figura 7. Cubierta de metal corrugado como protección contra las adversidades ambientales.....	19
Figura 8. Cinta a través de puente colgante.....	19
Figura 9. Tolva sobre rieles con alimentador cargando mineral a lo largo de la longitud completa de un transportador.....	20
Figura 10. Panel de control de las operaciones.....	21
Figura 11. Transportador en galería completamente cerrada para evitar problemas carreteras y vías de tren.....	21
Figura 12. Características del cargador 992K.....	30
Figura 13. Características del camión de 785C.....	31
Figura 14. Carguío de materia prima Stock Pile Antapaccay.....	32
Figura 15. Tránsito de camiones de Antapaccay hacia Tintaya. (Oficina técnica Antapaccay).....	33
Figura 16. Alimentación Apron Feeder, TBZ-MEC-300-LD-0004 (Thyssenkrupp – Proyecto Antapaccay).....	40
Figura 17. Datos tomados en campo – Sistema Topográfico: Variación de radios de diseño. Vista desde planta radios 1500m y 1850m.....	43
Figura 18. TUS-LAY-130-LD-0001 (Thyssenkrupp – Proyecto Antapaccay).....	44
Figura 19. Ángulo de la poligonal del proyecto.....	45
Figura 20. Durmientes desplazados por reajuste en zona tangencial.....	46
Figura 21. Procedimiento de alineación en la Instalación de durmiente. Thyssenkrupp Industrial Solutions (USA) – Página 4 de 4.....	47
Figura 22. Extraído del plano mecánico TUS-CVS-222-EB-0007 (Thyssenkrupp - Proyecto Antapaccay).....	48
Figura 23. Tolerancias para polines – Recomendada por Thyssenkrupp (USA).....	49
Figura 24. Controles topográficos.....	50
Figura 25. Polines de 12° de inclinación.....	50
Figura 26. Montaje Puente N° 01.....	51
Figura 27. Montaje Puente N°02.....	51
Figura 28. Montaje Puente N° 03.....	52
Figura 29. Montaje del Stacker (Apilador).....	52
Figura 30. Montaje del Stacker (Apilador).....	53
Figura 31. Torque de pernos.....	53
Figura 32. Table Specification for Structural Joints Using High-Strength Bolts.....	54
Figura 33. Verificación Topográfica Bents.....	55
Figura 34. Polea de accionamiento cola (Motor – Polea –Freno).....	57
Figura 35. Poleas snub (Extraídos de Navis Work - Proyecto Antapaccay).....	57
Figura 36. Poleas snub (Extraídos de Navis Work - Proyecto Antapaccay).....	58
Figura 37. Poleas HT (Extraído de Navis Work – Proyecto Antapaccay).....	58

Figura 38. Poleas de accionamiento (Extraído de Navis Work – Proyecto Antapaccay).....	59
Figura 39. Poleas de descarga - cabeza (Extraído de Navis Work – Proyecto Antapaccay)	59
Figura 40. Volteadores de faja – Lado Cola (Extraído de Navis Work – Proyecto Antapaccay).....	60
Figura 41. Volteadores de faja – Lado Cola (Controles topográficos).....	60
Figura 42. Volteadores de faja – Lado Cabeza (Extraído de Tekla 19 – Proyecto Antapaccay).....	61
Figura 43. Volteadores de faja – Lado Cabeza (Pruebas en vacío).....	61
Figura 44. TUS-LAY-130-FB-0001 (Thyssenkrupp) – Proyecto Antapaccay.....	63
Figura 45. Motor de Accionamiento – Lado Cola (Pruebas en vacío).....	64
Figura 46. Motores de Accionamiento – Lado Cabeza	64
Figura 47. Polea motriz - GAP	65
Figura 48. Instalación de polea motriz con Motorreductor	65
Figura 49. Freno – Lado Cola.....	66
Figura 50. Winche – Carro Tensor	67
Figura 51. Winche – Zona de recuperación de banda (Extraído de Navis Work – Proyecto Antapaccay)	67
Figura 52. Lado cabeza – Ubicación de limpiadores (Extraído de Navis Work – Proyecto Antapaccay)	68
Figura 53. Lado cola – Limpiadores tipo V Plow (Extraído de Navis Work – Proyecto Antapaccay). 68	
Figura 54. Lado cola – Polea cola y freno (Extraído de Navis Work – Proyecto Antapaccay).....	69
Figura 55. Lado cola – Polea cola y freno (Extraído de Navis Work – Proyecto Antapaccay).....	70
Figura 56. Zona de accionamiento – Poleas de accionamiento (Extraído de Navis Work – Proyecto Antapaccay).....	70
Figura 57. Ejemplo de relación de banda con polines de carga (Extraído de Navis Work – Proyecto Antapaccay).....	71

CAPÍTULO I

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

La raíz del problema por el cual se opta por un sistema de faja transportadora, es debida a los tiempos y costos que se toma transportar el mineral desde el stock de pila de gruesos Antapaccay hacia planta concentradora Tintaya.

Este acarreo de material se realiza a través de siete camiones de 150 TM los cuales son alimentados por un cargador frontal de 24 TM de capacidad de cuchara, teniendo tiempos muertos de aproximadamente 20 min en el retorno de los camiones sin carga al Stock Pile de Antapaccay, sin considerar el factor climático y la accidentada ruta, siendo una restricción considerable para las pretensiones de la empresa de elevar la capacidad de acarreo de la materia prima, motivo que se opta por un sistema de faja transportadora que eleve la capacidad de transporte del material pórfido cuprífero, a lo que se debe de considerar cuidadosamente que tipo de sistema de banda debe emplearse de acuerdo a la zona geográfica, por lo que CMA opta por una empresa contratista y de experiencia para la ejecución de la actividad HAUG S.A.

1.2 Antecedentes de estudio

La operación de Compañía Minera Antapaccay (CMA) se encuentra localizada en la Provincia de Espinar, Departamento de Cusco, en el sureste del Perú, a una altitud de entre 4000-4200 msnm.

La Mina Antapaccay es una operación de tajo abierto que produce mineral de cobre para abastecer a las plantas de Sulfuros de Antapaccay y Tintaya, las que actualmente procesan 85 ktpd y 19.4 ktpd (kilo toneladas por día) respectivamente.

El mineral extraído de la mina Antapaccay es chancado y enviado hacia el stock de gruesos de planta Antapaccay a través de la faja “overland” existente. Desde este punto, una parte del material chancado es enviado a la Planta Concentradora Antapaccay a través de 04 Alimentadores localizados debajo de la pila de almacenamiento y la otra parte es cargada y transportada hacia la Chancadora Primaria de la planta Tintaya usando una flota minera compuesta por 01 Cargador Frontal y 07 Camiones Mineros. La longitud de la carretera Antapaccay-Tintaya es de 8.0 kilómetros y requiere de un mantenimiento permanente de equipos auxiliares como motoniveladoras y camiones cisterna.

Con el fin de reducir los costos de transporte de mineral hacia Tintaya, Antapaccay llevó a cabo, en la segunda mitad de 2015 un estudio de factibilidad para evaluar el transporte de mineral hacia la planta de Tintaya a través de una faja transportadora en reemplazo del acarreo con camiones mineros. Los resultados del estudio permitieron a Antapaccay confirmar la viabilidad técnica y beneficios económicos en términos de OPEX.

Posteriormente con la autorización de inversión del proyecto se adjudicó a principios del año 2017 los servicios de ingeniería, suministro y supervisión de la faja “overland de Tintaya”. En adición a esto, se contrataron los servicios de movimiento de tierras para la construcción de la plataforma de la faja “overland” y fabricación e instalación de durmientes de concreto y se inició la licitación de los trabajos civiles.

Continuando con el proyecto y materia de estos términos de referencia, Antapaccay requiere realizar el montaje de estructuras, montaje e instalación de obras electromecánicas, pre-comisionado, comisionado y puesta en operación de la nueva faja “Overland” Tintaya.

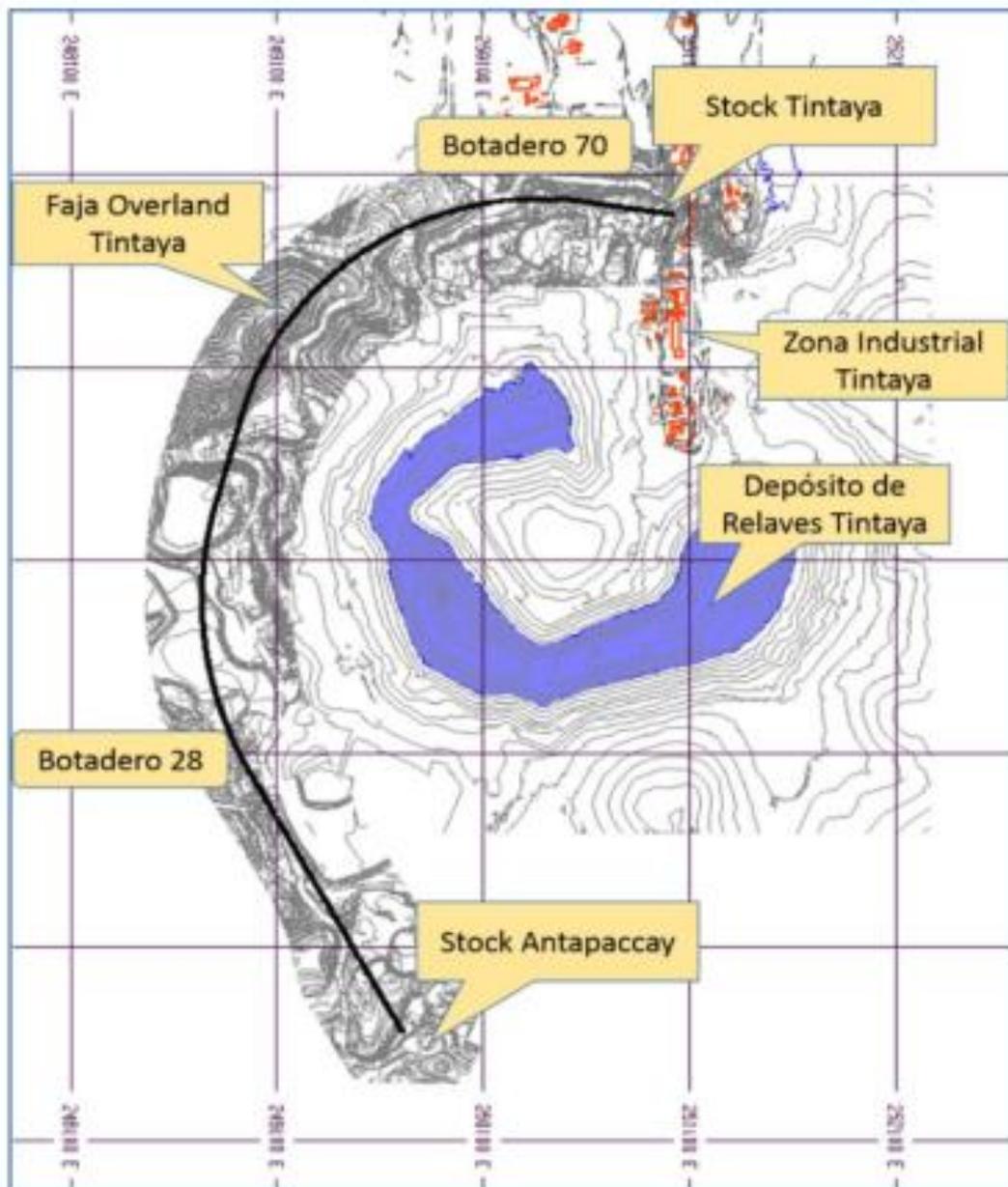


Figura 1. Layout General del Proyecto de Faja Overland Tintaya.

El cual será ejecutado por una empresa contratista con experiencia.

La minera CMA opta por implementar la filosofía de la INDUSTRIA 4.0, buscando el desarrollo OPEX con la implementación previa del estudio CAPEX, lo cual a grandes rasgos podemos resumir:

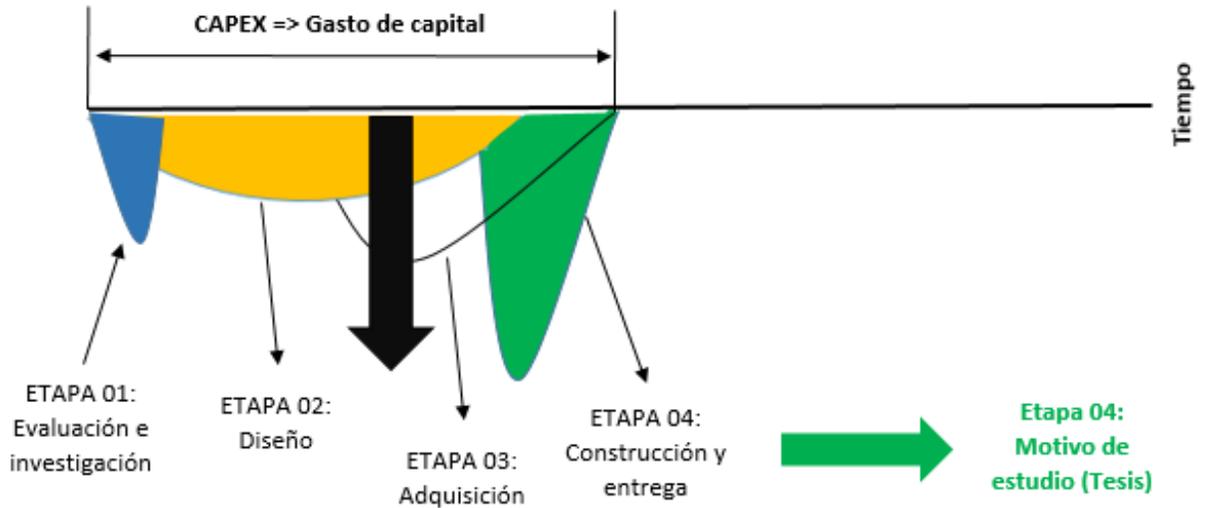


Figura 2. Desarrollo CAPEX.

En el cual se encuentra la etapa de construcción punto de desarrollo de la presente Tesis.

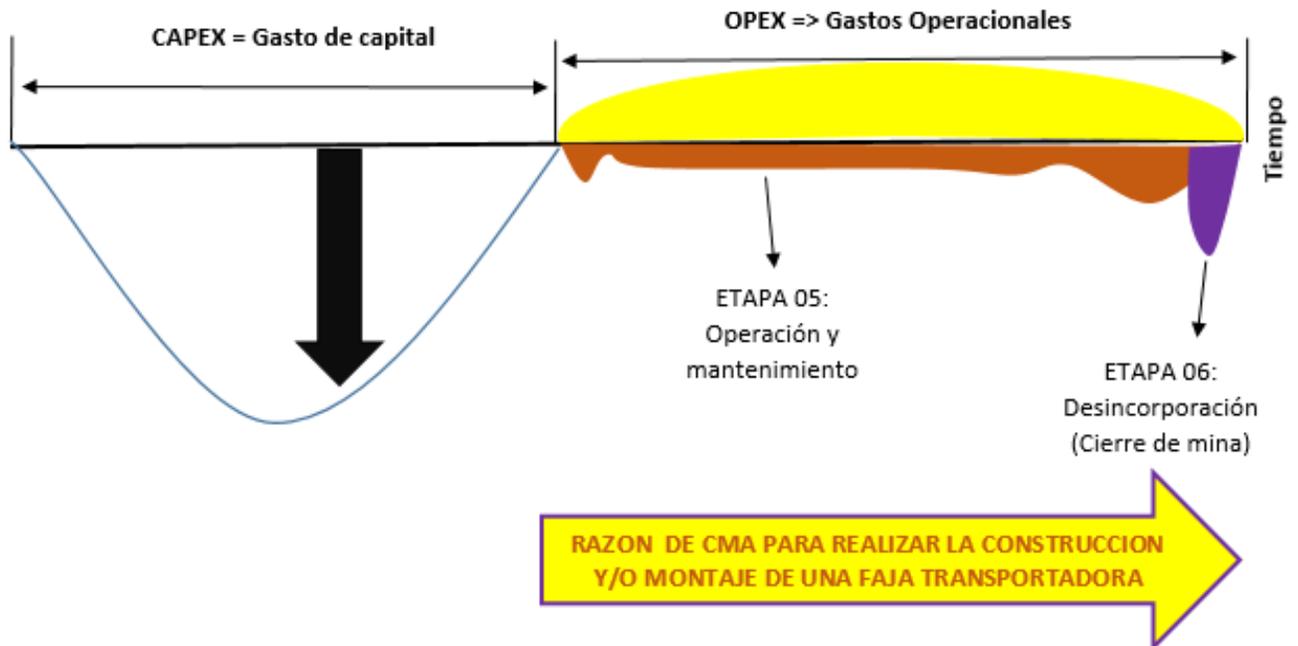


Figura 3. Desarrollo OPEX.

Etapa post construcción, motivo principal por el cual CMA opta por la construcción de una faja transportadora.

Ante la necesidad de elevar la capacidad de acarreo de la materia prima, se da el consentimiento para la construcción de una faja transportadora, en la cual la empresa HAUG S.A es la responsable de ejecutar. Centrándonos únicamente en la ejecución constructiva de la faja overland.

1.3 Teorías relacionadas al tema

1.3.1 Definición de Faja Transportadora.

Es un sistema de acarreo constante formado por una banda continua que se mueve entre dos poleas.

Por lo general, la banda es arrastrada por el rozamiento de sus poleas, que a la vez este es accionado por su motor, teniendo por consecuente las llamadas poleas motrices. Este rozamiento tiene como resultado la adaptabilidad de una tensión a la banda transportadora, usualmente se da mediante un mecanismo tensor por husillo o tornillo tensor. La otra polea suele girar libremente, sin ningún tipo de accionamiento y su función es servir de retorno a la banda.

La banda es soportada por polines entre las dos poleas (cabeza y cola). Denominados polines de soporte.

Debido al movimiento de la banda el material depositado sobre la banda es conducido hacia la polea de accionamiento donde la banda gira y da la vuelta en sentido contrario. En este punto el material depositado sobre la banda es expulsado fuera de la misma debido a la acción de la gravedad y/o de la inercia, haciendo un movimiento parabólico hacia la zona de apilamiento del material. (WIKIPEDIA, 2020)

Adicionalmente podemos mencionar algunos términos que son parte de un sistema de faja transportadora.

Según (CEMA, 2014) (Conveyor Equipment Manufacturers Association) indica lo siguiente:

✓ **Transportabilidad de una variedad de materiales:**

La granulometría del material a ser transportado es limitada solamente por el ancho de la banda. Los materiales pueden estar en el rango desde muy finos, como polvos químicos hasta los más grandes terrones, como mineral de hierro, piedra, carbón o troncos de pulpa de madera (ver figura 04). Materiales cuidadosamente clasificados o divisibles son cargados con la mínima degradación, ya que las cintas de goma son altamente resistentes a la corrosión y a la abrasión, los costos de mantenimiento son comparativamente más bajos cuando se manejan materiales altamente corrosivos o aquellos que son extremadamente abrasivos, tales como la alúmina y el sinterizado.

Los materiales que pueden causar adherencia y compactamiento (en paquetes) y que se transportan por otros medios, a menudo son manejados con buen resultado sobre transportadores de cinta, aún los materiales calientes como coque, sinterizado, y pellas.



Figura 4. Transportador de 54” con inclinación transportando terrones grandes de mineral abrasivo.

- ✓ Amplio rango de capacidades: Transportadores de cinta corrientemente disponibles son capaces de manejar capacidades horarias en exceso de cualquier requerimiento práctico (ver Figura 05). Sin embargo, también son usados económicamente en plantas para transporte de materiales entre unidades de procesos a una ruta algunas veces tan pequeña como un mero goteo. Los transportadores de cinta operan continuamente, sin pérdida de tiempo por cargado o descargado, o retornos de transportes vacíos. Horarios y control de despacho son innecesarios cuando el material se puede cargar y descargar automáticamente con el uso de estos transportadores. Los transportadores de cinta son capaces de manejar tonelajes de material a granel, que saldría más costoso e impráctico si se transportara por otros medios.



Figura 5. Transportador de alta capacidad de transporte de carbón.

✓ Adaptabilidad al camino del recorrido:

Los sistemas de transportadores de cinta proporcionan la vía más corta de la distancia requerida entre los puntos de carga y descarga. Ellos pueden trabajar en terrenos con gradientes hasta de 35% en comparación con la limitante de 6% a 8% que puede aceptar el transporte por camión (ver fig. 06). Estos transportadores por cinta pueden ser provistos de estructuras que previenen el escape de polvo al ambiente y protegen del tiempo atmosférico.



Figura 6. Transportador regenerativo bajando carbón desde una mina hasta la planta de preparación.

- Las estructuras resultan económicas y son adaptables a exigencias especiales, los transportadores de cinta proporcionan un flujo continuo de material evitando demoras, peligros de seguridad en rieles, tráfico de motor, y otros congestionamientos (ver figuras 7 y 8). Los caminos del recorrido pueden ser flexible, y la longitud de la ruta se puede extender repetidamente como se requiera. En algunas operaciones en minas abiertas, transportadores de miles de pie de longitud se desvían lateralmente sobre la bancada. para seguir el progreso o avance de las excavaciones en el frente de la mina.

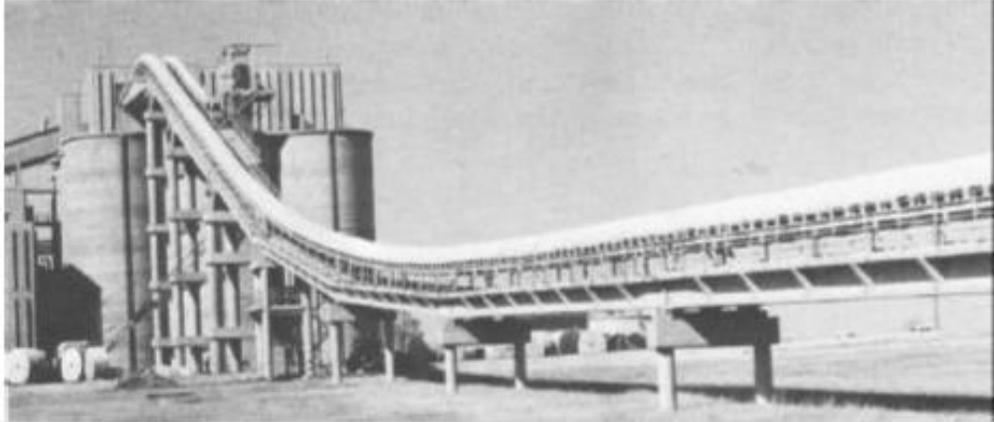


Figura 7. Cubierta de metal corrugado como protección contra las adversidades ambientales.

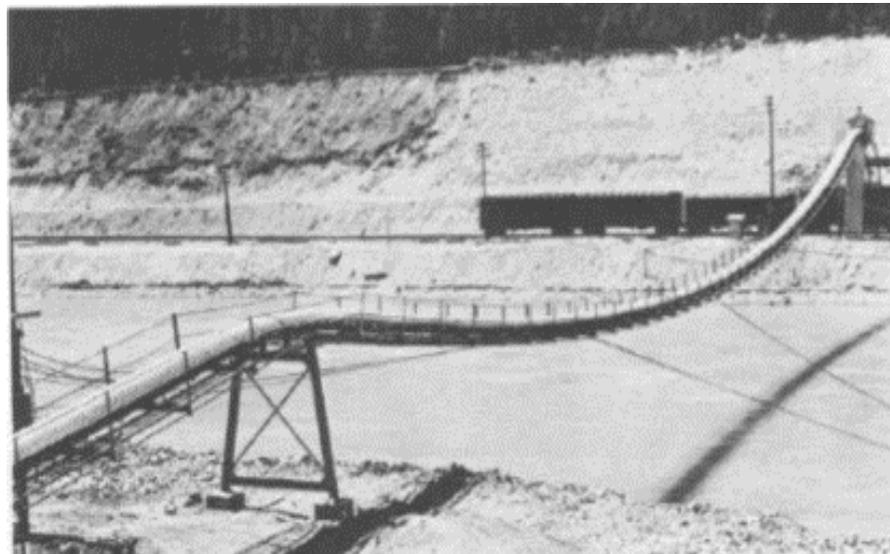


Figura 8. Cinta a través de puente colgante.

- ✓ Capacidades de carga, descarga y apilamiento:
Los transportadores de cinta son muy flexibles en su capacidad para recibir material desde uno o más lugares y entregarlo a puntos ó áreas donde se requiera. Ellos pueden constituirse en la principal arteria de transportación mientras son

cargados en varios puntos o en cualquier parte a lo largo del equipamiento que proveerá una alimentación uniforme a la cinta (Ver Figura 9).

Los transportadores son particularmente provechosos en túneles debajo de pilas de almacenamiento desde donde se reclama el material y se puede mezclar desde varias pilas. El material puede ser simplemente descargado desde el terminal principal de cada conveyor ó en cualquier lugar a lo largo de su longitud por medio de plows ó trippers viajeros. Los transportadores de cinta se han convertido, con sus apiladores y recuperadores, en el medio más práctico de apilamiento a gran escala de materiales a granel en el caso de mineral de hierro, carbón, pella y otros.

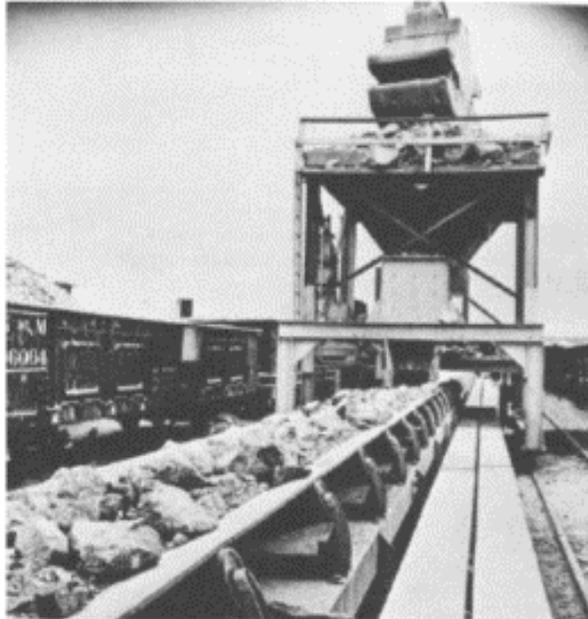


Figura 9. Tolva sobre rieles con alimentador cargando mineral a lo largo de la longitud completa de un transportador.

✓ **Confiabilidad y disponibilidad.** -

La confiabilidad de los transportadores de cinta ha sido probada por décadas prácticamente en toda industria. Ellos operan con suma confianza, sirviendo a unidades de procesos vitales que dependen de operaciones continuas, tales como es el manejo de carbón en plantas de generación de energía eléctrica, materia prima en plantas de acero, de cemento, y desde o hacia barcos en puertos donde el tiempo muerto es muy costoso. Los transportadores de cinta son operados al toque de un botón (Ver Figura 10), en cualquier momento del día o la semana. Ellos pueden, y a menudo, operar continuamente jornada tras jornada. Tanto conveyor como material pueden ser protegidos con cubiertas, de ciertos elementos que posiblemente impedirían el movimiento de camiones y otros tipos de medios de transportación.

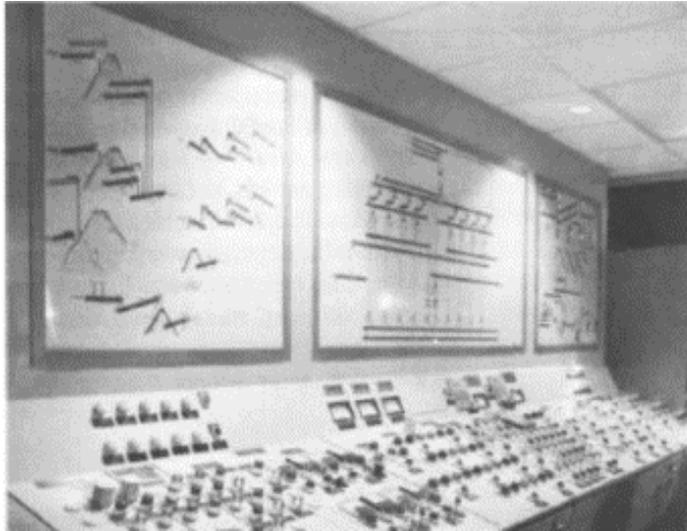


Figura 10. Panel de control de las operaciones.

✓ Ventajas ambientales. -

Los transportadores de cinta desde el punto de vista ambiental, son más aceptables que otros medios de transportación de materiales a granel; no tienen por qué contribuir a la polución, no contaminan el aire de polvo o hidrocarburos, no han de causar sordera ya que operan tranquilamente a menudo encerrados en sus protecciones, y cuando se desee, pueden ser ubicados encima de áreas difíciles, peligrosas, traficadas, o en pequeños túneles fuera de la vista y la audición (Ver Figura 11). Los transportadores pueden diseñarse con tal criterio, que se pueda evitar el mínimo levantamiento de polvo y que, en todo caso, el polvo quede encerrado dentro de los chutes y colectores.

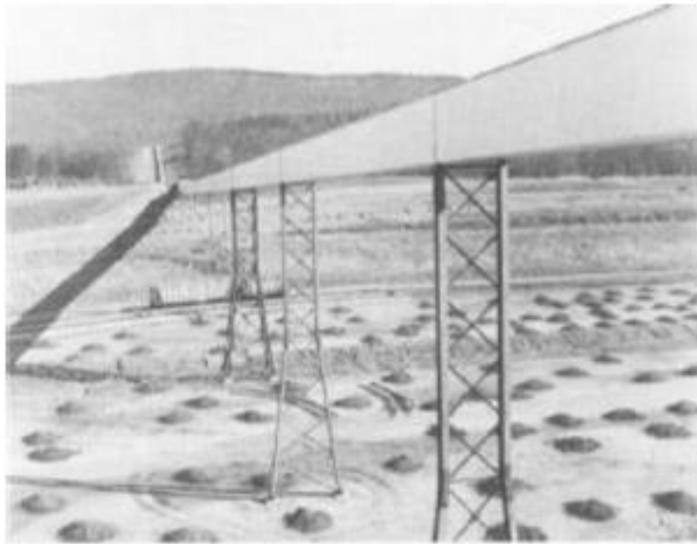


Figura 11. Transportador en galería completamente cerrada para evitar problemas carreteras y vías de tren.

✓ Seguridad:

Los transportadores de cinta operan con muy alto grado de seguridad. Pocas personas son requeridas para la operación y son muy poco expuestas a peligros como lo pudieran estar en otros medios de transportación. Cabe destacar que el equipamiento del transportador en sí mismo, puede protegerse de sobrecargas y malfuncionamiento, por la incorporación de dispositivos de seguridad eléctricos y mecánicos.

✓ Bajos costos de trabajo:

Las horas de labor por toneladas requeridas para operar los sistemas de transportación por cinta, son usualmente las menos con respecto a cualquier método de transportación de materiales a granel. Como otra baja labor intensa, las operaciones altamente automatizadas, tienen bajo costos de operación y proveen el más alto retorno sobre la inversión competitivamente. La mayoría de las funciones del sistema pueden ser monitoreadas desde un panel de control central o controladas por computadora, permitiendo un mínimo número de personal de operación para inspeccionar el equipamiento con su reporte de condiciones que ha de requerir la atención del departamento de mantenimiento. El tiempo requerido por el personal de mantenimiento es también mínimo. Las reparaciones y el reemplazo de partes relativamente pequeñas pueden hacerse rápidamente y en el sitio, minimizando también los costos de mantenimiento. La mayoría de las cintas pueden aún ser reemplazadas en una jornada; algunas cintas han llegado a transportar sobre cien millones de toneladas antes de ser puestas de fuera servicio por desgaste.

✓ Bajos costos por consumo de energía:

El incremento del costo de energía enfatiza la importancia de la relación energía versus costos por tonelaje de transportación. Debido a que los transportadores de cinta son operados por energía eléctrica, ellos son los menos afectados por los precios, carestía y otras limitaciones de combustible líquido. Ellos consumen energía solo cuando están siendo usados. No hay necesidad de viajes vacíos de retorno o marcha en vacío en línea para la próxima carga.

En transportadores largos, la porción declinada a menudo asiste propulsando las porciones inclinadas y horizontales; siendo algunos transportadores completamente. El costo de la energía en los sistemas transportadores siempre ha contribuido a su extremadamente bajo costo de operación en términos comparativos, y esta ventaja se ha incrementado sustancialmente con el aumento del costo del combustible.

✓ Bajos costos de mantenimiento:

Los costos de mantenimiento en transportadores de cinta son extremadamente bajos comparados con la mayoría de los otros sistemas de transportación de materiales a granel. Sistemas de soportes extensivos como los que comúnmente están asociados con el acarreo por camiones, no son requeridos. Las partes de

componentes del transportador están usualmente cubiertas y tienen larga vida comparada con la del motor de un vehículo. Usualmente, en los transportadores las partes solo necesitan de una inspección programada y de lubricación; cualquier reparación o reemplazo puede ser anticipada y las partes obtenidas para evitar tiempos muertos. Las partes pequeñas y accesibles pueden ser reemplazadas rápidamente en el sitio con un mínimo equipo de servicio. También, un adecuado inventario de repuestos se puede tener a un bajo costo, y en un relativamente pequeño espacio de almacenamiento.

✓ **Transportación a grandes distancias. -**

Los beneficios económicos de los bajos costos de operación por trabajo y energía, así como también algunas otras ventajas, han liderado la diseminada adopción de los sistemas de transportación por cinta, como el medio de transportación de materiales a granel por excelencia frente a grandes distancias. No siempre fue así, pero el recientemente dramático incremento de los costos operativos y de combustible en otros sistemas de transportación, le ha encarecido grandemente a estos, su valor presente.

(CEMA, 2014)

1.4 Formulación del problema

¿Será posible aumentar la capacidad de material pórfido cuprífero con un sistema atípico como es una faja transportadora radial, el cual deberá conducir la materia prima desde el Stock pile Antapaccay hacia el Stock pile Tintaya?

1.5 Justificación e importancia del estudio

1.5.1 Justificación de la investigación

Con el montaje de la faja overland se quiere que la planta concentradora de Tintaya no quede desabastecido motivo por el cual se requiere elevar la capacidad de acarreo optando por la instalación de una faja radial el cual se adapte a la accidentada geografía del lugar, satisfaciendo las necesidades de la minera.

1.5.2 Justificación Metodológica

Esta investigación se justifica porque con la implementación de una faja transportadora radial se obtendrá el acarreo de materia prima de manera constante desde Antapaccay a Tintaya, teniendo un margen de ganancia económico para CMA y la empresa constructora.

1.5.3 Justificación Práctica

El aumento de producción de pórfidos cupríferos por parte de CMA (Compañía minera Antapaccay), ha conllevado a la minera por optar por nuevas tecnologías de transporte, haciendo énfasis en la instalación y/o montaje de una faja transportadora que se adecue al precipitado terreno del lugar, pretendiendo que, con la instalación y el funcionamiento de la faja transportadora radial, satisfaciendo sus necesidades cumpliendo con las normas y especificaciones técnicas internacionales.

1.5.4 Justificación Social

En el pueblo de Espinar no se cuenta con mano calificada adecuada para el montaje y puesta en marcha de una faja transportadora atípica, es por ello la necesidad de que el montaje lo realice una empresa con experiencia, en el montaje y/o instalación de una faja transportadora radial, el que a su vez generará mayores puestos de trabajo, así como capacitaciones técnicas para el personal de la compañía y estudiantes del IESTP de Espinar, mejorando la calidad de vida del lugar.

1.6 Hipótesis

Si se instala una faja radial mediante el enfoque que señala CEMA, entonces se conducirá mineral del stock pile de Antapaccay hacia el stock pile de Tintaya a través de la accidentada geografía sin paralizar operaciones y aumentando la capacidad de materia prima acarreada.

1.7 Objetivos

Objetivo General

Montaje de la Faja Overland tipo radial para aumentar la capacidad de acarreo de material pórfido cuprífero al día, desde el Stock Pile Antapaccay hacia el Stock Pile Tintaya.

Objetivo Específicos

- a. Conocer el método de acarreo de manera convencional con equipos de línea amarilla y la capacidad de traslado del material pórfido cuprífero en Ktpd.
- b. Conocer el método de faja transportadora en base al acarreo de manera convencional, aumentando la capacidad de materia prima transportado en Ktpd.
- c. Conocer los ciclos de viaje, costos día y año del acarreo por línea amarilla.
- d. Conocer los ciclos de viaje, costos día y año del acarreo por faja transportadora.
- e. Conocer la diferencia ganada al día entre los dos métodos.
- f. Conocer y aplicar las normas y especificaciones técnicas para el montaje de una faja transportadora radial.
- g. Identificar los problemas y soluciones de un sistema de faja transportadora atípica en puesta en marcha.
- h. Conocer el costo total del montaje de la faja transportadora y la recuperación de la inversión.

CAPÍTULO II

II. MATERIAL Y MÉTODO

2.1 Tipo y diseño de investigación

a) Tipo de investigación

Por su naturaleza la investigación tiene un carácter descriptivo tecnológico y aplicado, el desarrollo del presente trabajo de investigación parte de una situación problemática que requiere ser intervenida.

b) Diseño de investigación

El presente proyecto de investigación reúne condiciones metodológicas de un diseño exploratorio (cualitativo)

2.2 Variables, operacionalización

Tabla 1. Variables de Operacionalización

HIPOTESIS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:		
Si se instala una Faja Radial mediante el enfoque que señala (CEMA, 2014), entonces se conducirá mineral del stock pile de Antapaccay hacia el stock pile de Tintaya a través de la accidentada geografía sin paralizar operaciones y aumentando la capacidad de materia prima acarreada.		
VARIABLES	DEFINICIÓN DE CONCEPTO	DEFINICIÓN DE OPERACIÓN
Método de acarreo Convencional	Acarreo de materia prima desde Stock Pile Antapaccay hacia Chancadora Secundaria Tintaya, con Línea Amarilla	Transporte de materia prima con 07 camiones CAT 785 y 01 Cargador Frontal CAT 992K
Método de Acarreo por Sistema de Faja Transportadora	Acarreo automatizado de materia prima desde Stock Pile Antapaccay hacia Stock Pile Tintaya. (Industria 4.0)	No paralizar operaciones y aumentar capacidad de acarreo Ktpd.
Montaje de una faja transportadora radial	Sistema de faja transportadora overland. Transporte continuo del mineral en una banda de 36” de ancho y una longitud de 6.8 Km	Considerando las curvas horizontales y verticales, respaldándose en la Norma CEMA.
Costos de Montaje de la faja transportadora	Costo contractual. Costo Adicional. Costo Total	Recuperación de la inversión

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 2. Síntesis de las variables

FAJA OVERLAND DE SISTEMA TIPO RADIAL PARA EL TRANSPORTE DE MATERIAL PÓRFIDO CUPRÍFERO DESDE EL STOCK PILE ANTAPACCAY HACIA EL STOCK PILE TINTAYA			
VARIABLE	INDICADOR	INSTRUMENTO	FUENTE
Método de Acarreo Convencional	Ciclos de transporte ida y retorno, costos día.	Reporte diarios de la supervisión.	KPI´s Antapaccay
	Capacidad de Tolva de Camiones y Cucharon de Cargador Frontal.	Hoja técnica de capacidades de los equipos de línea amarilla.	
Método por Faja Transportadora	Ciclos continuos de transporte, costos día	Hoja técnica de capacidades Equipos VENDOR	P&ID Thyssenkrupp
	Capacidad de Apron Feeder, Velocidad de Banda y Motorreductores		
Montaje de la faja transportadora radial	Curvas horizontales y verticales	Gradiente de terreno. (Lectura topográfica, con estación total y nivel de ingeniero).	- Norma CEMA
		Grado de inclinación de polines. (Lectura topográfica, con estación total y nivel de ingeniero).	- Código de práctica normalizada para edificios y puentes de acero (AISC)
	Estructura (Esqueleto) del sistema de faja transportadora	Nivel, alineamiento y verticalización (Lectura Topográfica) Torqueo de pernos en juntas estructurales.	- Especificación para juntas estructurales usando tornillos de alta resistencia (RSCS)
			- Norma técnica de soldadura estructural AWS D1.1
			- Norma estandarizada de la NFPA 70 (Código nacional de electricidad)

	Instalación de elementos, equipos auxiliares y equipos Motrices	Alineamiento y nivel (Lectura topográfica, Reloj comparador y Equipo laser de precisión) Torqueo de pernos mecánicos.	- Manual Vendor. Código normalizado de grouting estructural y equipos, Sección 036000.
Costos de Montaje	Resultados Operativo-Obra	- Reportes diario Haug S.A - Registros de control de calidad Haug S.A	- Cuadro de avance físico de proyecto. - Indicadores de proyecto. - Cuadro de desempeño por tipo de recurso. - Cuadro de desempeño por partida de control.

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO III

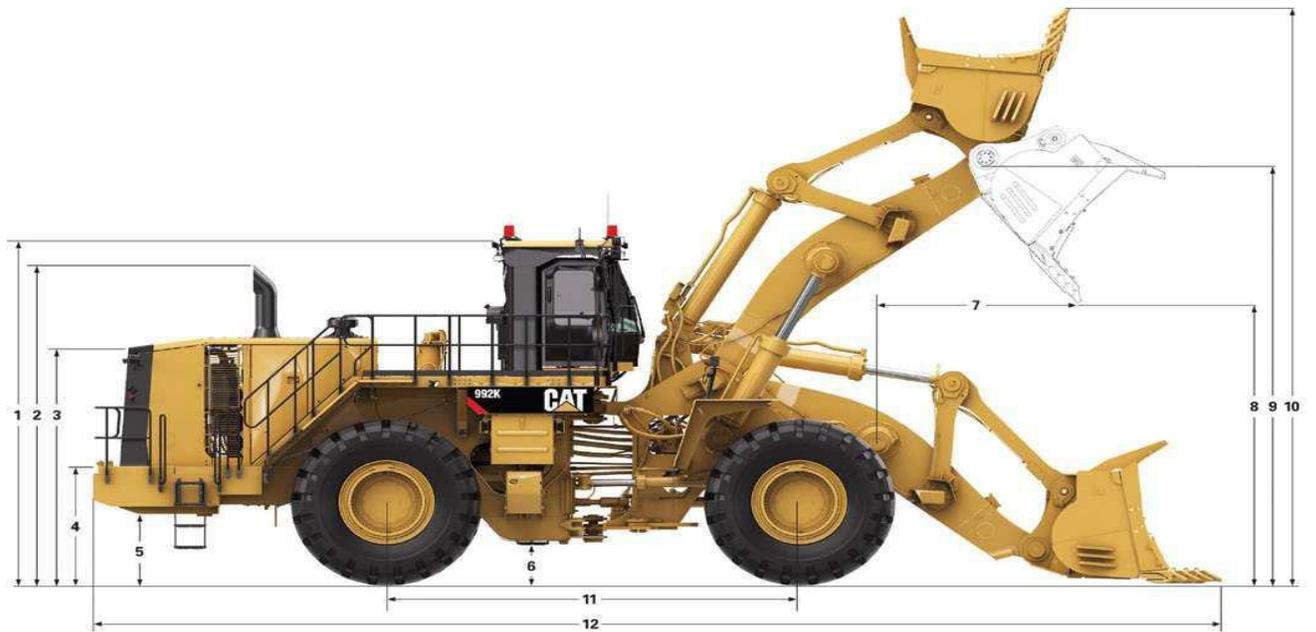
III. RESULTADOS

1. MÉTODO CONVENCIONAL DE ACARREO DE MATERIAL PORFIDO CUPRIFERO DE STOCK PILE ANTAPACCAY HACIA CHANCADORA SECUNDARIA TINTAYA.

En el análisis de acarreo de mineral método convencional correspondiente desde la zona de carguío, Stock Pile Antapaccay y la zona de descarga Chancadora Secundaria Tintaya.

Para este trabajo se cuenta con:

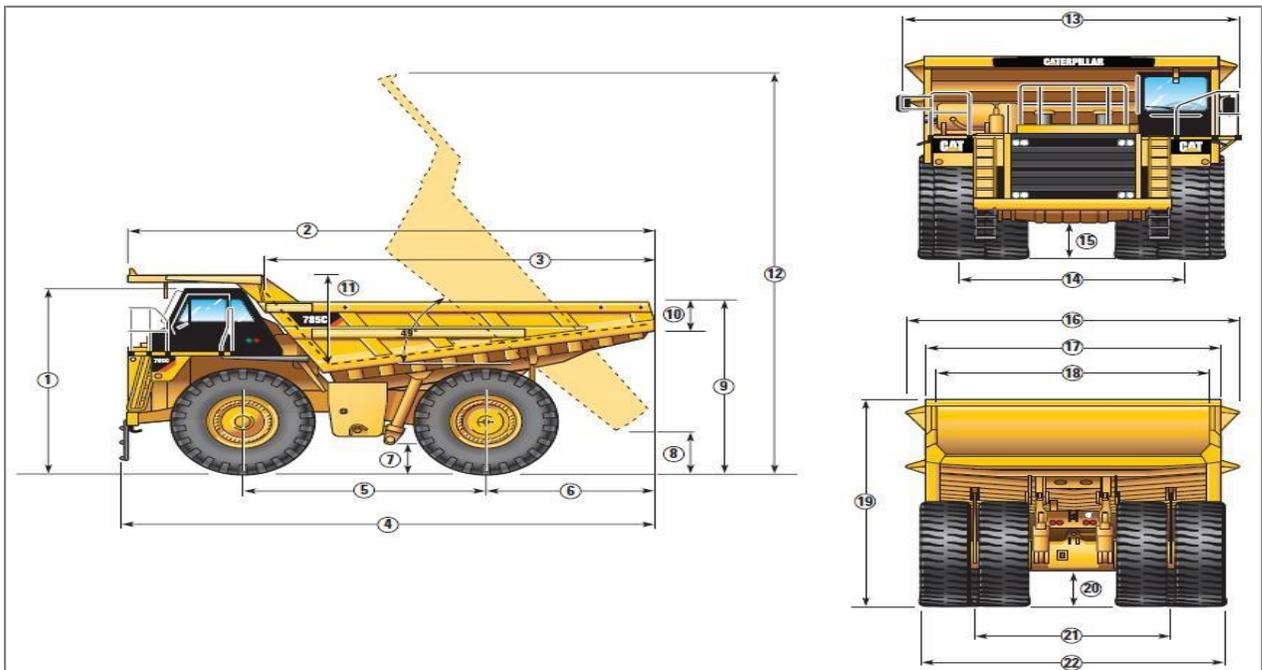
- 01 Cargador frontal 992K



	Levantamiento estándar del 992K* 45/65-45 58		Levantamiento alto*** del 992K 45/65-45 58	
1	5.678 mm	18' 7"	5.678 mm	18' 7"
2	5.248 mm	17' 2"	5.248 mm	17' 2"
3	4.043 mm	13' 4"	4.043 mm	13' 4"
4	1.830 mm	6' 0"	1.830 mm	6' 0"
5	1.176 mm	3' 11"	1.176 mm	3' 11"
6	682 mm	2' 2"	682 mm	2' 2"
7	2.118 mm	6' 11"	2.092 mm	6' 9"
8	4.480 mm	14' 8"	4.574 mm	15' 1"
9	6.927 mm	22' 8"	7.544 mm	24' 7"
10	9.313 mm	30' 6"	10.109 mm	33' 1"
11	5.890 mm	19' 4"	5.890 mm	19' 4"
12	15.736 mm	52' 0"	16.095 mm	52' 8"

Figura 12. Características del cargador 992K

- 07 Camiones mineros de 785C Cat.



1	Altura hasta la parte superior de la ROPS	5.122 mm	16 pies 10 pulg	12	Altura total – caja elevada	11.207 mm	36 pies 10 pulg
2	Longitud de la caja total	10.615 mm	34 pies 10 pulg	13	Ancho en orden de trabajo	6.640 mm	21 pies 10 pulg
3	Longitud interior de la caja	7.652 mm	25 pies 2 pulg	14	Ancho del neumático delantero de la línea de centro	4.850 mm	15 pies 11 pulg
4	Longitud total	11.024 mm	36 pies 3 pulg	15	Espacio libre del protector del motor	1.057 mm	3 pies 6 pulg
5	Distancia entre ejes	5.182 mm	17 pies 0 pulg	16	Ancho total del techo	6.200 mm	20 pies 5 pulg
6	Eje trasero a la cola	3.410 mm	11 pies 3 pulg	17	Ancho exterior de la caja	5.890 mm	19 pies 4 pulg
7	Espacio libre sobre el suelo	987 mm	3 pies 3 pulg	18	Ancho interior de la caja	5.510 mm	18 pies 1 pulg
8	Espacio libre de descarga	1.284 mm	4 pies 3 pulg	19	Altura del techo delantero	5.769 mm	19 pies 0 pulg
9	Altura de la carga – vacía	4.968 mm	16 pies 4 pulg	20	Espacio libre del eje trasero	1.080 mm	7 pies 3 pulg
10	Altura de la pared lateral trasera	906 mm	3 pies 0 pulg	21	Ancho del neumático doble trasero de la línea de centro	4.285 mm	14 pies 1 pulg
11	Profundidad interior de la caja - máxima	2.132 mm	7 pies 0 pulg	22	Ancho total del neumático	6.274 mm	20 pies 8 pulg

Figura 13. Características del camión de 785C

La ruta de acarreo de la materia prima desde el Stock Pile Antapaccay hacia el Stock Pile Tintaya, teniendo la distancia total de la zona de carguío a la zona de descarga es de 8 kilómetros.



Figura 14. Carguío de materia prima Stock Pile Antapaccay

La ruta del stock pile Antapaccay hacia Tintaya está conformada por un conjunto de trechos en rampa con pendientes positivas, negativas y planas:

Tabla 3. Distancias de trayecto de Stock Pile Antapaccay hacia Stock Pile Tintaya

TRAMO	DESCRIPCIÓN	DISTANCIA (m)	PENDIENTE (%)
1	Acceso Zona de Carguío	200	0
2	Rampa Principal	200	-10
3	Rampa Principal	650	0
4	Rampa Principal	700	-10
5	Rampa Principal	500	0
6	Rampa Principal	800	10
7	Rampa Principal	3300	0
8	Rampa Principal	600	-5
9	Rampa Principal	800	0
10	Rampa Principal	600	10
11	Acceso Zona de Descarga	200	0
DISTANCIA TOTAL		8550 m	

Fuente: Oficina Técnica – Antapaccay.

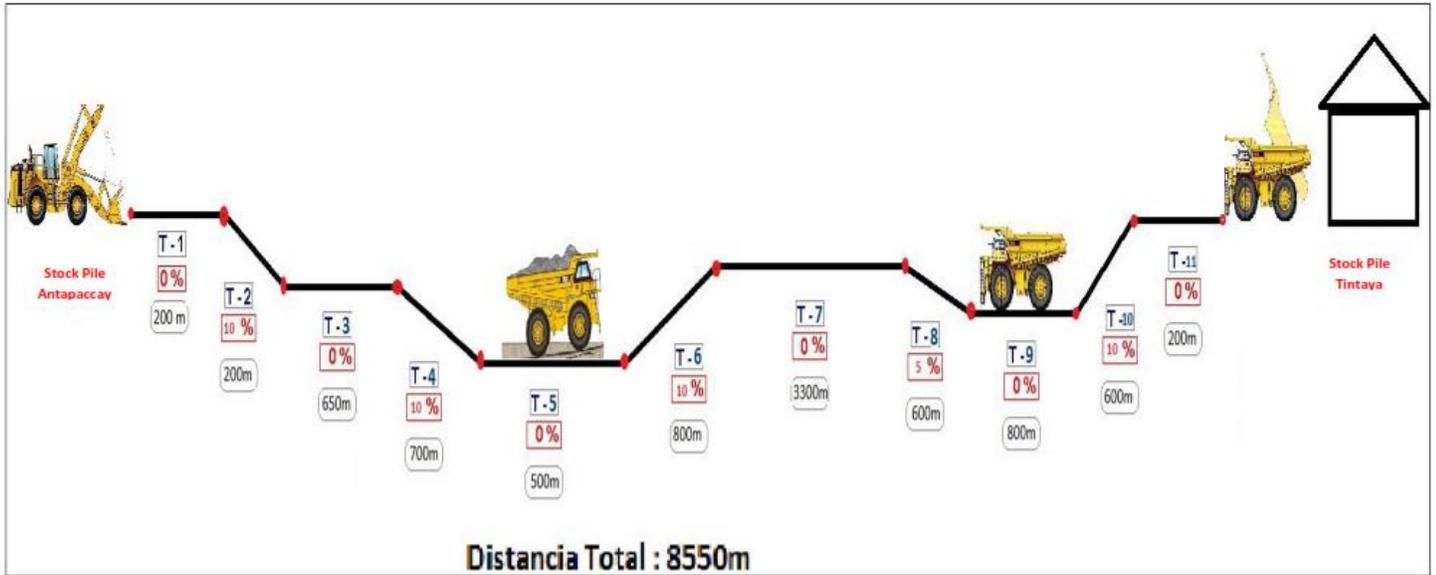


Figura 15. Tránsito de camiones de Antapaccay hacia Tintaya. (Oficina técnica Antapaccay)

Al tener claro el trayecto de carga y descarga por camiones mineros podemos decir que:

$$\text{Tiempo de transporte} = \text{Tiempo de ida} + \text{Tiempo de retorno}$$

Para ello debemos de entender que por temas de control de seguridad y políticas de la minera los camiones mineros deben de ir a una velocidad que oscile de 10 a 45 km/h, debido a la accidentada geografía y tránsito de otros equipos de línea amarilla, vehículos de supervisión y contratistas.

Así que para el tiempo de recorrido debemos de considerar:

$$\text{Velocidad} = \text{Distancia} / \text{Tiempo}$$

1.1 Tiempos de trayecto:

Para evaluar los tiempos de trayecto debemos de observar las siguientes tablas:

Tabla 4. *Tiempos de trayecto camión cargado*

TIEMPO DE TRAYECTO CON CARGA					
CAMION CARGADO		Distancia	Gradiente	Velocidad	Tiempo de Recorrido
Tramo	Descripción	(m)	(%)	(Km/h)	(horas)
1	Zona de carga	200	0	10	0.020
2	Rampa	200	-10	10	0.020
3	Rampa	650	0	15	0.043

4	Rampa	700	-10	12	0.058
5	Rampa	500	0	15	0.033
6	Rampa	800	10	12	0.067
7	Rampa	3300	0	20	0.165
8	Rampa	600	-5	12	0.050
9	Rampa	800	0	15	0.053
10	Rampa	600	10	10	0.060
11	Zona de descarga	200	0	10	0.020
DISTANCIA TOTAL:		8550m	TIEMPO TOTAL:		0.59h

Fuente: Oficina Técnica - CMA

Se recomienda una velocidad con carga recomendable de 25 km a 30 Km en zonas planas (0% de inclinación de suelo), y con gradiente estas deben reducirse por temas de que las vías pueden presentarse lodo o por la helada estas se escarchen, con una velocidad baja el operador tiene la reacción para evitar una colisión o volcamiento.

Tabla 5. *Tiempos de trayecto camión cargado*

CAMION SIN CARGA		TIEMPO DE TRAYECTO SIN CARGA			
Tramo	Descripción	Distancia (m)	Pendiente (%)	Velocidad (Km/h)	Tiempo de trayecto (horas)
1	Zona de carga	200	0	20	0.010
2	Rampa	200	-10	15	0.013
3	Rampa	650	0	40	0.016
4	Rampa	700	-10	30	0.023
5	Rampa	500	0	30	0.017
6	Rampa	800	10	25	0.032
7	Rampa	3300	0	40	0.083
8	Rampa	600	-5	25	0.024
9	Rampa	800	0	30	0.027
10	Rampa	600	10	20	0.030
11	Zona de descarga	200	0	20	0.010
DISTANCIA TOTAL:		8550m	TIEMPO TOTAL:		0.29h

Fuente: Oficina Técnica - CMA

Por reglamento interno ningún móvil puede ir por encima de los 40Km/h, los vehículos pesados (línea amarilla) tienen la preferencia.

Luego de tener los tiempos de trayecto debemos de observar y considerar los tiempos de acarreo:

$$\text{Tiempo de transporte} = \text{Tiempo de ida} + \text{Tiempo de retorno}$$

$$\text{Tiempo de trayecto con carga (ida)} = 0.59\text{h} \rightarrow 35.4 \text{ min}$$

$$\text{Tiempo de trayecto sin carga (retorno)} = 0.29\text{h} \rightarrow 17.4 \text{ min}$$

Tiempo de transporte = (35.4 min + 17.4 min)

Tiempo de transporte = 52.8 min → 0.88h

Luego de obtener los resultados de los tiempos de acarreo de la materia prima, debemos de observar las maniobras que realiza el operador para la carga y descarga del material pórvido cuprífero.

1.2 Maniobra de camión - estacionamiento para la carga:

Los equipos de carga deberán de entrar de manera frontal hasta una distancia prudente de 15 a 20 metros, para luego girar e ingresar en retroceso, a una velocidad recomendable de no mayor a 5km/h según procedimiento de seguridad, haciendo un estimado de tiempos para la maniobra:

Distancia recomendable para maniobra en retroceso 20m.

20m (1km / 1000 m) = 0.02 Km

Velocidad recomendable según los procedimientos de seguridad 5 Km/h.

5 Km/h (1 h / 3600s) = 0.0014 Km/s

Por lo tanto:

$T = D / V$

$T = (0.02 \text{ Km}) / (0.0014 \text{ Km/s})$

$T = 14.29 \text{ s}$

Tiempo estimado de la operación de estacionamiento para la carga = 14 a 16 segundos, este tiempo variará con respecto al factor climático (en épocas de lluvia y nevado la vía se vuelve lodoso y resbaloso)

1.3 Maniobra de camión – estacionamiento para descarga:

Los camiones para realizar la descarga, el camión debe de ingresar frontalmente a una distancia prudente de 15 a 20 m, realiza el giro e ingresa en retroceso a la plataforma de descarga, a una velocidad recomendable de no mayor a 5km/h según procedimiento de seguridad.

Distancia de retroceso 15m.

15m (1km /1000m) = 0.0015Km

Velocidad recomendable según procedimiento de seguridad 5 Km/h.

5 Km/h (1h/3600s) = 0.0014Km/s

Por lo tanto:

$T = D/V$

$$T = (0.015 \text{ Km}) / (0.0014 \text{ Km/s})$$

$$T = 10.71 \text{ s}$$

Tiempo estimado de la operación de estacionamiento para la descarga es de 10 a 12 segundos este tiempo variará con respecto al factor climático (en épocas de lluvia y nevado la vía se vuelve lodoso y resbaloso).

Entonces podríamos decir que:

El tiempo total de maniobra para estacionamiento = Maniobra de estacionamiento para la carga + Maniobra de estacionamiento para descarga.

$T_{te} = 14.29 \text{ s} + 10.71 \text{ s} = 25 \text{ segundos}$, el tiempo puede oscilar entre 25s a 27s dependiendo de la pericia del operador a su vez este tiempo puede variar dependiendo del factor climático.

1.4 Observación en la descarga de materia prima:

Ya teniendo el camión estacionado en la zona de descarga deberemos de observar los movimientos de la tolva para expulsar el material transportado; se levanta la tolva y se procede a descargar el material pÓrfido cuprífero, posteriormente el camión se adelanta entre 2 a 3 metros (con la tolva levantada), para que no quede residuos.

Obteniendo:

El tiempo de levante de la tolva y vaciado = 50 s

El tiempo de avance del camión con la tolva levantada = 15 s

El tiempo de descenso de la tolva a su posición original = 40 s

El tiempo total para descargar la materia prima es de 105 segundos = 1.75 min (1 minuto con 45 segundos).

1.5 Observación de alimentación de cargador frontal a tolva de camión:

Teniendo el camión estacionado, el cargador frontal procede a levantar la materia prima con el cucharón haciendo un movimiento hacia delante de 2 a 4 metros, posteriormente levanta la cuchara, retrocede, gira y se aproxima a la tolva de dos a tres metros de distancia y procede a vaciar el material a la tolva teniendo un tiempo de 12 segundos y de retroceso 3 a 5 metros bajando la cuchara demora 5 segundos, para luego volver a repetir la operación, esta maniobra también dependerá de la pericia del operador.

Entonces el ciclo de carga será;

Tiempo de maniobras total = 16 segundos

Número de operaciones para llenado = 6 veces

Tiempo total de llenado es de (17 segundos) (6 veces) = 102 segundos → 1.7 min, lo cual el llenado será de 1 minuto con 42 segundos.

Cuchara de cargador frontal tiene una capacidad de levante de 24TM.

Capacidad de Tolva del Camión minero es de 150TM.

Para llenar un camión se necesitará de $150Tm / 24 TM = 6.25 \rightarrow 6$ veces la maniobra para llegar a la capacidad de carga.

1.6 Observación del tiempo del ciclo de carga y transporte de la materia prima:

Para entender los tiempos del ciclo de esta actividad que transporta materia prima del Stock Pile Antapaccay hacia Chancadora Secundaria Tintaya debemos de checar:

$$T_{ctd} = (T_c + T_t + T_{om} + T_d)$$

Leyenda:

T_{ctd} ; tiempo de ciclo de carga – transporte - descarga.

T_c ; tiempo de carga.

T_t ; tiempo de transporte (ida y regreso).

T_{om} ; tiempo de operaciones de maniobra.

T_d ; tiempo de descarga.

Entonces:

$T_c = 102 \text{ s} \rightarrow 1.7 \text{ min}$

$T_t = 52.8 \text{ min}$

$T_{om} = 25 \text{ s} \rightarrow 0.42 \text{ min}$

$T_d = 1.75 \text{ min}$

$T_{ctd} = (1.7 \text{ min} + 52.8 \text{ min} + 0.42 \text{ min} + 1.75 \text{ min})$

$T_{ctd} = 56.67 \text{ min} \rightarrow 58 \text{ min}$

Entonces el tiempo de ciclo de la actividad será de 58 minutos, se tendrá como tiempo referencial de 1h, para la actividad, este tiempo de ciclo dependerá de la pericia del operador y al factor climático (mantenimiento de vías) y voladura no programada, llegando hasta una a dos horas de espera (épocas de lluvia y nevado).

Entonces se puede observar que para la actividad de transporte de material se tiene:

- 07 camiones de modelos CAT 785 de 150 TM de capacidad.
- 01 cargador frontal de modelo CAT 992K de 24 TM de capacidad de levante en la cuchara.

1.7 Costos:

Teniendo:

- Costo unitario de carga 0.23 US\$/TM
- Costo unitario de transporte de la materia prima 0.32US\$/TM.
- Costo unitario total es de 0.55 US\$/TM.
- Producción horaria:
Capacidad de camión es de 150 TM x 7 camiones = 1050 TM.
- Material transportado al día:
Se realiza la evaluación en base a 20 horas, descontando las horas de desayuno, almuerzo, cena, cambio de guardia, mantenimiento y limpieza de equipo pesado.

$$\text{Mtd} = (1050 \text{ TM} \times 20 \text{ h}) / 1 \text{ h}$$

$$\text{Mtd} = 21 \text{ ktpd}$$

Teniendo un resultado de 21 Ktpd transportado de materia prima a planta concentradora Tintaya.

- Ciclos por día:
 $\text{Cpd} = (20 \text{ h} / 1 \text{ h})$
 $\text{Cpd} = 20 \text{ Ciclos al día.}$
- Entonces el costo unitario hora sería de:
 $\text{Ch} = (0.55 \text{ US\$} \times 1050 \text{ TM/h}) / 1 \text{ h}$
 $\text{Ch} = 577.5 \text{ US\$TM/h}$
- Costo unitario día:
 $\text{Cd} = (577.5 \text{ US\$} \times 20 \text{ h}) / 1 \text{ h}$
 $\text{Cd} = 11,550 \text{ US\$}$
- Costo mensual:
 $\text{Cm} = (11,550 \text{ US\$} \times 30 \text{ d}) / 1 \text{ d}$
 $\text{Cm} = 346,500 \text{ US\$}$
- Costo anual:
 $\text{Ca} = (346,500 \text{ US\$} \times 12 \text{ meses}) / 1 \text{ mes}$
 $\text{Ca} = 4,158,000 \text{ US\$}$

Observando el costo anual de gasto en solo una flota de un cargador y siete camiones, para el transporte del material pórvido cuprífero es un costo considerable.

Cabe resaltar decir que esta actividad es realizada por un tercero que es la empresa San Martín Contratistas Generales S.A.C.

La minera CMA, opta por una nueva tecnología de acarreo que es el montaje de una faja overland.

2. ANÁLISIS DEL MÉTODO DE ACARREO POR FAJA TRANSPORTADORA PARA MATERIAL PORFIDO CUPRIFERO DE STOCK PILE ANTAPACCAY HACIA STOCK PILE TINTAYA.

Luego de que se observó los tiempos costos y producción mediante el método de acarreo convencional, se opta por el montaje de una faja overland que mejore los tiempos, producción y costos, para lo cual debe adaptarse a la geografía dl lugar, pretendiendo llevar el material pórvido cuprífero del Stock Pile Antapaccay a Stock Pile Tintaya.

2.1 Faja Overland:

Para que la instalación de un sistema de faja transportadora overland sea productivo deberemos de considerar las capacidades a transportar dependiendo de:

Tabla 6. *Elementos considerables en una faja transportadora*

Apron feeder	Con capacidad de 1500 TM/h y con una longitud de 6.5m, para una granulometría no mayor a 30 cm.
Balanza	El cual dará la lectura de peso mediante los sensores de carga.
Correa de la Faja Overland	Con un ancho de 914 mm → 36 pulgadas y con una velocidad de 2.5m/s
Motorreductor para Faja Overland	Se necesitarán 03 unidades con un poder de 400Kw

Fuente: Elaboración propia.

El cual pretenderá transportar 1500 TM/h, sin paralizar operaciones.

2.1 Descripción del proceso:

- Una vez llegue el material de la faja existente al apilador de antapaccay este material ingresará a la tolva de alimentación el cual a su vez tendrá una alimentará al apron

feeder, si por algún motivo el material supera la capacidad del apron feeder, se activará entonces el sensor de nivel, cerrando la compuerta de la tolva de alimentación (Spile Bar Gate) y a la vez la compuerta de corte del chute de alimentación para que no ingrese más material por seguridad, la capacidad de alimentación por hora es de 1500TM.

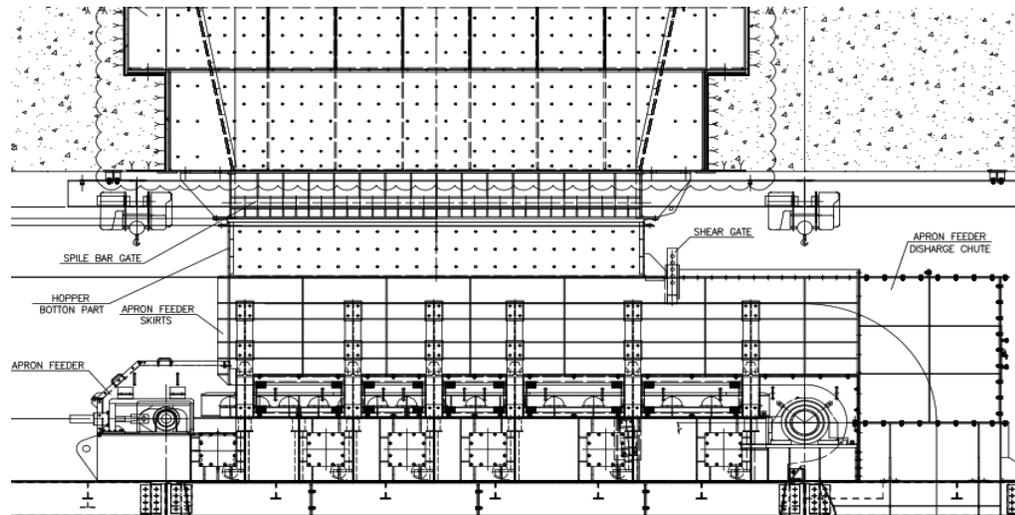


Figura 16. Alimentación Apron Feeder, TBZ-MEC-300-LD-0004 (Thyssenkrupp – Proyecto Antapaccay)

2.2 Tiempo de acarreo de material:

- Acarreo hora:

Mientras el material es alimentado por el Apron Feeder pasará será pesado en la balanza a 25 TM/min el cual deberá de ser transportado a 2.5 m/s a una distancia de 6.8Km, teniendo como tiempo de llegada hasta la descarga de:

$$V = 2.5 \text{ m/s} \rightarrow 9\text{Km/h}$$

$$D = 6.8 \text{ Km}$$

$$T = (6.8\text{Km}) / (9\text{Km/h})$$

$$T = 0.75\text{h} \rightarrow 45 \text{ min}$$

Entonces en una hora tendremos una cantidad de material transportado de:

$$(25\text{TM}) \times (45\text{min}) = 1125\text{TM transportado en cuarenta y cinco minutos.}$$

$$(1125\text{TM} \times 60\text{min}) / 45\text{min} = 1500\text{TM transportado en sesenta minutos es decir en una hora.}$$

- Acarreo día:

Luego de ver la capacidad de transporte en una hora debemos de observar la capacidad proyectada día:

$$Ad = (1500\text{TM} \times 24\text{h}) / 1\text{h} = 36 \text{ Ktpd.}$$

Tabla 7. Cuadro comparativo de acarreo de material día

Acarreo convencional	Acarreo por faja transportadora
21Ktpd	36 Ktpd
	Obteniendo un transporte por día del 71.4% más de acarreo de materia prima que el método convencional.

Fuente: Elaboración propia

2.3 Costos:

Al tener una mejor producción de transporte de materia prima del 71.4%, diríamos que:

Producción día con Faja Transportadora = 36Ktpd

Producción día con Método convencional = 21 ktpd

Diferencia día de acarreo = 15 Ktpd

Diferencia en US\$ ganada:

- o Ganancia día:

$G_d = (15 \text{ ktpd} \times 11,550 \text{ US\$}) / 21 \text{ Ktpd} = 8,250 \text{ US\$}$ por día sería la ganancia.

- o Ganancia mensual:

$G_m = (8\,250 \text{ US\$} \times 30 \text{ días}) = 247,500 \text{ US\$}$ por mes sería la gana

- o Ganancia anual:

$G_a = (247,500 \text{ US\$} \times 12 \text{ meses}) = 2,970,000 \text{ US\$}$

Esta ganancia anual estará designada en su mayoría en los gastos operativos, a lo cual también deberá de considerarse las paradas de planta anual, que suelen durar un día, entonces:

Diferencia ganancia anual = 2,970,000 US\$

Diferencia ganada día = 8,250 US\$

Diferencia ganada bruta anual = 2,961,750 US\$, designado a gastos operativos y mantenimiento.

Con este método de acarreo de material por faja transportadora el retorno económico sería en base a recursos propios, prescindiendo de la contratista encargada de transportar el material pórfido cuprífero de manera convencional.

Teniendo un ahorro anual de 4,158,000 US\$, los cuales serán designados para la recuperación DEL MONTAJE DEL SISTEMA DE FAJA TRANSPORTADORA.

3. MONTAJE DE UNA FAJA OVERLAND DE SISTEMA TIPO RADIAL PARA EL TRANSPORTE DE MATERIAL PÓRFIDO CUPRÍFERO DESDE EL STOCK PILE ANTAPACCA Y HACIA EL STOCK PILE TINTAYA

3.1 Instalación estructural de una faja radial

El presente trabajo de investigación trata sobre la implementación de un sistema radial de banda transportadora en la Compañía Minera de Antapaccay, por la empresa responsable Haug S.A, siendo el encargado de la construcción de la faja atípica, para entender de como la faja estará comprendida esta se dividirá en tres secciones:

- ✓ Área C1; el cual comprende las estaciones 0+230 y 5+960 (Comprendida fuera de las fases de volteo de faja en polea de cabeza y polea de cola.
- ✓ Área C2; área de la faja overland comprendida entre las progresivas 5+960 y 6+100 (Comprende la estación de volteo de faja de la polea de cabeza, el winche de tensado, la estación motriz de las poleas de accionamiento secundario y primario, la faja de descarga y la sala eléctrica de la polea cabeza E-HOUSE2-OLCV-Head).
- ✓ Área C3, comprende el sistema de alimentación automático, faja de sacrificio, torre de transferencia, la sala eléctrica de la polea cola y área de la faja overland comprendida entre las estaciones 0+000 y 0+0230. (Incluye el área de volteo de faja de la polea cola).

Este sistema debe adaptarse al precipitado terreno de la zona, el cual presenta dos radios críticos de 1.8 km y 1.85 km, lo cual para realizar el montaje de esta faja transportadora es importante analizar el terreno, así como la estructura conveniente a montar.

a) Curvas Horizontales y Curvas verticales:

Las Curvas horizontales y curvas verticales dependen mucho de la gradiente del terreno, se pretende que el ángulo de la superficie sea constante, con la finalidad de que cuando la banda sea instalada la faja no presente deformaciones y anomalías al trasladar el material (Olas), uno de los errores que se dan al realizar el planteo de las coordenadas y progresivas en fajas radiales es que usualmente se hace uso de un sistema no conveniente para este tipo de fajas asumiendo que es similar a una faja recta, Antapaccay utilizó el SISTEMA UTM, cuando lo apropiado es hacer uso del SISTEMA TOPOGRÁFICO, teniendo como consecuencia:

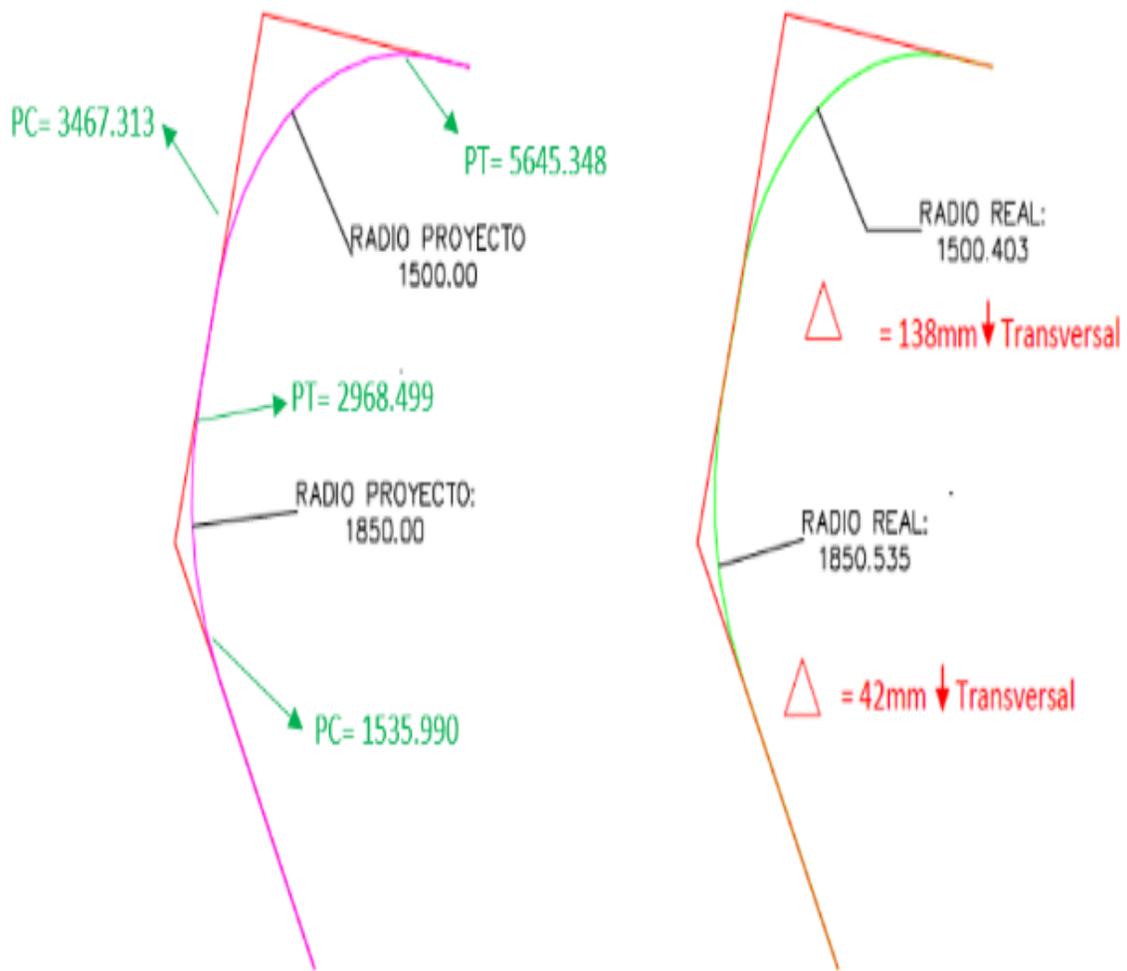


Figura 17. Datos tomados en campo – Sistema Topográfico: Variación de radios de diseño. Vista desde planta radios 1500m y 1850m

- El primer radio del plano TUS-LAY-130-LD-0001 de vista en planta que inicia en la progresiva PC. 1+535.990 y termina en el PT. 2+968.499 tiene una medida de Radio de Proyecto 1850.00 m
Por otro lado, al proyectar el eje en la distribución de los pernos a lo largo de la faja se observa que la medida de Radio obtenido es de 1850.535 m y como consecuencia de esto se obtiene una variación de 42 mm al lado transversal de la faja.
- El segundo radio del plano TUS-LAY-130-LD-0001 de vista en planta que inicia en la progresiva PC. 3+467.313 y termina en el PT. 5+645.348 tiene una medida de Radio de Proyecto 1500.00 m
Al proyectar el eje en la distribución de los pernos a lo largo de la faja se observa que la medida de Radio obtenido es de 1500.403 m. ocasionando una variación de 138 mm al lado transversal de la faja.

Teniendo esos datos en campo, se procede hacer un replanteo topográfico acondicionando la poligonal con la finalidad de que los radios de proyecto se respeten, realizando trabajos de alineamiento y nivelación de los durmientes, por consecuente se observa que estos elementos se encuentran fuera de su eje debido al ajuste de ángulos para mantener el radio de proyecto.

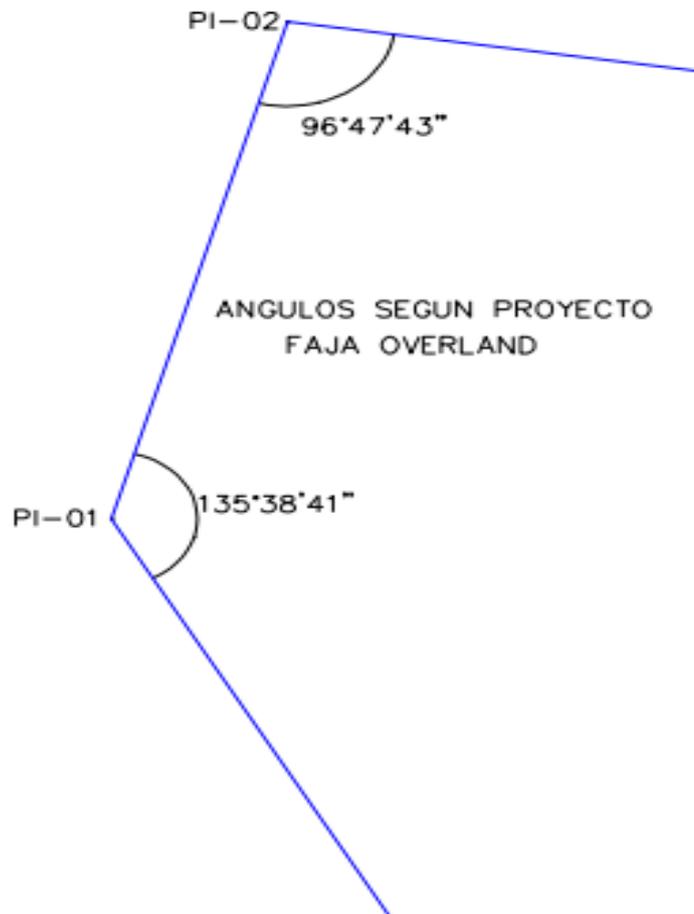


Figura 19. Ángulo de la poligonal del proyecto.

Para ajustar la poligonal se prefiere realizar los reajustes en las zonas tangenciales, para respetar los radios horizontales, lo cual es vital para el

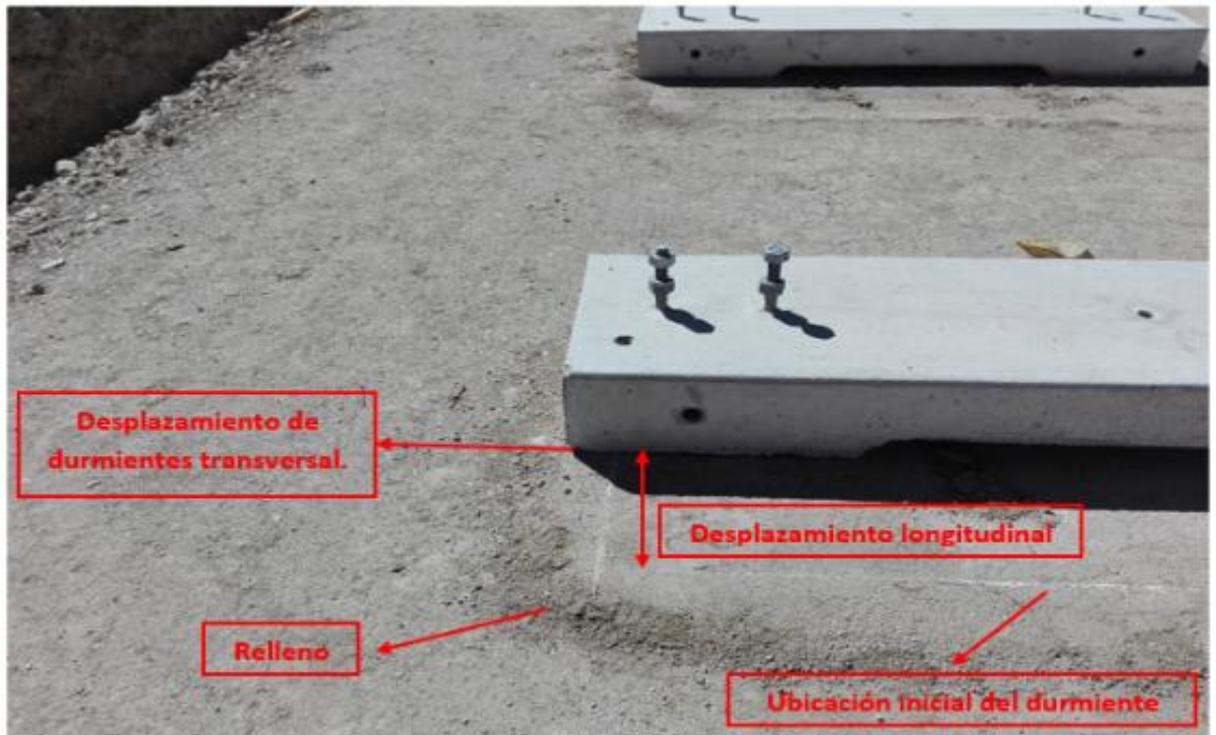


Figura 20. Durmientes desplazados por reajuste en zona tangencial

Como se aprecia en la Figura 20, se observa el comportamiento del durmiente al realizar el ajuste de la poligonal.

Luego de haber controlado u adecuado la poligonal, se procedió con la instalación de las mesas y/o soporte de polines (estaciones).

b) Durmientes:

Los durmientes juegan un papel importante en el funcionamiento de una faja transportadora pues es la base y responsable de soportar la carga dinámica que ejercerá al conducir los materiales pórfido cuprífero.

Estos elementos serán anclados luego de que los soportes estén instalados, suele cometerse el error de anclar los durmientes antes de la instalación de la estructura de los polines.

Tal como lo recomienda el manual VENDOR, para esta instalación (THYSSENKRUPP, Procedimiento de alineación en la instalación de durmiente, 2019), ver figura 21.

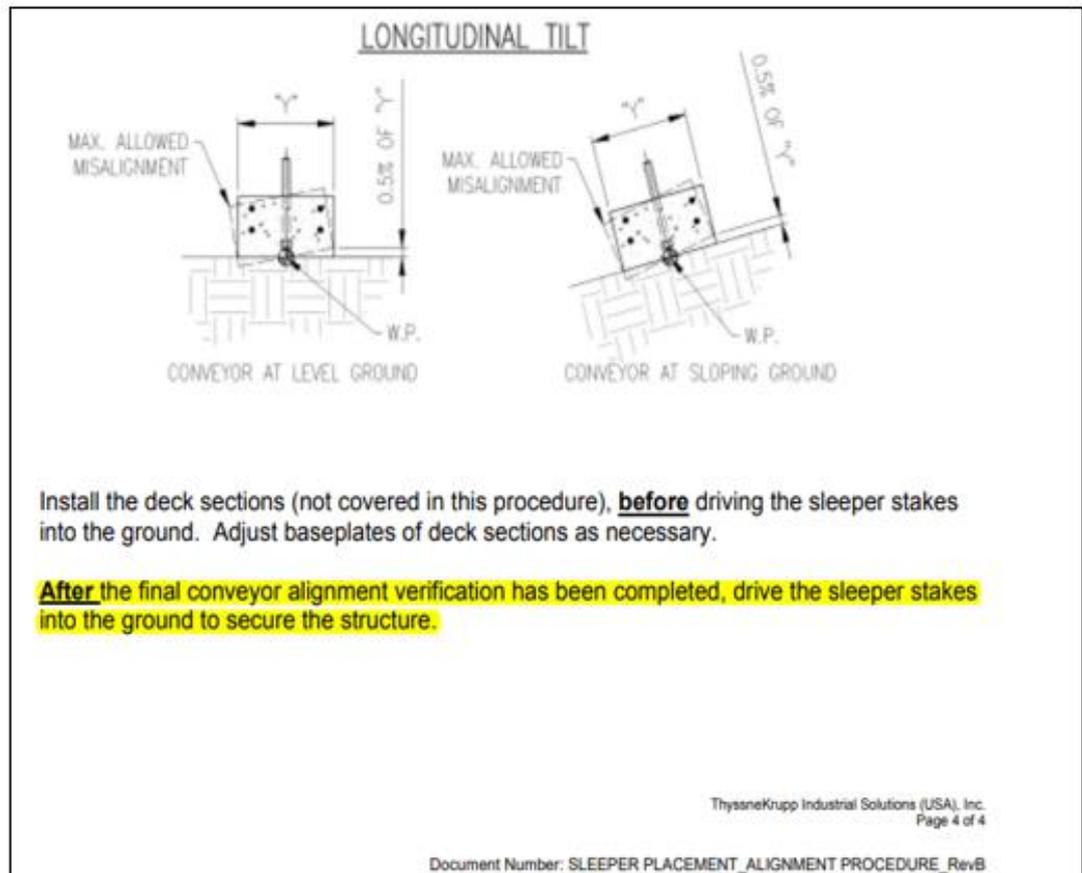


Figura 21. Procedimiento de alineación en la Instalación de durmiente.
Thyssenkrupp Industrial Solutions (USA) – Página 4 de 4

Luego de tener en claro que el anclaje de dichos elementos se realiza luego de estar asegurada la estructura (Soporte de polines).

c) Soporte de Polines:

Al ser una faja atípica es conveniente realizar la instalación de los polines radiales, el cual debe adecuarse a las curvas verticales y horizontales, para ello es necesario realizar la instalación de polines de 0° hasta 12° , teniendo puntos de transición donde los polines estarán instalados de manera creciente de 0° a 12° y de manera decreciente 12° a 0° , acorde a las curvas críticas.

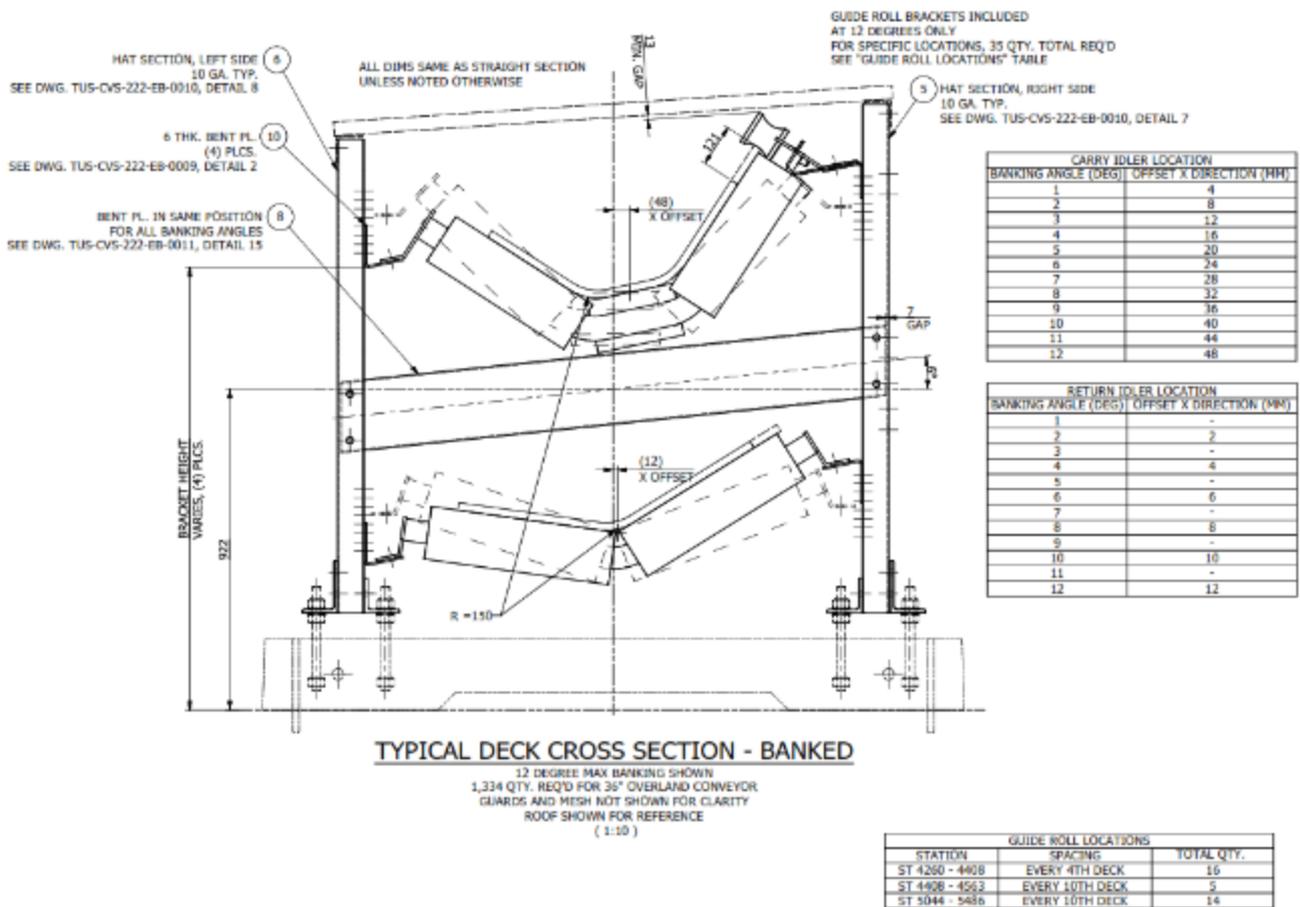
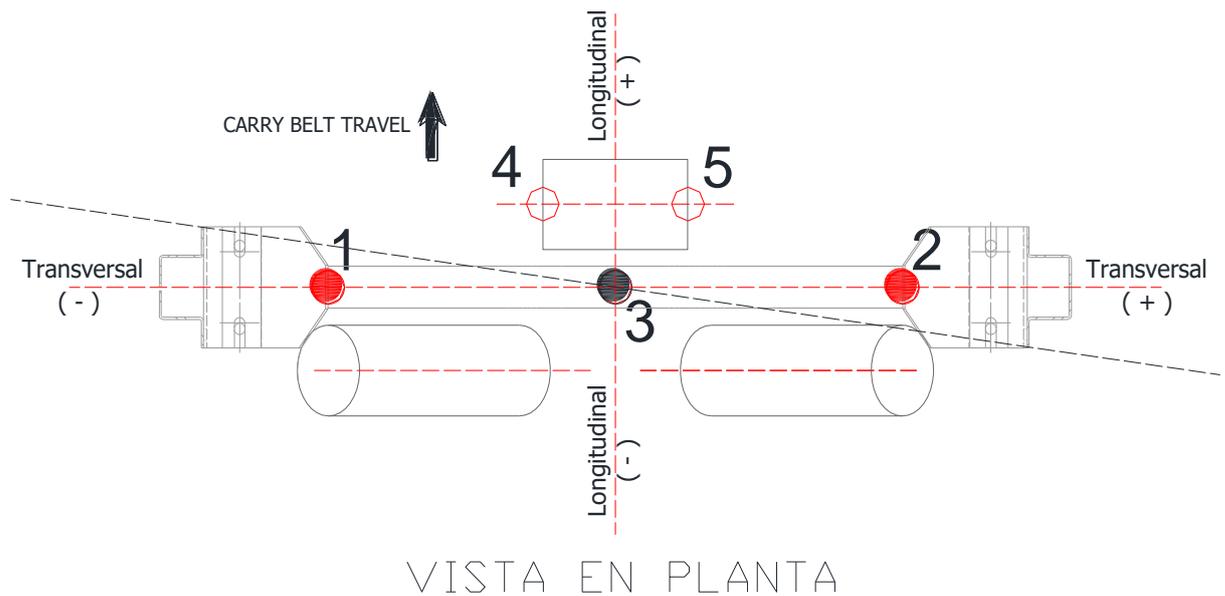


Figura 22. Extraído del plano mecánico TUS-CVS-222-EB-0007 (Thyssenkrupp - Proyecto Antapaccay)

Los polines desempeñaran el papel importante el que la banda o correa reposara y se deslizará en ellos, se deberá realizar los controles por lo que previamente es necesario tener el control de alineamiento y verticalidad de los soportes para posteriormente instalar los polines el control de estos polines se realizará en base a tolerancias recomendadas por el VENDOR (THYSSENKRUPP, Procedimiento de alineación y nivelación en la Instalación de polines, 2019)



Tolerancias de Alineamiento

- Longitudinal : +/- 25 mm ambos puntos en la misma dirección (Puntos 1 y 2)
- Transversal : +/- 12 mm cada 60 mts. (Puntos 3)

Tolerancias de Perpendicularidad

- Paralelo : +/- 1 mm entre ambos extremos (Puntos 1 y 2)

Tolerancias de Nivelación

- Nivelación : +/- 1 mm entre ambos extremos (Puntos 4 y 5) y +/- 6 mm entre polines

Figura 23. Tolerancias para polines – Recomendada por Thyssenkrupp (USA)

Teniendo las tolerancias para los polines se procede a realizar los controles topográficos correspondientes:



Figura 24. Controles topográficos.



Figura 25. Polines de 12° de inclinación.

Uno de los puntos más importantes en una faja transportadora es el alineamiento de los polines, pues cuando este equipo entre en funcionamiento se debe observar que la banda no tenga movimientos anómalos (olas) al momento de estar en movimiento por ende se debe evitar la vibración y futuros desalineamiento de la faja, la que si no se controla en su momento puede tener consecuencias considerables como el descarrilamiento de la banda.

d) Puentes:

Para la faja radial se tiene 3 puentes el cual están ubicados en los radios de proyecto, motivo por el cual se hizo énfasis en mantener los radios teóricos, ya que por diseño estos puentes (Trusses y Bents) están hechos para mantener estas curvas y absorber los golpes de arco, por ello que al inicio y final de cada puente se cuenta con patines de alivio.



Figura 26. Montaje Puente N° 01



Figura 27. Montaje Puente N°02



Figura 28. Montaje Puente N° 03.



Figura 29. Montaje del Stacker (Apilador).



Figura 30. Montaje del Stacker (Apilador).

Para realizar el montaje de los puentes y el apilador, ya mencionados fue necesario previamente realizar los controles de torque en base a la norma (RSCS, 2014) y del Código de Práctica Normalizada Para edificios y Puentes de Acero. (AISC, 2016)



Figura 31. Torque de pernos.

Para realizar el torque de pernos estructurales A325 Tipo 1, es necesario recurrir a la especificación técnica (RSCS, 2014), tabla 8.1:

“Specification for Structural Joints Using High-Strength Bolts”

Table 8.1. Minimum Bolt Pretension, *Pretensioned* and *Slip-Critical Joints*

Nominal Bolt Diameter, d_b , in.	Specified Minimum Bolt Pretension, T_m , kips ^a	
	ASTM A325 and F1852	ASTM A490 and F2280
½	12	15
5/8	19	24
¾	28	35
7/8	39	49
1	51	64
1 1/8	56	80
1 1/4	71	102
1 3/8	85	121
1 1/2	103	148

^a Equal to 70 percent of the specified minimum tensile strength of bolts as specified in ASTM Specifications for tests of full-size ASTM A325 and A490 bolts with UNC threads loaded in axial tension, rounded to the nearest kip.

Figura 32. Table Specification for Structural Joints Using High-Strength Bolts

El cual nos dice que el perno A325 debe estar tensado según los KIPS (Libras de fuerza), correspondientes, tal como se indica en la nota “a” este valor representa en 70% del SMTS (Tensión de rotura) para un perno ensayado a su geometría completa.

Una forma indirecta de determinar el valor de la fuerza de tensión de un perno es a través del torque con se ajusta la tuerca, usando un torquímetro calibrado.

Es conocida la siguiente relación:

$$T=KT\phi$$

Donde:

. t = Torque

. K = Constante de rugosidad de la superficie del perno (Valor dimensional)

. T = Fuerza de tensión del Perno.

. ϕ = Diámetro del Perno.

Ejemplo: Si queremos torqu coastar un perno estructural de 5/8” A325 Galvanizado, sería:

Donde:

. t = Torque

. K = Constante, que usualmente para perno seco galvanizado – zinc es de 0.2

. T = Pretensión, 19 Kips --> 19 000Lb

. \emptyset = Diámetro de perno

Cálculo:

. $t = (K) (T) (\emptyset)$

. $t = (0.2) (19\ 000) (5/8")$

. $t = 2\ 375\ \text{Lb.in} (1\text{ft}/12\ \text{in})$

. **$t = 197.916\ \text{Lb.ft}$**

El torque y la fuerza son linealmente proporcionales por lo que, si determinamos el “Torque de rotura” del perno, el 70% de este valor obtenido representa el torque al cual el perno queda al valor real de pre tensionado que estamos buscando.

Es importante recalcar que la especificación señala valores de FUERZA y no de torque dado que la variable “ K ” es diferente para cada lote de fabricación de pernos y no se deben generalizar tabla de torque para pernos similares.

Nuestro objetivo, además, es asegurarnos de que los pernos queden ajustados de modo que dicho valor de fuerza de pre tensionado se encuentre siempre en la zona elástica del material.

Dado que no existen dos pernos exactamente iguales. La especificación indica que se deben ensayar no menos de 3 ensambles perno-tuerca-arandela.

Se deben llevar como mínimo cinco pernos a la rotura con un taquímetro calibrado, en donde se tomará al perno que se rompió al menor valor y se le aplicará el 70%, teniendo como resultado el torque ideal del perno. (RSCS, 2014)



Figura 33. Verificación Topográfica Bents.

Para realizar el control topográfico de los puentes en especial de los BENTS, que son los elementos bases del puente es necesario realizar controles en base a estándares normados (AISC, 2016), tal cual nos dice:

“Código de Práctica Normalizada Para Edificios y Puentes de Acero”.

El trabajo se realiza en base a la especificación del código, tal como nos indica en los puntos 7.11.3.1 y 7.11.3.2 del código:

7.11.3.1. Columnas

Las columnas individuales se consideran verticalizadas si la desviación de la línea de referencia respecto de una línea vertical es menor o igual que 1:500.

7.11.3.2. Todos los Demás Elementos

La cota de los elementos que se conectan a las columnas se considera aceptable si la distancia entre el punto de referencia del elemento y la línea de empalme superior de la columna no difiere más de $+3/16$ in ni $-5/16$ in de la distancia especificada en los planos. Las piezas individuales que forman parte de unidades armadas en obra y que contienen empalmes realizados en obra entre sus puntos de apoyo se consideran verticalizadas, niveladas y alineadas si la variación angular de la línea de referencia de cada pieza individual respecto de lo indicado en el plano es menor o igual que 1:500. Los elementos en voladizo se consideran verticalizadas, nivelados y alineados si la variación angular entre la línea de referencia respecto de una recta trazada a partir del punto de referencia en su extremo soportado que se extiende en la dirección indicada en el plano es menor o igual que 1:500. Los elementos de geometría irregular se consideran verticalizadas, nivelados y alineados si el elemento fabricado está dentro de sus tolerancias y los elementos sobre los cuales se apoya están dentro de las tolerancias especificadas en este Código (AISC, 2016).

3.2 Instalación de equipamiento en una faja radial

La instalación de los equipos correspondientes es vital para el funcionamiento de la faja radial, el cual está compuesta por accionamientos motrices, los cuales son:

a) Poleas:

Elemento que permitirá que la faja se desplace el cual a su vez le dará direccionamiento o dirección a la faja.

El cual para la faja overland tendrá un total de 17 poleas:

- Polea de accionamiento lado cola # 17:
Esta polea será accionada con ayuda de un motor de 400 V, el cual a su vez estará conexionado a un freno, el cual deberá de tener una tolerancia de 0.5 mm entre los calipers, para que la pastilla pueda accionarse de manera normal.

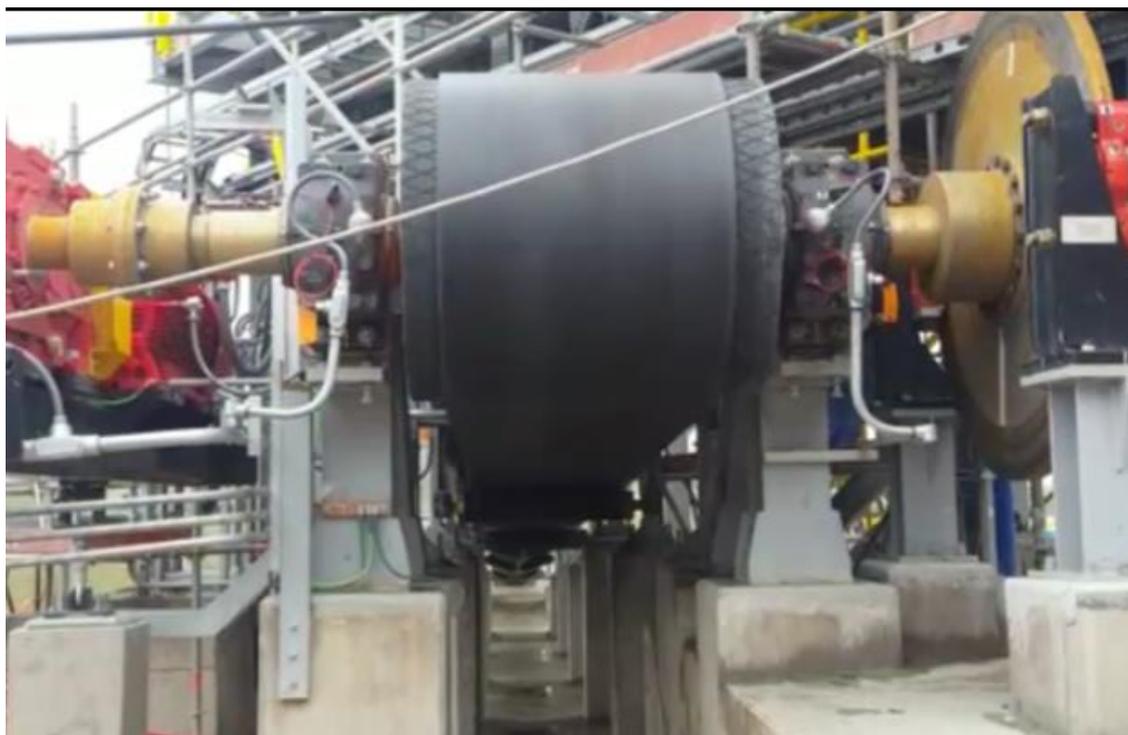


Figura 34. Polea de accionamiento cola (Motor – Polea –Freno).

- Poleas Snub (direccionamiento - alivio) lado volteador de cola #13,14,15,16:

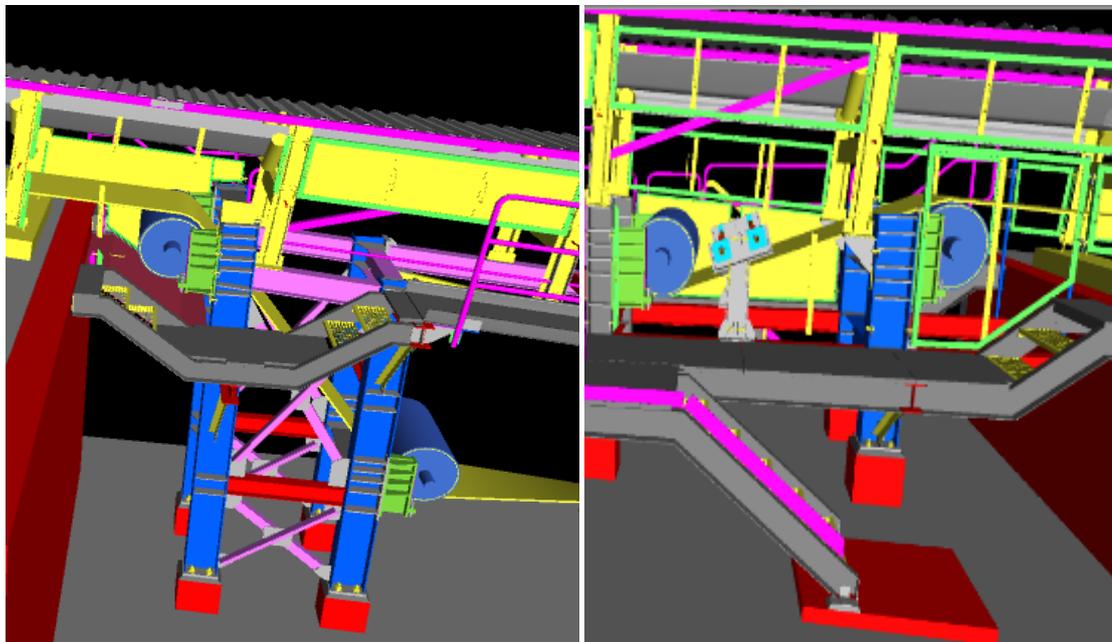


Figura 35. Poleas snub (Extraídos de Navis Work - Proyecto Antapaccay)

- Poleas Snub (direccionamiento – alivio) lado volteador cabeza #9,10,11,12:

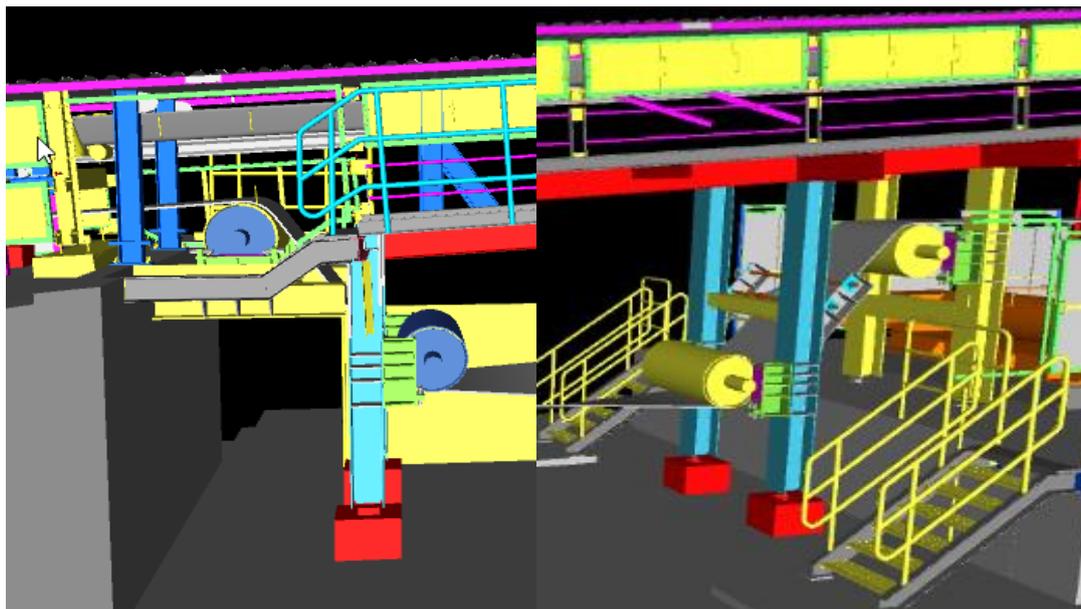


Figura 36. Poleas snub (Extraídos de Navis Work - Proyecto Antapaccay)

- Poleas HT (Poleas de Transición) Torre de accionamiento #2,3,6,7,8:



Figura 37. Poleas HT (Extraído de Navis Work – Proyecto Antapaccay)

- Poleas de Accionamiento Primario y Secundario #4 y #5, ambos conexonados a sus respectivos motores de 400 V.

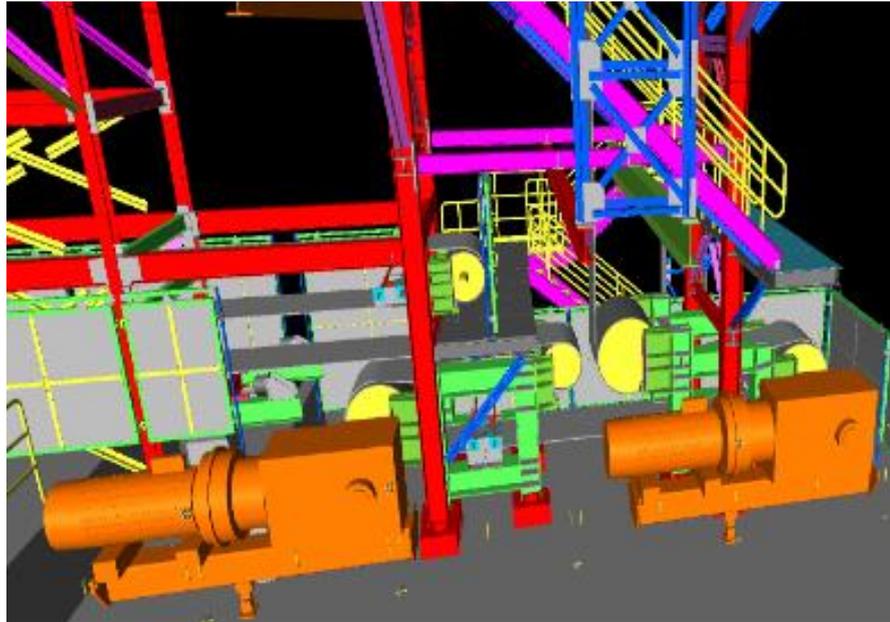


Figura 38. Poleas de accionamiento (Extraído de Navis Work – Proyecto Antapaccay)

- Polea de descarga (Cabeza) #1:

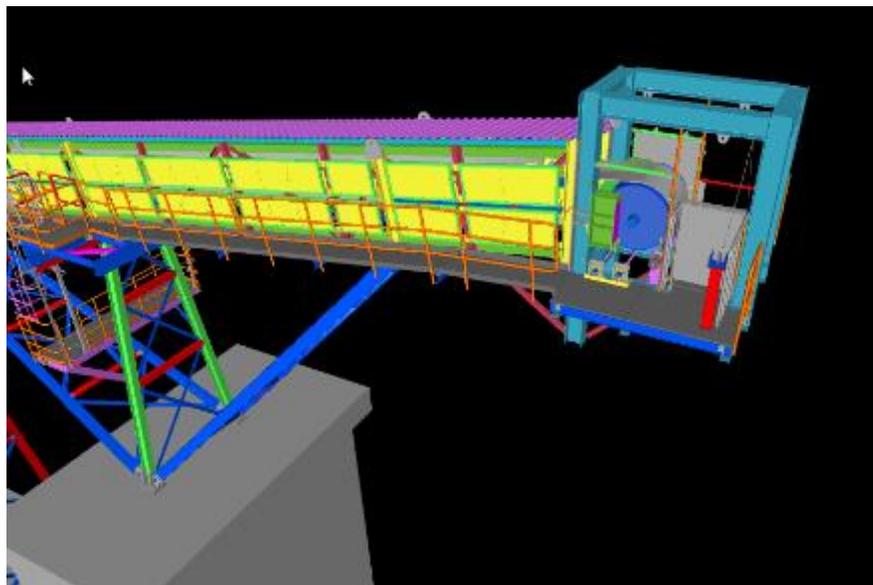


Figura 39. Poleas de descarga - cabeza (Extraído de Navis Work – Proyecto Antapaccay)

Adicionalmente hay y 8 poleas especiales los cuales son los volteadores de faja, lo cual lo vuelve en un sistema atípico:

- Volteador de faja lado cola:

Los volteadores cumplen la función de cuidar y preservar el estado de la banda, permitiendo aumentar su tiempo de vida de este elemento, pues permite que el desgaste de ambas caras sea parejo.

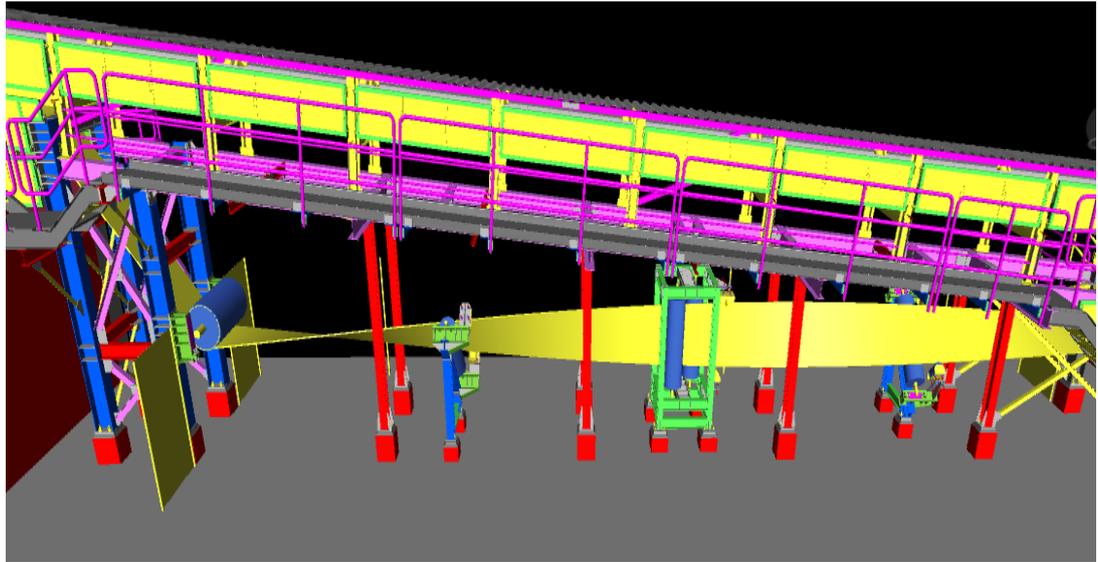


Figura 40. Volteadores de faja – Lado Cola (Extraído de Navis Work – Proyecto Antapaccay)



Figura 41. Volteadores de faja – Lado Cola (Controles topográficos)

- Volteador de faja lado cabeza:
 En la parte del lado cabeza de la faja también se encuentra un volteador de faja y como se mencionó anteriormente la función de los volteadores de faja es alargar el estado y/o ciclo de la banda, pues hace que el desgaste sea igual en ambas caras de la faja.

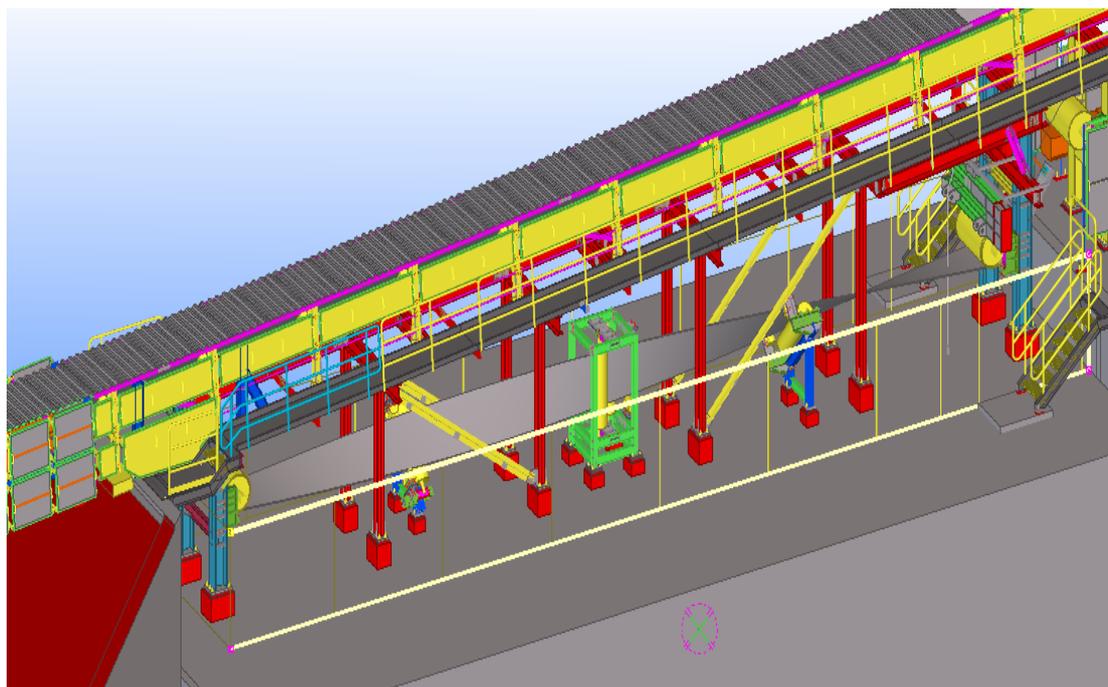


Figura 42. Volteadores de faja – Lado Cabeza (Extraído de Tekla 19 – Proyecto Antapaccay)



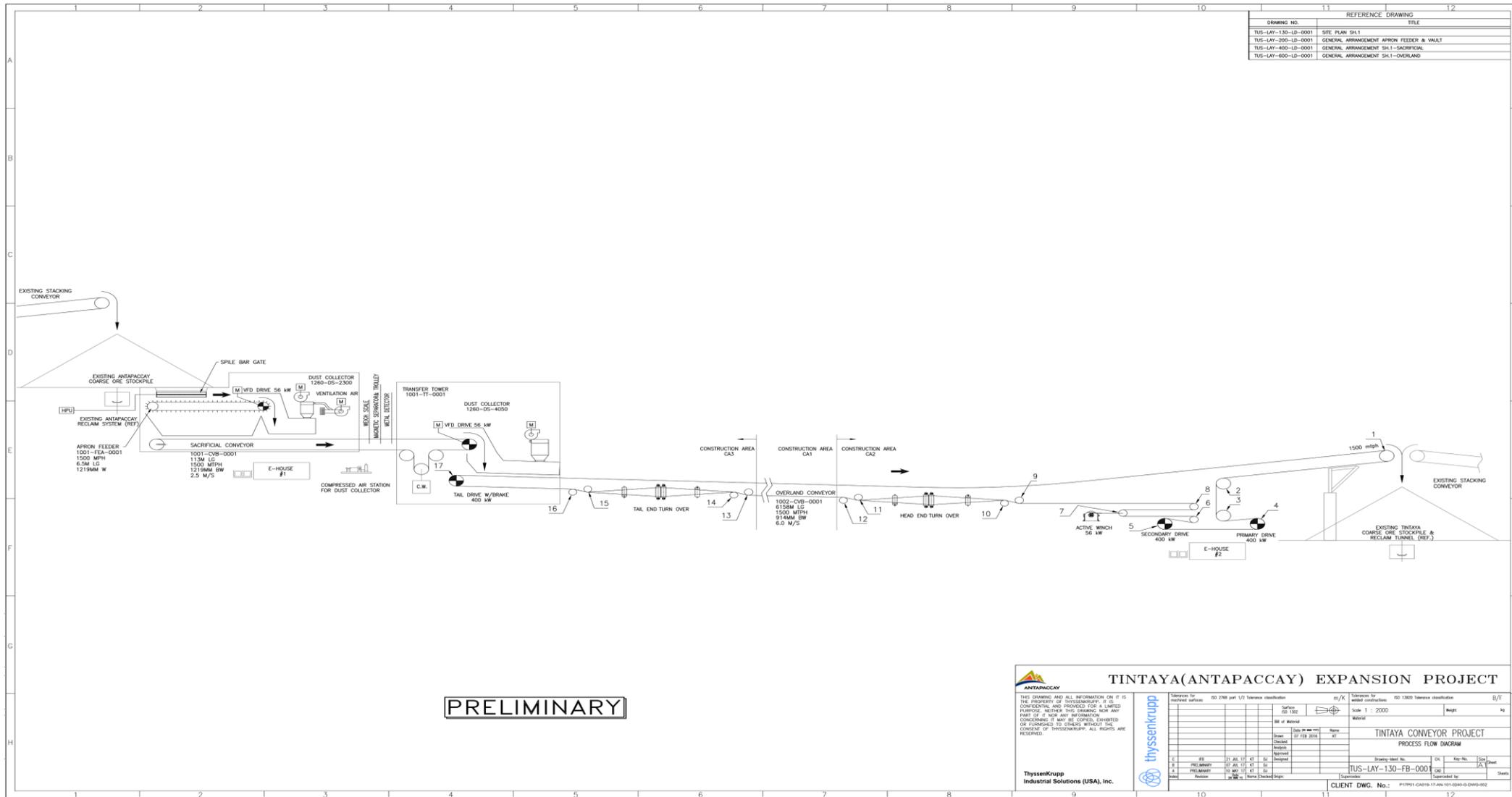
Figura 43. Volteadores de faja – Lado Cabeza (Pruebas en vacío)

Para las pruebas en vacío es importante delimitar el área, adicionalmente toda faja posee accesorios que ayudarán la funcionalidad de la banda, entre ellos podemos mencionar los rascadores primarios y secundarios los cuales usualmente están ubicados en la polea cabeza, adicionalmente también se instalan rascadores tipo escoba los cuales están ubicados en el lado retorno de la faja antes de la polea cola, poleas Snub, y poleas HT, la función de estos

raspadores tipo escoba, tal cual su nombre lo dice es barrer con elementos y/o rocas de granulometría considerable, protegiendo un posible impacto de estos elementos a las poleas ya mencionadas.

También se tiene como accesorios de guía, polines autoalineantes, los cuales son ubicados en las curvas horizontales críticas de la faja, el cual ayuda mantener el recorrido normal de la faja y evitar un posible desalineamiento de esta.

- El orden de instalación de las poleas debe de respetarse por temas de mantenimiento y funcionalidad es por ello que es vital respetar el P&ID de funcionalidad tal como se muestra a continuación:



REFERENCE DRAWING	
DRAWING NO.	TITLE
TUS-LAY-130-LD-0001	SITE PLAN SH-1
TUS-LAY-200-LD-0001	GENERAL ARRANGEMENT APRON FEEDER & VAULT
TUS-LAY-400-LD-0001	GENERAL ARRANGEMENT SH-1-SACRIFICIAL
TUS-LAY-600-LD-0001	GENERAL ARRANGEMENT SH-1-OVERLAND

PRELIMINARY

THIS DRAWING AND ALL INFORMATION ON IT IS THE PROPERTY OF THYSSSENKRUPP. IT IS CONFIDENTIAL AND PROVIDED FOR A LIMITED PURPOSE. NEITHER THIS DRAWING NOR ANY PART OF IT NOR ANY INFORMATION CONCERNING IT MAY BE COPIED, EXHIBITED OR OTHERWISE TO OTHERS WITHOUT THE CONSENT OF THYSSSENKRUPP. ALL RIGHTS ARE RESERVED.

ThyssenKrupp
Industrial Solutions (USA), Inc.

TINTAYA(ANTAPACCAY) EXPANSION PROJECT

Scale 1 : 2000

TINTAYA CONVEYOR PROJECT
PROCESS FLOW DIAGRAM

CLIENT DWG. No.: P1001-CA015-FE-001-000-05-DWG-002

Revised for	Quantity	Classification	Unit	Classification	Weight
Material surfaces	500 3780	per 1/2" tolerance classification	m ² /K	500 13000	tolerance classification
Material	500 1300	Classification	kg	500 1300	Classification

Rev	By	Date	Description	Checked	Approved
1	FB	01 Jul 10	KT SL	Issued	
2	FB	07 Jul 10	KT SL	Issued	
3	FB	01 Sep 10	KT SL	Issued	

Figura 44. TUS-LAY-130-FB-0001 (Thyssenkrupp) – Proyecto Antapaccay

b) Accionamientos Motrices:

- Motorreductores:

Estos motorreductores estacionarios (4000 voltios – 536 HP), cumplen la función de realizar el movimiento y regular la velocidad de la faja.



Figura 45. Motor de Accionamiento – Lado Cola (Pruebas en vacío)



Figura 46. Motores de Accionamiento – Lado Cabeza

Como se observa en la figura 46, estos equipos de igual capacidad (primario y secundario) ubicados en la torre de accionamiento, deben de sincronizarse y

trabajar a la par con el motorreductor del lado cola de no darse el caso el freno se activará parará el sistema, ocasionando daños en el winche y una posible rotura de la banda.

Los motores el ser instalados o conectados con sus respectivas poleas motrices se debe de tener cuidado de que la polea no se encuentre ahorcado, pues el gap o la luz de separación que existe en su plato de rodamientos debe mantenerse separado por igual en toda la circunferencia de este, de lo contrario la polea no girará.

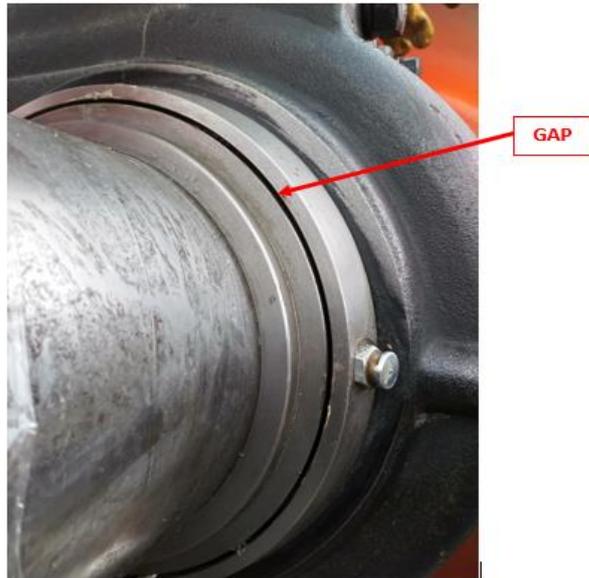


Figura 47. Polea motriz - GAP

Luego de tener controlado el gap se procede a realizar el alineamiento correspondiente entre eje de accionamiento del motorreductor y polea motriz, al tener el alineamiento y nivel controlado se hace el conexionado por pernos esta debe de hacerse de manera aleatoria (Tipo de ajuste en estrella).



Figura 48. Instalación de polea motriz con Motorreductor

- Frenos:

El freno de la faja overland está ubicado en el lado cola, este se encuentra conectado a la polea motriz #1, el cual cumplirá la función de detener la correa de manera paulatina si es necesario y dos motorreductores en el lado cabeza en torre de accionamiento teniendo como función hacer correr la banda de manera constante.

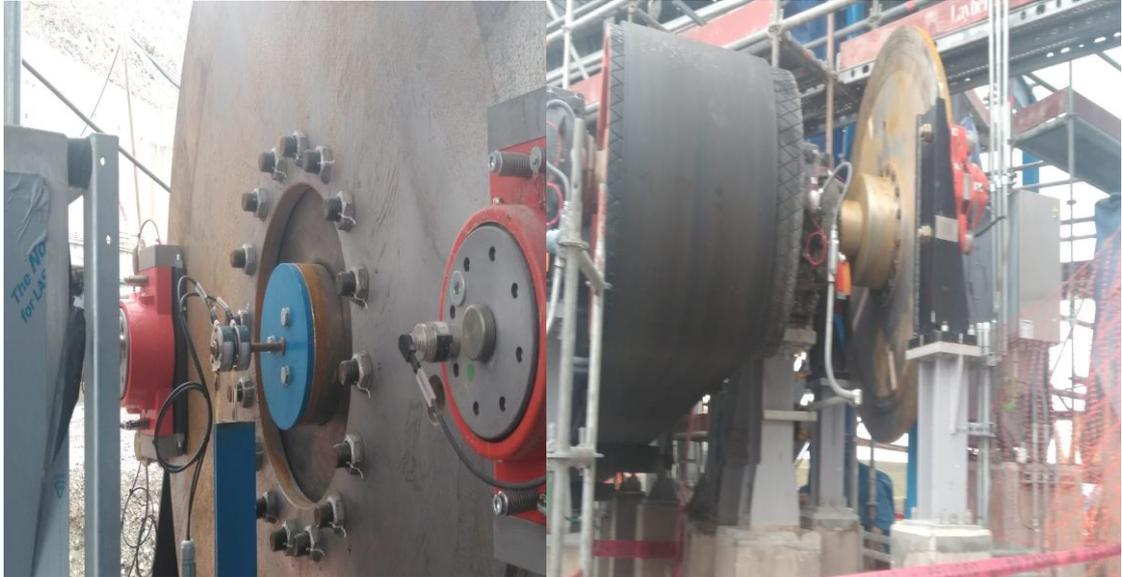


Figura 49. Freno – Lado Cola

Es necesario mencionar que el freno tiene que trabajar a la par con el winche de la faja, podemos decir de acuerdo al (CEMA, 2014), los elementos que definen a una faja por funcionalidad es precisamente estos dos elementos el freno – winche, ellos permitirán la elasticidad de la banda y el comportamiento de esta.

Es vital alinear y nivelar el disco de freno con topografía, para evitar desalineamientos axiales y radiales, teniendo estos controles se puede calibrar los CALIPER, el cual son accionados por una unidad hidráulica, el enviando el fluido haciendo que las pastillas se accionen y hagan fricción en el disco produciéndose el freno de la banda, usualmente la tolerancia de las pastillas para el freno es de 1mm, es decir 0.5mm para cada lado de la cara del disco (Frontal y posterior), como se aprecia en la imagen el disco posee dos frenos en los extremos y un instrumento llamado Encoder en el medio del disco, el cual enviará la señal de accionamiento (SVENDBORG, 2018)

- Winche:

La función del winche, es regular la elasticidad de la banda, ya que este tipo de sistema de faja transportadora no tiene contrapesos, el winche asume esa función, así como tenemos el freno en el lado cola, el winche ubicado en

lado cabeza (zona de transición), ambos equipos deberán interactuar en el proceso de tensado y prueba en vacío.



Figura 50. Winche – Carro Tensor

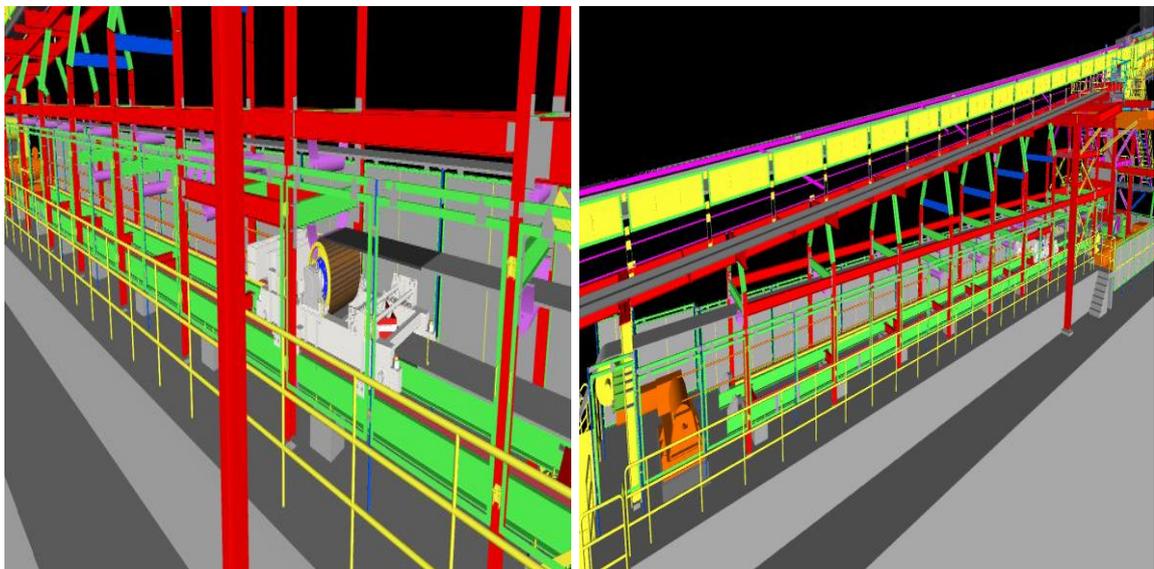


Figura 51. Winche – Zona de recuperación de banda (Extraído de Navis Work – Proyecto Antapaccay)

Este equipo es el encargado de tensar la banda, uno de los requisitos para tensar la banda es que el vulcanizado de la faja o también llamado la pega este por encima de los 60 Shore A, que es la dureza de vulcanizado (SEMPERTRANS, 2017), al tener este control se puede tensar la banda según se requiera, esto dependerá de la flecha de banda y alineamiento y nivel de los polines.

3.3 Problemas y soluciones en los sistemas de fajas transportadoras radiales.

PROBLEMA: Si se observa que la banda se descentra con respecto al eje (Faja cabeceada)

SOLUCIONES:

Puede deberse a:

- Presencia de materiales solidificados en los polines y poleas, lo cual se deberá de retirarse el material en mención.

Es de suma importancia instalar auxiliares de limpieza como raspadores en la parte cabeza y cola de faja, estas deberán de estar colocadas en la zona de carga y retorno, estos dispositivos evitaran que el material extraño se adhiera y se solidifique a la banda.

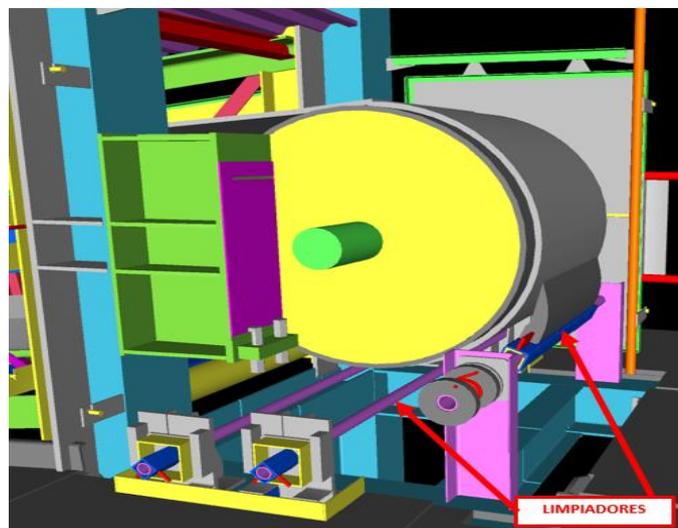


Figura 52. Lado cabeza – Ubicación de limpiadores (Extraído de Navis Work – Proyecto Antapaccay)

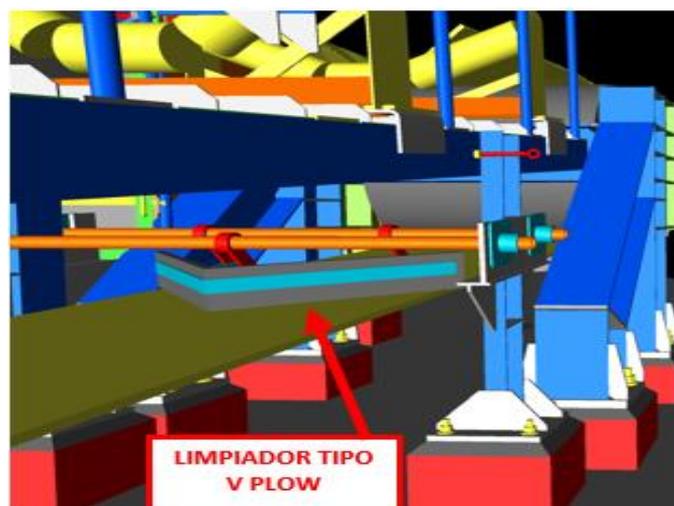


Figura 53. Lado cola – Limpiadores tipo V Plow (Extraído de Navis Work – Proyecto Antapaccay)

- Polines y poleas frenados, se deberá realizar la limpieza y giro de estos elementos, en caso de que presente oxidación y solidificación de agente externo en los rodamientos, deberán de ser reemplazados.

Para el caso de las poleas se deberá de lubricar periódicamente y chequear el gap del plato de rodamiento para evitar que este se frene y deje de girar.

Por ello la importancia de que en la puesta en marcha en vacío, se verifique de que los polines y poleas giren acorde al contacto con la banda, en caso de que no haya fricción se debe volver a realizar el alineamiento horizontal y vertical del punto observado con respecto al eje de la faja.

- Empalme de banda, se deberá de observar el comportamiento de la faja en la zona donde se realizó el vulcanizado, y evaluar si se descentra hacia algún lado específico, de darse esta anomalía deberá de realizarse una nueva evaluación de dureza (Shore A), de no llegar al parámetro requerido aproximadamente entre 65 a 60 HA se deberá de retirar y realizar un nuevo empalme.
- Curvas verticales y horizontales, si se observa que la banda se descentra en ambos sentidos en toda su longitud y se observa que esta anomalía pasa en las curvas, es necesario instalar polines autoalineantes en especial en las curvas críticas, estas deberán de estar alineadas con respecto a la tangente de la faja.
- Granulometría de material a transportar, se deberá de corroborar las dimensiones granulométricas a transportar, ya que si no se hace la evaluación correcta este material dañará los polines autoalineantes, sensores, raspadores, provocando que en las curvas críticas escapen fuera de la faja y a su vez provocando de que la banda se descentre.

PROBLEMA: Desalineamiento de la banda con respecto a las poleas motrices.

SOLUCIONES:

- En el lado cola, se deberá de evaluar la distancia del ultimo polín de transición con respecto a la polea de accionamiento (que a su vez está conectada al freno), con la finalidad de observar el tensado de la banda si no se tiene un buen estiramiento y se encuentra holgada la banda por inercia tiende a desalinearse hacia un lado.



Figura 54. Lado cola – Polea cola y freno (Extraído de Navis Work – Proyecto Antapaccay)

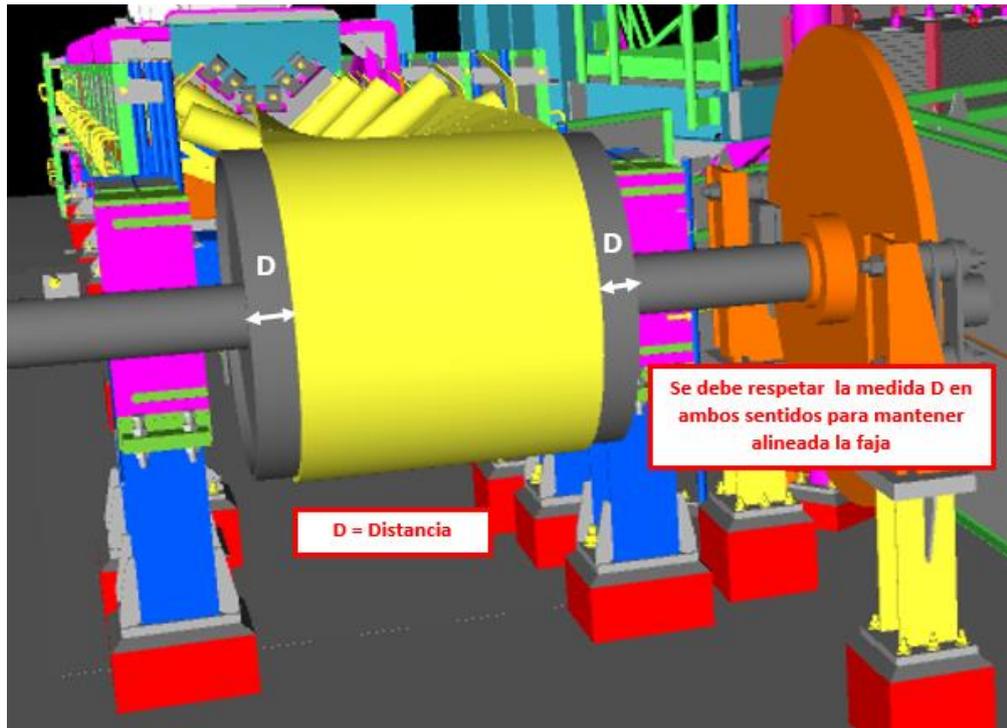


Figura 55. Lado cola – Polea cola y freno (Extraído de Navis Work – Proyecto Antapaccay)

- Poleas de accionamiento, bajo el mismo principio que el anterior caso se deberá de evaluar la distancia entre poleas y evaluar el tensado.

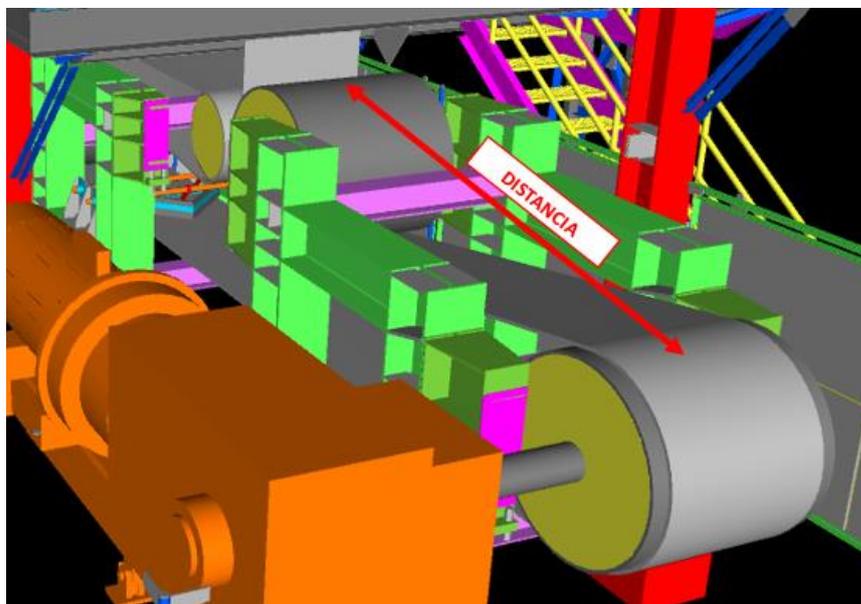


Figura 56. Zona de accionamiento – Poleas de accionamiento (Extraído de Navis Work – Proyecto Antapaccay)

- Se deberá evaluar a su vez el desgaste de estas poleas, lo que se quiere es tener una misma fricción, si las cocadas de la poleas motrices se ven desgastadas, deberá de evaluarse el retiro y el cambio por unas nuevas.

PROBLEMA: La banda se desliza (patina) sobre la polea motriz.

SOLUCIONES:

- Puede deberse a una mala tracción, se deberá de corroborar la tensión de la banda, puede que presente puntos holgados.
- Verificar que la faja no tenga materiales solidificados adheridos a la banda, de ser el caso realizar la limpieza y ajusta los dispositivos de limpieza (Checar el comportamiento del V – Plow)
- Tensado de banda, se deberá corroborar a lo largo de la banda buscando puntos holgados o zonas donde no haya contacto de la correa con los polines de carga y descarga, de darse el caso se volverá a realizar la acción de estiramiento de la faja mediante winche y freno, esta acción debe de realizarse en vacío.

PROBLEMA: Estiramiento excesivo de la banda.

SOLUCIONES:

- Al realizar el tensado, se observa que la banda no se adecuada de manera convexa con respecto a la posición de los polines de carga y descarga, observándose que la correa tiende a elevarse y perder contacto con los rodillos, quiere decir que hay un sobre exceso de estiramiento se debe de corroborar la contra flecha de la faja, que usualmente debe oscilar entre los 2 a 3mm (luz entre polín y banda). Luego de haber tensado la banda con la contra flecha adecuada, se deberá a realizar la prueba en vacío y observar el comportamiento de la correa, polines y poleas.

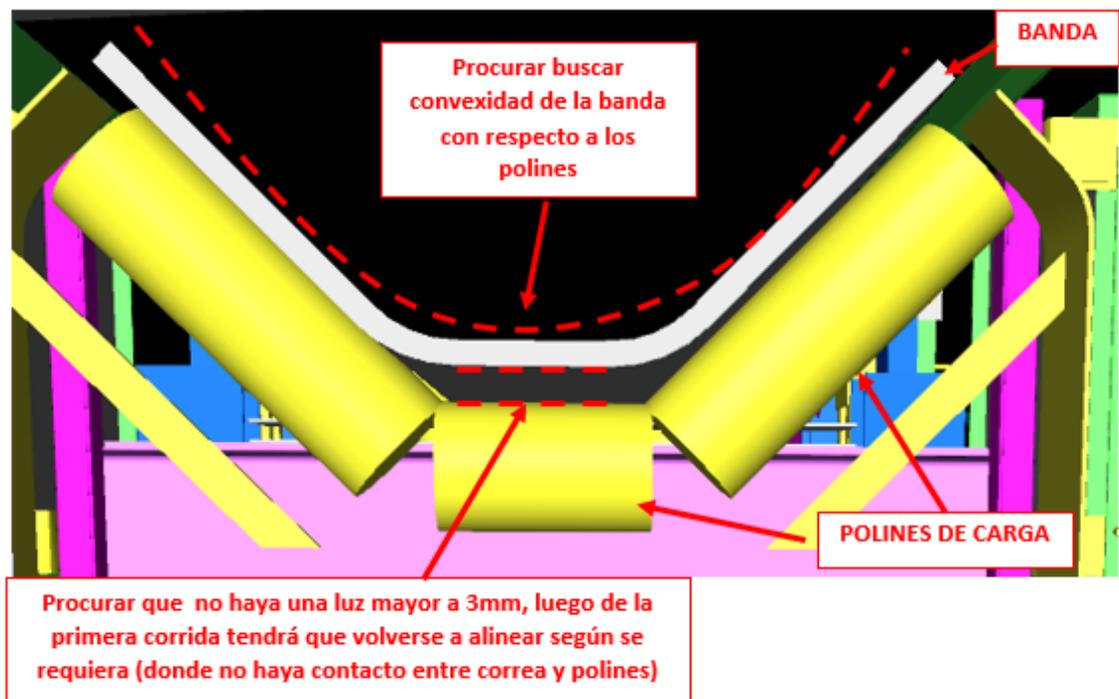


Figura 57. Ejemplo de relación de banda con polines de carga (Extraído de Navis Work – Proyecto Antapaccay)

PROBLEMA: Colapso de la faja transportadora.

SOLUCIONES:

- Si se observa que la banda tiende a salirse de los rodillos en ciertos puntos aún con los polines autoalineantes, se corre el riesgo de que la faja transportadora colapse.

Se deberá de evaluar el terreno ante posible erosiones que hayan afectado los durmientes provocando un probable deslizamiento, realizar la verificación topográfica, y a su vez verificar los protocolos de ensayo PROTOR, de darse un problema de suelo las mesas de la zona afectada será retirada junto con los durmientes y se hará un nuevo estudio del suelo y nueva compactación bajo las normas estándares CE.020 (CAPECO, 2012) , también corroborar los anclajes de los durmientes si estas presentan deformaciones es recomendable ser descartadas y utilizar otras nuevas.

Luego de haber solucionado el tema del suelo, volver a instalar las mesas de la zona afectada, realizar el control topográfico acorde a las cotas del proyecto, realizar la inspección de los hilos de los pernos a volver a torqulear, si se encuentran en mal estado cambiar por unos nuevos, por buenas practicas se recomienda que un perno se le haga torque solo hasta dos veces, haciendo una previa evaluación de su estado (cabeza e hilos). (CEMA, 2014)

4. COSTOS DEL MONTAJE DE LA FAJA OVERLAND:

4.1 Costos de construcción (Montaje):

Luego de finalizar la construcción la empresa responsable del proyecto (Haug S.A), se hace la evaluación del resultado operativo de obra para ver si el proyecto ha sido rentable para la empresa constructora observando:

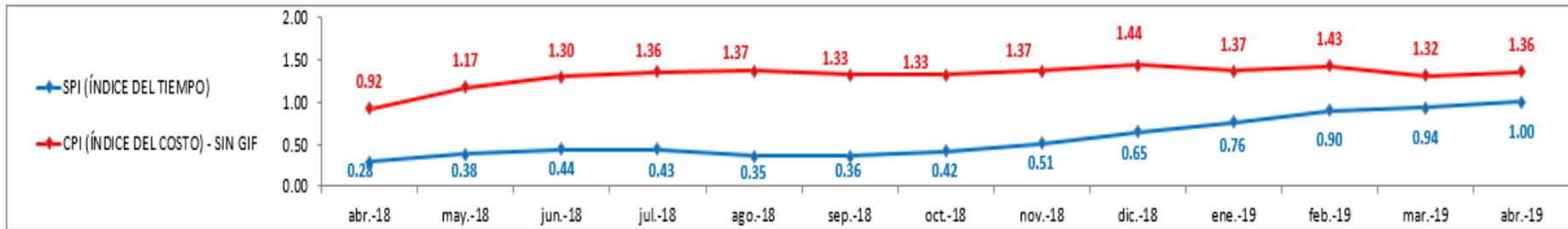
Tabla 8. Avance físico del proyecto

DESCRIPCIÓN	Abr-18	May-18	Jun-18	Jul-18	Ago-18	Set-18	Oct-18	Nov-18	Dic-18	Ene-19	Feb-19	Mar-19	Abr-19
% REAL MENSUAL	1.89%	6.29%	7.39%	6.48%	6.31%	6.42%	7.07%	9.23%	13.53%	11.30%	14.49%	3.43%	6.18%
% PROGRAMADO MENSUAL	6.64%	14.64%	14.04%	15.40%	29.73%	15.70%	3.70%	0.15%					
% REAL ACUMUL.	1.89%	8.18%	15.57%	22.04%	28.35%	34.77%	41.84%	51.07%	64.59%	75.90%	90.39%	93.82%	100.00%
% PROGRAMADO ACUMUL.	6.64%	21.28%	35.32%	50.72%	80.45%	96.15%	99.85%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
DESVIACIÓN	-4.76%	-13.11%	-19.75%	-28.67%	-52.10%	-61.38%	-58.02%	-48.93%	-35.41%	-24.10%	-9.61%	-6.18%	0.00%

Fuente: Oficina de planeamiento Haug S.A.

Tabla 9. Indicadores del proyecto

DESCRIPCIÓN	Abr-18	May-18	Jun-18	Jul-18	Ago-18	Set-18	Oct-18	Nov-18	Dic-18	Ene-19	Feb-19	Mar-19	Abr-19
BAC - META	8,419,853	8,419,853	8,419,853	8,419,853	8,419,853	8,419,853	8,419,853	8,419,853	8,419,853	8,419,853	8,419,853	7,858,804	8,300,740
PV	559,486	1,791,983	2,973,834	4,270,461	6,773,863	8,095,894	8,407,607	8,419,853	8,419,853	8,419,853	8,419,853	7,858,804	8,300,740
EV	158,986	688,382	1,310,567	1,856,090	2,386,987	2,927,577	3,522,681	4,299,942	5,438,784	6,390,566	7,610,685	7,899,628	8,300,740
EV mensual	158,986	529,396	622,185	545,523	530,897	540,590	595,104	777,261	1,138,842	951,782	1,220,119	288,942	401,113
AC	172,540	587,878	1,007,034	1,366,197	1,736,952	2,203,038	2,655,950	3,149,073	3,781,894	4,673,961	5,340,746	6,005,131	6,114,717
AC mensual	172,540	415,338	419,157	359,162	370,755	466,087	452,912	493,123	632,822	892,066	666,785	664,385	109,587
EV - AC mensual	-13,553	114,057	203,028	186,361	160,142	74,503	142,192	284,137	506,021	59,716	553,334	-375,442	291,526
SPI (ÍNDICE DEL TIEMPO)	0.28	0.38	0.44	0.43	0.35	0.36	0.42	0.51	0.65	0.76	0.90	0.94	1.00
CPI (ÍNDICE DEL COSTO) - SIN GIF	0.92	1.17	1.30	1.36	1.37	1.33	1.33	1.37	1.44	1.37	1.43	1.32	1.36
AC - CON GIF	177,478	598,042.92	1,022,148	1,386,480	1,765,796	2,238,406	2,701,858	3,202,283	3,843,273	4,744,186	5,418,261	6,086,389	6,197,600
AC mensual - con GIF	177,478	420,565	424,105	364,332	379,316	472,610	463,452	500,425	640,990	900,913	674,076	668,127	111,211
CPI (ÍNDICE DEL COSTO) - CON GIF	0.90	1.15	1.28	1.34	1.35	1.31	1.30	1.34	1.42	1.35	1.40	1.30	1.34



Fuente: Oficina de planeamiento Haug S.A.

Tabla 10. Informe de desempeño por tipo de recurso

CONCEPTO	PTO. INICIAL	ADIC./ DEDUCT.	BAC - META
MANO DE OBRA	1,274,121	-	1,274,121
MATERIALES	447,081	2,802,866	3,249,946
EQUIPOS	1,154,527	-	1,154,527
SUBCONTRATOS	93,406	-	93,406
COSTOS INDIRECTOS	2,647,852	-	2,647,852
TOTAL COSTO	5,616,988	2,802,866	8,419,853
GASTOS INDIRECTOS FABRICACION	-	-	-
TOTAL COSTO CON GIF	5,616,988	2,802,866	8,419,853
Gastos de Sede Central (AOC)	370,314	178,418	548,732
GASTOS FINANCIEROS	172,449	35,356	207,806
UTILIDAD	535,717	227,059	762,776
TOTAL CONTRACTUAL	6,695,468	3,243,699	9,939,167

Fuente: Oficina de planeamiento Haug S.A.

Tabla 11. Informe de desempeño por partida de control

CONCEPTO	PTO. INICIAL	ADIC./ DEDUCT.	BAC - META
COSTOS INDIRECTOS	2,637,645	-	2,637,645
01. SUPERVISIÓN	920,628	-	920,628
02. OBREROS INDIRECTOS	161,016	-	161,016
03. HSE Y EPPs	120,618	-	120,618
04. INFRAESTRUCTURA DE OBRA	129,954	-	129,954
05. ALOJAMIENTO Y ALIMENTACION	641,546	-	641,546
06. TRAMITE DE INGRESO Y SALIDA DE PERSONAL	152,755	-	152,755
07. TRANSPORTE DE PERSONAL	315,300	-	315,300
08. TRANSPORTE DE MATERIALES Y EQUIPOS	195,828	-	195,828
09. IMPREVISTOS Y COSTOS NO PRODUCTIVOS	-	-	-
20. MARGEN ADMINISTRATIVO	-	-	-
FABRICACIÓN EN PLANTA - UTILAJE PARA OBRA	-	-	-
TRABAJOS DE ALMACÉN EN PLANTA LURÍN	-	-	-
TRABAJOS DE MANTENIMIENTO EN PLANTA LURÍN	-	-	-
COSTOS DIRECTOS	2,979,343	2,802,866	5,782,209
01. TRABAJOS PRELIMINARES	10,551	-	10,551
02. ACERO ESTRUCTURAL	683,755	-	683,755
03. EQUIPOS MECANICOS	264,834	-	264,834
04. 05. E&I	422,400	-	422,400
06. PRECOM COM Y PUESTA EN MARCHA	162,118	-	162,118
07. ANDAMIOS Y MANIOBRAS	1,222,484	-	1,222,484
08. PRUEBAS Y ENSAYOS	58,885	-	58,885
09. CONSUMIBLES, EQUIPOS MENORES Y HERRAMIENTAS	154,316	-	154,316

10. ADICIONALES	-	2,802,866	2,802,866
TOTAL COSTO	5,616,988	2,802,866	8,419,853
GASTOS INDIRECTOS FABRICACION	-	-	-
TOTAL COSTO CON GIF	5,616,988	2,802,866	8,419,853
Gastos de Sede Central (AOC)	370,314	178,418	548,732
GASTOS FINANCIEROS	172,449	35,356	207,806
UTILIDAD	535,717	227,059	762,776
TOTAL CONTRACTUAL	6,695,468	3,243,699	9,939,167

Fuente: Oficina de planeamiento Haug S.A.

Entonces teniendo los datos de control del resultado operativo de obra se puede decir que el proyecto de montaje de la overland tipo radial, ha sido rentable para la empresa contratista teniendo un margen de ganancia del 48% al costo del proyecto como construcción (Pto inicial).

4.2 Recuperación de la inversión como montaje:

Como se observa en la evaluación económica de obra por parte de la empresa constructora, el monto designado solo para el montaje de la faja transportadora:

Costo contractual = 6, 695,468 US\$.

Costos Adicionales = 3, 243,699 US\$

Costo final de solo montaje de la faja transportadora = 9, 939,167 US\$,

A lo cual deberemos de tener en consideración:

El gasto anual ahorrado del método convencional = 4, 158,000 US\$.

Por lo que se tendrá una recuperación del montaje en 2 años y 4 meses.

CAPÍTULO IV

IV. CONCLUSIONES

1. Con el método de faja transportadora:

- Se tiene un mejor tiempo de acarreo de la materia prima:
Método convencional por Línea Amarilla → 1050TM/h, realizando 20 ciclos al día.
Método por faja transportadora → 1500TM/h la alimentación es constante, con una velocidad de faja de 9Km/ se transportará en 45 min 1125 TM, lo cual en una hora se tendrá los 1500TM/h
- Se mejora la cantidad de acarreo de 36Ktpd a comparación de los 21Ktpd del método convencional de acarreo por línea amarilla, siendo la diferencia de 15 Ktpd (71.4%) más de material transportado con una ganancia de 8,250US\$ al día.

Al año se tendrá ganado con los 15ktpd de diferencia un monto de 2, 970,00US\$ el cual serán designados para gastos operativos y de mantenimiento.
- Con la faja transportadora, se prescindirá de la empresa encargada del acarreo por línea amarilla, teniendo un ahorro anual de 4, 158,000US\$.

2. Montaje de la faja transportadora:

- El montaje de la faja transportadora radial nace en base a una necesidad de acarrear el material pórvido cuprífero desde el Stock Pile de Tintaya hacia al Stock Pile Antapaccay, siendo la empresa Haug la encargada de realizar la actividad, el montaje se realizó respetando el radio de proyecto el cual se adapta a la geografía de la zona.
- Para realizar el montaje de la faja transportadora, es necesario actuar en base a normas establecidas según CEMA, así como las especificaciones técnicas en base a la AISC, AWS, ASTM, el cual garantizan la funcionabilidad del sistema, aportando en el análisis de los PIE's (Plan de inspección y ensayos), siendo base de instructivos de trabajo o procedimientos de obra con respecto al montaje de una banda transportadora.
- Con la evaluación, análisis, replanteamiento topográfico de la poligonal de la faja overland para el posterior montaje de la banda transportadora se tiene un margen de ganancia en adicionales, teniendo una rentabilidad positiva tanto al nivel económico y comercial para la empresa contratista HAUG S.A.

3. Recuperación económica del montaje de la faja transportadora.

- La empresa responsable del montaje obtuvo una ganancia de :
 - o Costo contractual = 6, 695,468 US\$.
 - o Costos Adicionales = 3, 243,699 US\$
 - o Costo final de solo montaje de la faja transportadora = 9, 939,167 US\$.

- El costo total solo como montaje de la faja transportadora es de 9, 939,167US\$, lo cual teniendo el ahorro anual por el método convencional de 4, 158,000US\$, se pretende la recuperación de la inversión del montaje en dos años y cuatro meses.

CAPÍTULO V

V. REFERENCIAS

- AISC. (2016). *Code os Standard Practice For Steel Buildings And Bridges*. Chicago.
- CAPECO. (2012). *Norma CE.020 : Estabilización de suelos y talúdes*. Lima.
- CEMA. (2014). *MANUAL CEMA*. USA.
- RSCS. (2014). “*Specification for Structural Joints Using High-Strength Bolts*”. Chicago.
- SEMPERTRANS. (2017). *Conveyor Belt Solutions*. USA.
- SVENDBORG. (2018). *Installation and Maintenance Manual Brakes*. USA.
- THYSSENKRUPP. (2019). *Procedimiento de alineación en la instalación de durmiente*. USA.
- THYSSENKRUPP. (2019). *Procedimiento de alineación y nivelación en la Instalación de polines*. USA.
- WIKIPEDIA. (2020). https://es.wikipedia.org/wiki/Cinta_transportadora.

CAPÍTULO VI

VI. ANEXOS

1. Carla de seguridad y coordinaciones previos a los trabajos a realizar.



2. Equipo Vendor Thyssenkrupp con equipo HAUG responsable del montaje de la Faja Overland.



3. Proyecto Antapaccay - Charla de seguridad HAUG (José Martínez Dorado – Supervisor QC Mecánico)



4. Autorización de Residente de Obra



30 de Marzo del 2019

Se autoriza la información del proyecto para la realización de la TESIS DE MONTAJE DE LA FAJA TRANSPORTADORA DEL PROYECTO DE ANTAPACCAY, por parte de nuestro colaborador el Supervisor De Control De Calidad Mecánico, el Sr. José Martínez Dorado perteneciente de la UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN – INGENIERÍA INDUSTRIAL

Atentamente:


Ing. Alfredo Abad B.
RESIDENTE DE OBRA
HAUG S.A