

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

DISEÑO PARA CINTA TRANSPORTADORA DE COBRE

Trabajo de Titulación para optar al Título de
Técnico Universitario en PROYECTO Y
DISEÑO MECÁNICO

Alumnos:

Felipe Jara Osorio

Matías Montenegro Cristi

Profesor:

Ing. Carlos Antillanca Espina

RESUMEN

Keywords: SISTEMA DE TRANSPORTE, CINTA TRANSPORTADORA, TRANSPORTE MINERAL, COBRE.

En el primer capítulo se da a conocer información relevante para el estudio y diseño de una cinta transportadora, es decir, un sistema de transporte continuo, formado por una banda continua que se mueve entre dos tambores. Lo primero a identificar son los objetivos del proyecto, los cuales se dividen en objetivo general y objetivo específico. A continuación, se selecciona la metodología de diseño que es utilizada para llegar a la mejor solución de este proyecto. Para continuar, se verán reflejadas las especificaciones técnicas sobre la cinta transportadora y la chancadora, en donde estarán todos sus antecedentes, los cuales ayudan para la elección de la solución del proyecto. Se finaliza este capítulo con el reglamento, normas y mantenimientos principales para poder tener un correcto funcionamiento.

En el segundo capítulo, se va a seleccionar y observar la ingeniería básica del proyecto, partiendo por las indicaciones seleccionadas desde la metodología de diseño que será aplicada en el estudio. Este trabajo se iniciará mediante los cálculos principales, donde también se incluyen los parámetros principales que ayudan a definir o clasificar este sistema, en particular mostrando todos los subsistemas y componentes de la cinta transportadora. Esto está realizado para que el lector sea de cualquier tipo, teniendo o no conocimientos mecánicos o técnicos pueda comprender este proyecto. Para continuar, se muestran los datos de diseño para poder determinar el mejor, continuando con el modelado 3D para la cinta transportadora. Finalmente, se darán a conocer los costos del proyecto, lo que conlleva costos indirectos, costos directos y costos de tiempo.

En conclusión, por medio de los capítulos mencionados anteriormente, se logra llegar al objetivo principal y cada uno de los objetivos específicos, los cuales tienen como fin el desarrollo de una cinta transportadora con todos los detalles, ya sea parámetros establecidos para el desarrollo de ésta, la planimetría, los pasos para la fabricación y costos que conlleva la fabricación de ella.

ÍNDICE

RESUMEN

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES Y DOCUMENTACIÓN.	2
1.1. OBJETIVOS DEL PROYECTO	3
1.1.1. Objetivo principal	3
1.1.2. Objetivo específico	3
1.2. DIAGNÓSTICO Y METODOLOGÍA	4
1.2.1. Metodología de Bruno Munari	4
1.2.2. Metodología de Morris Asimov	5
1.2.3. Clarificación de la tarea	6
1.2.4. Diseño conceptual	6
1.2.5. Diseño de materialización	7
1.2.6. Diseño de detalle	7
1.3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	7
1.3.1. Especificaciones generales	8
1.3.2. Especificaciones detalladas	10
1.4. REGLAMENTO, NORMAS Y MANTENIMIENTOS	24
1.4.1. Reglamento y normas específicas de seguridad	24
1.4.2. Factores y recomendaciones para mantención de la cinta	27
CAPÍTULO 2: INGENIERÍA BÁSICA Y COSTOS.	29
2.1. CÁLCULOS DE LA CINTA TRANSPORTADORA	30
2.1.1. Definición de parámetros principales	30
2.1.2. Definición del ancho de la banda y velocidad	31
2.1.3. Cubicación del material	32
2.1.4. Sección transversal	35
2.1.5. Selección de la banda y sus características	37
2.1.6. Longitud de rodillos	38
2.1.7. Capacidad de la cinta transportadora para transportar material	38
2.1.8. Potencia de la banda	39
2.1.9. Resistencia de la banda	42

2.2.	DESARROLLO MODELADO 3D Y PLANIMETRIA	49
2.2.1.	Modelado 3D	49
2.2.2.	Planimetría	52
2.3.	COSTOS Y PRESUPUESTOS CINTA TRANSPORTADORA	57
2.3.1.	Costos obras civiles	57
2.3.2.	Costo estructura	59
2.3.3.	Costo electricidad	61
2.3.4.	Costo transporte y hospedaje	63
2.3.5.	Costo total del proyecto	63
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1.	Metodología diseño aplicada.	4
Figura 1-2.	Metodología de Bruno Munari.	5
Figura 1-3.	Metodología de Morris Asimov.	5
Figura 1-4.	Chancadora.	8
Figura 1-5.	Partes de una cinta transportadora.	10
Figura 1-6.	Bandas lisas.	10
Figura 1-7.	Bandas rugosas.	11
Figura 1-8.	Bandas con nervios.	11
Figura 1-9.	Bandas de tejidos y cables.	12
Figura 1-10.	Bandas de varias capas.	12
Figura 1-11.	Bandas sólidas.	12
Figura 1-12.	Carcasa y recubrimiento.	14
Figura 1-13.	Grapas metálicas.	14
Figura 1-14.	Partes de un rodillo.	15
Figura 1-15.	Rodillo de banda plana.	16
Figura 1-16.	Rodillo artesa en V.	16
Figura 1-17.	Familia de rodillos.	17
Figura 1-18.	Tambores.	17

Figura 1-19. Tambor Motriz.	18
Figura 1-20. Tambor de reenvío.	19
Figura 1-21. Sistema de tambores.	20
Figura 1-22. Componentes de un bastidor.	21
Figura 1-23. Bastidores con tubulares con rodillos.	22
Figura 1-24. Uniones y conexiones.	22
Figura 1-25. Soldadura.	22
Figura 1-26. Conexiones apernadas.	23
Figura 1-27. Motorreductor.	23
Figura 1-28. Equipo de protección.	26
Figura 1-29. Cinta transportadora.	27
Figura 1-30. Mantenimiento cinta transportadora.	28
Figura 2-1. Datos Catálogo Pirelli	30
Figura 2-2. Ángulo de reposo.	33
Figura 2-3. Ángulo de sobrecarga.	33
Figura 2-4. Datos de cinta en Artesa.	33
Figura 2-5. Longitudes del material a transportar.	35
Figura 2-6. Sección transversal.	36
Figura 2-7. Datos Catálogo Pirelli.	36
Figura 2-8. Banda.	37
Figura 2-9. Longitud de rodillos según ancho de banda.	38
Figura 2-10. Modelado cinta transportadora.	49
Figura 2-11. Modelado completo de cinta transportadora.	50
Figura 2-12. Modelado estructura cinta.	50
Figura 2-13. Rodillos principales.	51
Figura 2-14. Tambor motriz.	51
Figura 2-15. Estación rodillo de retorno.	52
Figura 2-16. Placa base 1.	52
Figura 2-17. Plano de conjunto.	53
Figura 2-18. Estructura cinta.	54
Figura 2-19. Planimetría circuito eléctrico de parada emergencia.	54
Figura 2-20. Plano de fundaciones.	55
Figura 2-21. Placa base 2.	55
Figura 2-22. Estación de rodillos 1.	56

Figura 2-23. Estación de rodillos 2.	56
Figura 2-24. Personal para OO.CC.	57
Figura 2-25. Materiales para OO.CC.	58
Figura 2-26. Insumos para OO.CC.	58
Figura 2-27. Dinero necesario para OO.CC.	59
Figura 2-28. Personal para estructura.	59
Figura 2-29. Materiales para estructura.	60
Figura 2-30. Insumos para estructura.	60
Figura 2-31. Dinero necesario para estructura.	61
Figura 2-32. Personal eléctrico.	61
Figura 2-33. Material eléctrico.	62
Figura 2-34. Insumos eléctricos.	62
Figura 2-35. Dinero necesario para electricidad.	62
Figura 2-36. Transporte y hospedaje.	63
Figura 2-37. Costo total del proyecto.	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1. Especificaciones generales chancadora.	9
Tabla 1-2. Materiales del tejido.	13
Tabla 1-3. Anchos normalizados.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 1-4. Diámetros de tambores.	18
Tabla 1-5. Anchos de banda y tambor.	18
Tabla 2-1. Características del cobre según Catalogo Pirrelli.	31
Tabla 2-2. Ancho y velocidad de bandas transportadoras.	32
Tabla 2-3. DIN 22101.	32
Tabla 2-4. Factor de reducción de capacidad por inclinación según DIN 22101.	37
Tabla 2-5. Factor de ancho de banda (Cb).	40
Tabla 2-6. Factor de longitud de banda (CL).	40
Tabla 2-7. Condiciones de trabajo (Kf).	40
Tabla 2-8. Potencias adicionales.	41
Tabla 2-9. Coeficiente de fricción según superficie de tambor C_r .	43
Tabla 2-10. Coeficiente de fricción recomendados.	45

Tabla 2-11. Masas de la banda.	45
Tabla 2-12. Configuración de rodillos.	47
Tabla 2-13. Separación entre dos rodillos superiores.	48

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

A. SIGLA

- DIM : Deutsches Institut für Normung (Instituto Alemán de Normalización)
- SAE : Society of Automotive Engineers (nomenclatura y composición de los aceros)
- ASTM : American Society for Testing and Materials
- PVC : Policloruro de Vinilo
- AISI : American Iron and Steel Institute (clasificación de aceros)
- CR : Factor de fricción según la superficie del tambor
- Cv : Factor de pérdida de resistencia a tracción según el tipo de banda
- PT : Potencia total (parcial)
- FH : Resistencias principales
- F : Coeficiente de fricción
- L : Longitud de la banda
- G : Aceleración gravitacional

B. SÍMBOLOS

- Φ : Ángulo de inclinación de la banda
- M/s : Minutos por segundos
- M : Metros
- ton/hr : Toneladas por hora
- mm : Milímetros
- m³ : Metro cúbico
- k : Kilogramo
- K/m : Kilogramo por metro
- t/h : Toneladas por hora

rpm	:	Revoluciones por minuto
Pulg	:	Pulgadas
m / s^2	:	Metros por segundo al cuadrado
kg/s	:	Kilogramo por segundo
s^2	:	Segundo al cuadrado
Kw	:	Kilowatt
M^3/hr	:	Metro cúbico por hora
W	:	Watt
H	:	Flecha que se forma en la banda
G	:	Aceleración gravitacional
$m'R$	:	Masa de los rodillos por unidad de longitud
$m'G$	:	Masa de la banda por unidad de longitud
$m'L$	:	Masa de la carga por unidad de longitud
n	:	Velocidad de los rodillos
v	:	Velocidad de la banda
Dr	:	Diámetro de los rodillos
Qm	:	Es la capacidad de la banda
$m'R$	:	Masa de los Rodillos por unidad de longitud
$m'G$	:	Masa de la banda por unidad de longitud
$m'L$	:	Masa de la carga por unidad de longitud
mRo	:	Masa de uno de los conjuntos de rodillos superiores
mRu	:	Masa de uno de los conjuntos de rodillos inferiores
lo	:	Separación entre dos estaciones de rodillos superiores
lu	:	Separación entre dos estaciones de rodillos inferiores
Tx	:	Tensión que existe en un punto X de la banda

INTRODUCCIÓN

Las cintas transportadoras son un sistema de transporte continuo que está formado por una banda continua que se mueve entre tambores.

Para hablar de las primeras cintas transportadoras, hay que trasladarse varios años atrás, ya que la fecha data de aproximadamente el año 1795, según la información recopilada, y que fueron utilizadas en la minería para el transporte de carbón y otros materiales mineros. Estas cintas transportadoras eran de corta longitud y se buscaba el terreno más plano para que no existiera problema en el funcionamiento.

El primer sistema que se ideó fue muy primitivo, ya que trataba de una cinta de cuero que se deslizaba por madera, pero este no fue exitoso al pasar el tiempo.

Por lo anterior, este sistema primitivo fue analizado por ingenieros los cuales se dieron cuenta de aspectos a contemplar para poder realizar un sistema para una cinta que trasladara grandes cantidades de materiales de un lugar a otro.

Con el estudio realizado, a comienzos del Siglo XX, se logra establecer una cinta transportadora que fue exitosa y también se estableció que el traslado de grandes volúmenes de materiales funcionaba a largas distancias. Lo hicieron con una longitud de 8 kilómetros y esta consistía en pliegues de algodón de pato, cubierta por goma natural, siendo estos materiales los únicos ocupados para la fabricación de ella en esos años.

En el presente informe, se dan a conocer parámetros para el diseño de una cinta transportadora para el traslado de cobre de la minera “Codelco Andina”, ubicada en la ciudad de Los Andes, V región.

Para poder realizar el diseño para el proyecto, se comienza con una investigación para poder satisfacer todas las necesidades de la empresa mandante.

La investigación ayuda a que cada dato sea preciso para poseer una base técnica y teórica que valide todo lo que se obtiene. Para esto, se calcularán los componentes principales, se estudiará el terreno, se desarrollará la planimetría y diseño final del proyecto.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES Y DOCUMENTACIÓN

1. ANTECEDENTES GENERALES Y DOCUMENTACIÓN

En el presente capítulo se van a conceptualizar y a aludir ideas básicas del proyecto, incluyendo en él los objetivos del proyecto, la metodología de diseño a emplear, el funcionamiento de una cinta transportadora y para qué se puede utilizar.

1.1. OBJETIVOS DEL PROYECTO

Existe una serie de etapas las cuales se debe realizar para cumplir con el proyecto y solucionar el problema. Estas etapas se dividen en objetivo principal, el cual buscará solucionar un problema, en este proyecto es que en esta minera la capacidad de las cintas transportadoras se vio sobrepasada y necesitan implementar más para poder tener un trabajo eficaz. Además, se encuentran los objetivos específicos, que son etapas las cuales se deben realizar para llegar al objetivo principal.

1.1.1. Objetivo principal

Diseñar una cinta transportadora en el ámbito minero la cual tiene que transportar cobre para la minera “Codelco Andina”.

1.1.2. Objetivos específicos

Se sigue un conjunto de objetivos específicos para poder completar el objetivo específico, las cuales son las siguientes:

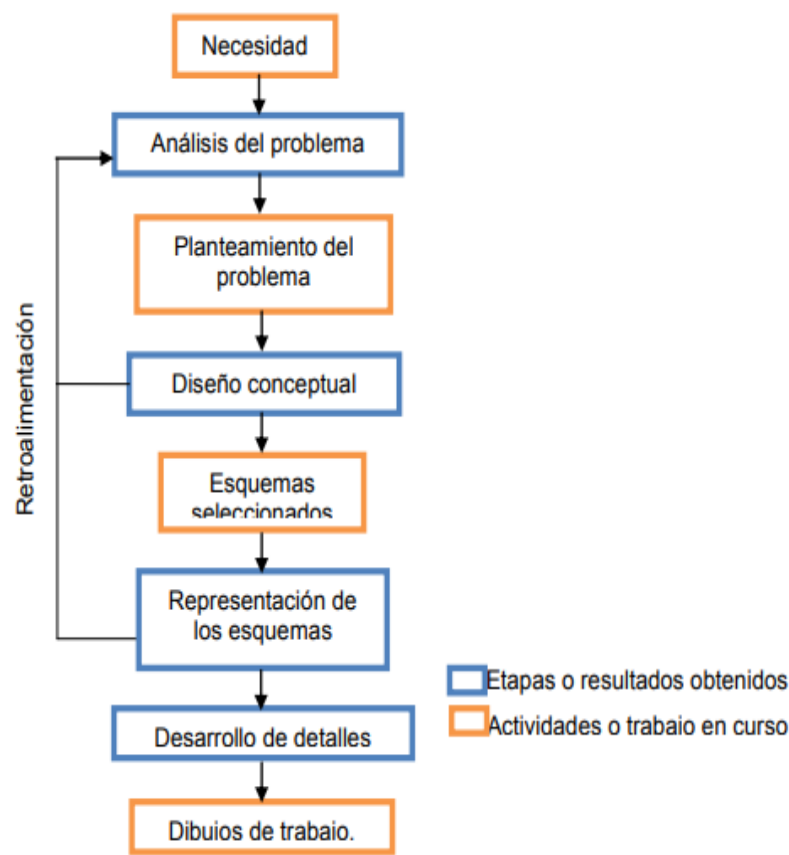
- Investigar y examinar posibles soluciones según la metodología de diseño utilizada.
- Investigar y examinar especificaciones técnicas sobre los componentes de la cinta
- Evaluar y elegir la solución de diseño más factible, pero a la vez innovadora.
- Realizar la ingeniería básica y la planimetría del proyecto
- Realizar cotizaciones y analizar costos del proyecto.

1.2. DIAGNÓSTICO Y METODOLOGÍA

La metodología de diseño a utilizar será la denominada “**Modelo de Fases**”, propuesta en 1985 por Michael French (véase la Figura 1-1)

Este autor postula que teniendo clara la necesidad, la solución a un inconveniente de diseño se expresa en cuatro niveles distintos:

- Análisis del problema: la identificación de la tarea, donde se plantea un inconveniente y se reducen las especificaciones.
- Diseño conceptual: etapa donde se escogen los esquemas o ideas más adecuadas para el proyecto, basándose en la innovación.
- Diseño de materialización: la ingeniería básica del proyecto.
- Desarrollo de detalles: la ingeniería de detalle del proyecto.



Fuente: <https://es.slideshare.net/ricardocuberos/metodos-de-diseo-clase-4>

Figura 1-1. Metodología diseño aplicada.

1.2.1. Metodología de Bruno Munari

La metodología de Bruno Munari, es una guía para la creación de distintos tipos de diseño en base a un problema. Esta metodología facilita la resolución del problema,

siguiendo pasos o etapas de elaboración; que ayudan a que el diseño pueda ser primeramente verificado para su comprobación de calidad y posteriormente la realización final del mismo con todas las correcciones pertinentes. (Ver Figura 1-2).



Fuente: https://decursodelmetodo.wordpress.com/2012/03/10/metodo_munari/

Figura 1-2. Metodología de Bruno Munari.

1.2.2. Metodología de Morris Asimov

Este autor concibe el proceso de diseño de manera muy similar al de la información. Así, la actividad proyectual, básicamente consiste en "la recolección, manejo y organización creativa de información relevante de la situación del problema.

En su método, Asimov considera que existen dos grandes fases que se interrelacionan entre sí. La primera es primordial, llamada la fase de planeación y morfología y consiste en las siguientes etapas: estudio de factibilidad, diseño preliminar, diseño detallado, planeación del proceso de producción, planeación de la distribución, planeación del consumo, planeación del retiro del producto. (Ver Figura 1-3).



Fuente: <https://vdocuments.mx/metodologia-de-diseno-propuesta-por-christopher-jones.htm>

Figura 1-3. Metodología de Morris Asimov.

1.2.3. Clarificación de la tarea

En esta primera etapa, se da una idea de características sobre el producto o el proceso, pero aún no se define en su totalidad como para iniciar el trabajo y diseñarlo con todas las definiciones de acierto. Por lo tanto, esta percepción inicial puede recibir modificaciones con el paso de las etapas que vienen posteriormente y como consecuencia se le haga una revisión constante a esta observación inicial. Para este proyecto, la clarificación de la tarea es el diseño de una cinta transportadora para el traslado de cobre en la minera “Codelco Andina”, la cual llevará sus especificaciones técnicas y de montaje para que especialistas lo hagan.

1.2.4. Diseño conceptual

En busca de la solución del problema, se van a generar diferentes alternativas de ideas las cuales serán evaluadas y, a través de esta evaluación, se llega a la solución más eficaz para el proyecto.

La elección de esta idea debe estar fomentada por un sentido crítico y riguroso, ya que cualquier omisión provocará fallas o dificultades más adelante en el producto. Para este proyecto, las preguntas a responder son:

- ¿Hay varios tipos de cinta transportadoras? ¿Cuáles son?
- ¿Qué tipo de material va a trasladar la cinta transportadora?
- ¿Debe soportar temperaturas? (Baja o alta)
- ¿Cuánta es la distancia que necesita recorrer?
- ¿Qué tipo de cinta vamos a necesitar?
- ¿Cuánto es el área que requiere esta cinta transportadora?
- ¿De cuánto será el grosor de la cinta transportadora?
- ¿Cuál será la longitud de la cinta?

A través de estas preguntas es cómo se llevará a cabo una búsqueda de información para diseñar la cinta transportadora, teniendo en cuenta todos los aspectos necesarios para la realización de esta.

Una solución podría ser que en el tambor de reenvío se coloque una tolva y otra cinta transportadora para la pérdida de material que ahí existe y también agregar rodillos a cercanas distancias para que exista una mayor resistencia, ya que se debe transportar cobre de grandes magnitudes y de gran peso.

1.2.5. Diseño de materialización

Una vez dada la solución o una idea ella, esta se debe materializar mediante componentes como sus materiales, formas, dimensiones y acabados.

Como resultado se tendrán los conceptos definidos del diseño que muestra la articulación de las diferentes partes. Esta parte de la metodología de diseño se puede relacionar con la ingeniería básica del proyecto, ya que se incluye la solución final al proyecto, en conjunto con los bosquejos y croquis realizados, con los análisis de sus componentes y subsistemas. La desarrollaremos en 2 fases:

- Lluvia de ideas: donde se van a dar diseños preliminares que se clarifican en todo aspecto hasta que se encuentre la combinación óptima para este.
- Selección de diseño: esté se realiza a través de pruebas de funcionalidad, uso, durabilidad, facilidad de elaboración y montaje.

En este proyecto se va a diseñar una cinta transportadora mediante las condiciones que proponga la empresa mandante. En este caso, las condiciones estarán basadas en el terreno, en el material a transportar, en la distancia de traslado y qué operaciones tendrán en base a esta cinta.

1.2.6. Diseño de detalle

El diseño de detalle será la última etapa en este proceso de diseño que tiene como objetivo la realización de los documentos necesarios para la fabricación de la cinta transportadora. Esta etapa incluirá:

- Planos de fabricación.
- Análisis de cargas que serán aplicadas.

En conclusión, esta última etapa será la más larga, ya que será la ingeniería de detalle en donde mostraremos las resultantes de la ingeniería básica del proyecto.

1.3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

En esta sección se dan a conocer las especificaciones técnicas las cuales se definen como:

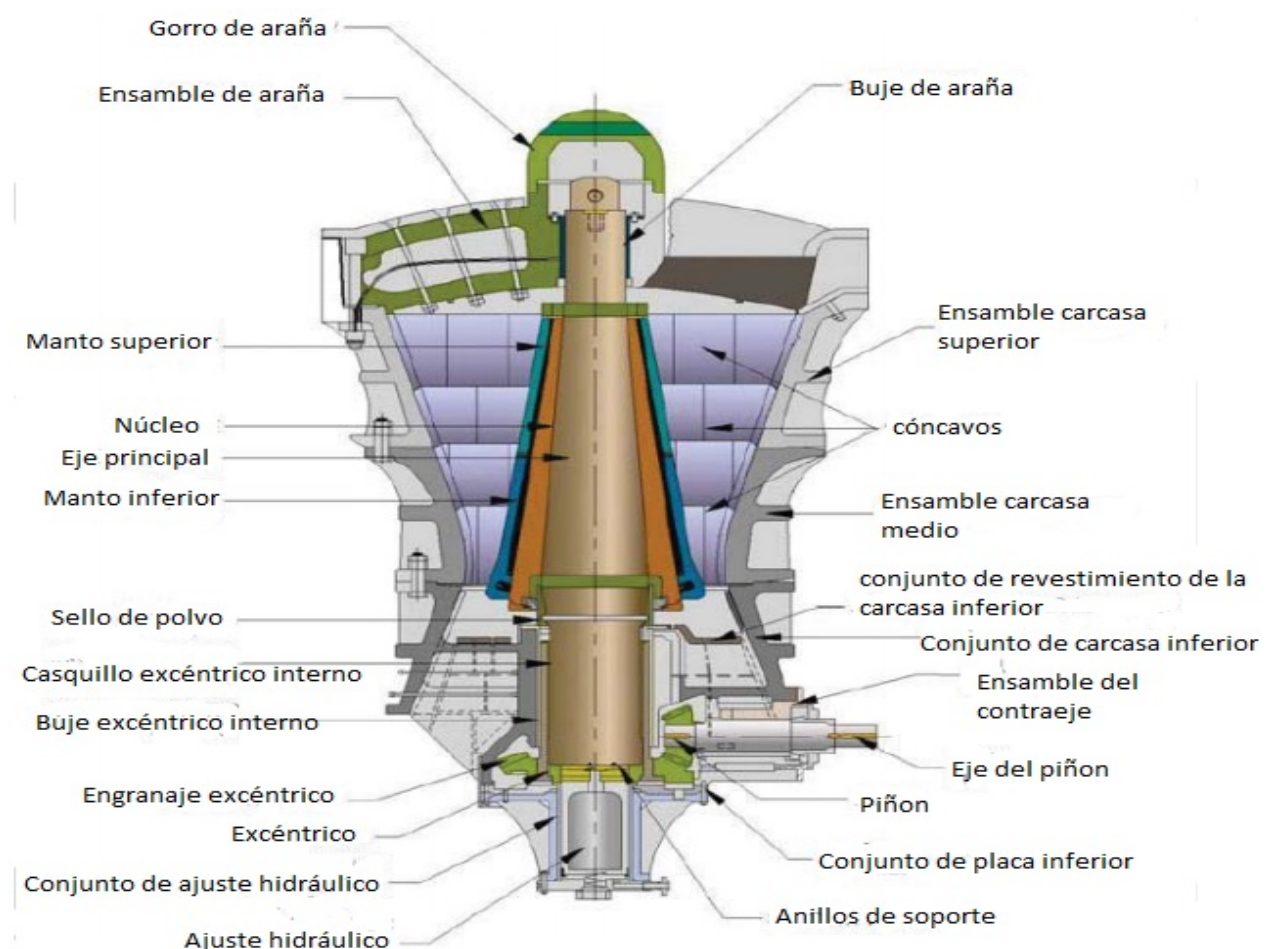
- Especificaciones generales
- Especificaciones específicas

En las cuales se define el funcionamiento y partes principales de la cinta transportadora, los tipos y los mecanismos que se utilizan, y también maquinarias que son complementarias, en este caso la chancadora.

1.3.1. Especificaciones generales

La chancadora: Es el equipo mecánico principal en la fase de trituración, donde su objetivo es provocar la fractura de las rocas. Dependiendo del requerimiento de la empresa, se pueden realizar múltiples etapas de chancado (primaria, secundaria, terciaria), provocando cada una de ellas una reducción progresiva de tamaño de mineral (Ver Figura 1-4).

La chancadora consiste en un cono o manto que gira de forma excéntrica dentro de una carcasa de construcción robusta, el manto está afirmado en la parte superior de la carcasa llamada araña y el movimiento excéntrico se obtiene entre la unión de la excéntrica y el contra-eje, conectado a un motor eléctrico en el mismo eje horizontal.



Fuente: http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-6500/UCD6657_01.pdf

Figura 1-4. Chancadora.

Las especificaciones generales de la chancadora a utilizar en este proyecto se detallan en la Tabla 1-1.

Tabla 1-1. Especificaciones generales chancadora.

ESPECIFICACIONES	OBSERVACIONES
TAG	3111-CR-001
PROVEEDOR	FLSmidth
MODELO/TAMAÑO	TSU / 63`` x 18``
TIPO DE CHANCADORA	GIRATORIA
CAPACIDAD DE DISEÑO	4125 ton/hr
TAMAÑO DE ALIMENTACIÓN ALIMENTACIÓN F80	450mm
TAMAÑO DE PRODUCTO PRODUCTO P100 PRODUCTO P80	250mm 115mm

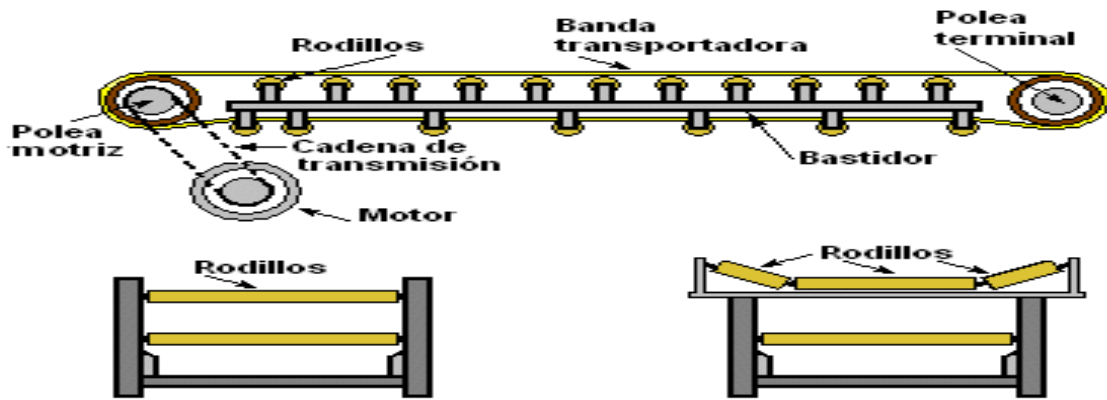
Fuente: http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-6500/UCD6657_01.pdf

La chancadora tiene 4 sistemas:

- De accionamiento: convierte la energía eléctrica en energía mecánica.
- Lubricación: lubrica por medio de aceite las zonas de contacto para evitar el desgaste.
- Hidroset: sirve para controlar la granulometría del producto chancado, además compensa el desgaste del manto y cóncavas.
- Sello de polvo: evita la contaminación de del aceite con partículas de polvo del ambiente.

-Cinta transportadora: Es un sistema de transporte continuo formado por una banda continua a través de tambores (polea motriz, polea terminal ver figura 1-5) la cinta transportadora es soportada por rodillos entre los tambores denominados rodillos de soporte.

La banda anteriormente mencionada se arrastra por la fricción de los tambores, que se produce por la aplicación de una tensión de la banda mediante un mecanismo tensor (husillo o tornillo), y todo esto está siendo accionado por un motor. Un tambor suele girar libre y es el que le produce retorno a la banda.



Fuente:

https://www.researchgate.net/figure/Esquema-de-las-partes-de-la-cinta-transportadora_fig64_321533608

Figura 1-5. Partes de una cinta transportadora.

1.3.2. Especificaciones detalladas

En esta sección, se profundizará en todas las especificaciones técnicas esenciales de los componentes de la cinta transportadora como su funcionamiento y materiales de fabricación.

- a) La banda: es el elemento principal, ya que es el encargado de transportar la carga, absorbe las tensiones desarrolladas en el arranque, absorbe la energía de impacto en el punto de carga y por último resiste efectos de temperatura y químicos.

La banda se puede clasificar en distintos tipos dependiendo de su aspecto:

- Según aspecto de la carga:

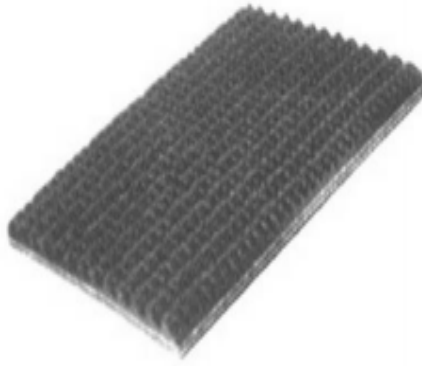
-Lisas (Ver Figura 1-6).



http://www.powergripsa.com.ar/fabrica_de_bandas_transportadoras_en_zona_sur.htm

Figura 1-6. Bandas lisas.

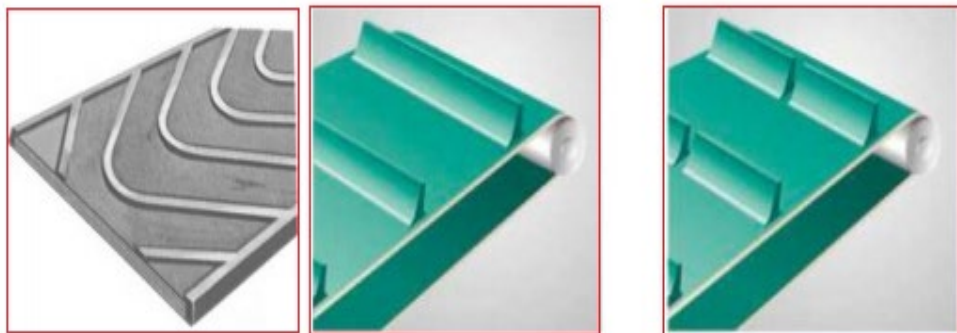
-Rugosas (Ver Figura 1-7).



Fuente: <https://www.bandasindustriales.com/goma.html>

Figura 1-7. Bandas rugosas.

-Con nervios, tacos o bordes laterales vulcanizados. (Ver Figura 1-8).



Fuente: <http://vulcanizadosloype.com/index.php/productos/2-productos/9-bandas-transportadoras.html>

Figura 1-8. Bandas con nervios.

- Según tipo de tejido:

-Tejidos sintéticos y cables de acero (Ver Figura 1-9).





Fuente: <http://www.mhsperu.com/fajastransportadoras.html>

Figura 1-9. Bandas de tejidos y cables.

- Según disposición del tejido

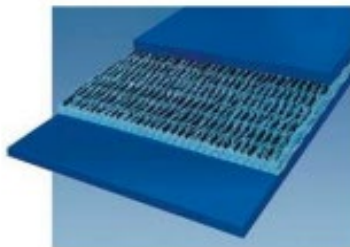
-Varias capas (Ver Figura 1-10).



Fuente: <http://www.mhsperu.com/fajastransportadoras.html>

Figura 1-10. Bandas de varias capas.

-Sólido (Ver Figura 1-11).



Fuente: <https://www.directindustry.es/prod/phoenix-conveyor-belts/product-14812-62025.html>

Figura 1-11. Bandas sólidas.

-Tejidos: los materiales de tejidos utilizados en la actualidad para diseñar una banda se ven reflejados en la Tabla 1-2 la cual viene establecida por la norma DIN 22101.

Tabla 1-2. Materiales del tejido.

Letra identificativa	Material del tejido
B	Algodón
Z	Viscosilla
R	Rayón
P	Poliamida
E	Poliéster
D	Aramida
G	Fibra de vidrio

Fuente: <https://docplayer.es/70911450-Fundamentos-de-diseno-de-las-correas-transportadoras-phoenix-nueva-norma-din-22101>

Para la fabricación de bandas, según la Tabla 1-2, la preferencia siempre será el acero ya que es aquel que es capaz de soportar grandes tensiones lo que genera un trabajo eficiente para la cinta transportadora. Los cables de acero están galvanizados (proceso electroquímico por el cual se puede cubrir un metal con otro) y embebidos (o dentro) en la goma lo que garantiza una perfecta marcha de la banda.

Según la misma norma DIN 22101, se establecen los anchos normalizados de las bandas en unidades de milímetros (mm), véase la Tabla 1-3.

300	400	500	600	650	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200
-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------

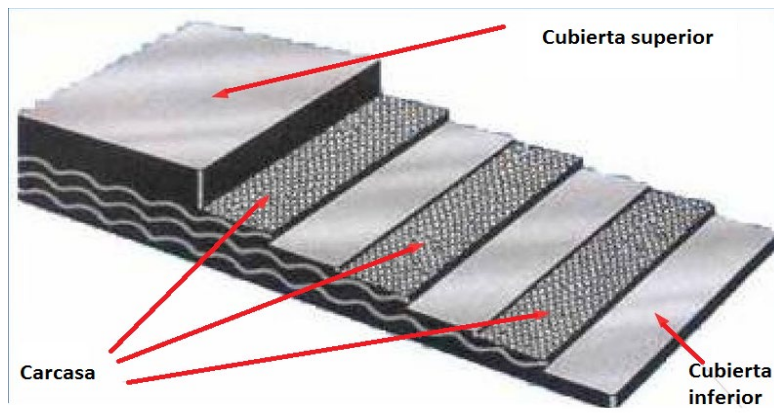
Tabla 1-3. Anchos normalizados.

Fuente: <https://docplayer.es/70911450-Fundamentos-de-diseno-de-las-correas-transportadoras-phoenix-nueva-norma-din-22101>.

- Carcasa y recubrimiento:

La carcasa se forma por hilos longitudinales y por hilos transversales. Los hilos longitudinales que soportan los esfuerzos de tracción, son en general bastante más resistentes que los hilos transversales, los cuales solo soportan esfuerzos secundarios, derivados de la adaptación a la forma de artesa y de los producidos por los impactos.

Los recubrimientos o partes externas están formados por caucho natural, PVC u otros materiales (ver Figura 1-12).



Fuente: http://www.savatech.eu/pdf/transport/Bandas_Transportadoras.pdf

Figura 1-12. Carcasa y recubrimiento.

-Grapas metálicas: la unión de bandas ocurre mediante estas en el proyecto a realizar, ya que es para ámbito minero (Véase Figura 1-13). Por lo tanto, debe cumplir una serie de condiciones las cuales son:

- Facilitar la adaptación de los tambores
- Demostrar la misma resistencia en la banda como en el empalme
- Debe acceder a una adaptación para ambos sentidos
- No debe deteriorar las bandas



Fuente: <https://www.directindustry.es/prod/flexco/product-14800-39333.html>

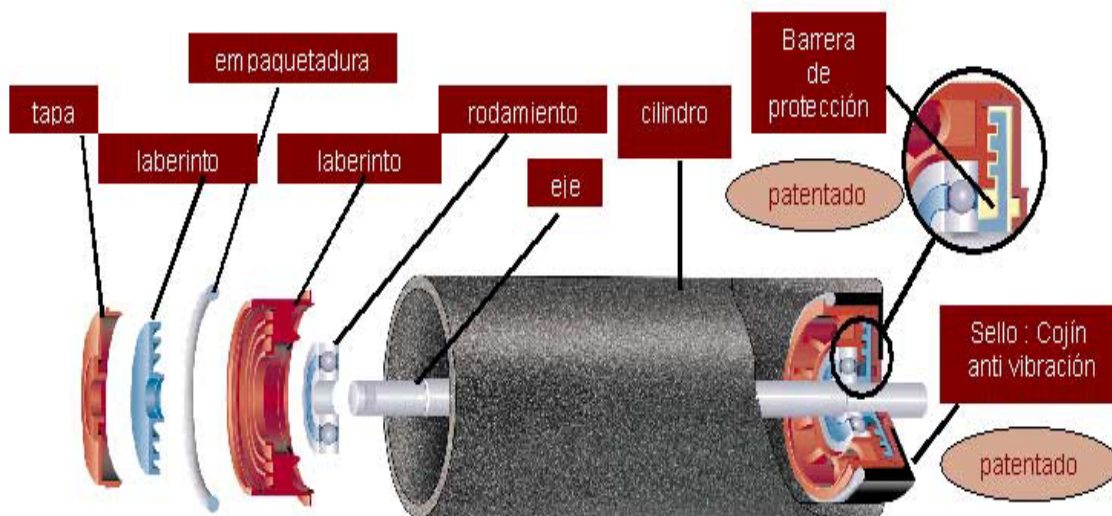
Figura 1-13. Grapas metálicas.

Para finalizar sobre la banda, debemos agregar lo que se le llama “Longitud de Transición” que es el paso de la banda sobre todos los puntos y produce efecto sobre esta. Las consecuencias que tiene son un alargamiento de los bordes de la banda y afecta a partes centrales de esta. En ambas zonas de transición de los tambores, existe un alargamiento, tanto en el motriz como en el de reenvío, teniendo diferencias de alargamiento en relación a las tensiones producidas en estas, siendo el tambor motriz el que produce un mayor alargamiento, lo que puede producir un mal funcionamiento de la banda. Para solucionar este problema se deben calcular bien las distancias que se ajustan los rodillos principales, en relación con el tambor motriz, el cual se demostrará más adelante.

- b) - Rodillos: es un componente principal de la cinta transportadora y depende de estas el buen funcionamiento de ella, de lo contrario, aumenta la fricción, el consumo de energía y el desgaste de las cubiertas de la banda, reduciendo la vida útil de la anteriormente mencionada cinta.

En la cinta transportadora, el rodillo tiene funciones precisas como soportar la banda y el material, contribuye al centrado de la banda y ayuda a la limpieza de esta misma.

El rodillo está formado por un conjunto de piezas, las cuales se representan en la Figura 1-14.



Fuente: <https://html/rodillos-y-cintas-transportadoras.html>

Figura 1-14. Partes de un rodillo.

-Componentes principales:

- Rodamiento: los rodamientos de bolas tienen una capacidad de carga para soportar velocidades y tiempos de duración exigidos por los usuarios. Su coeficiente de fricción es reducido.
- Eje: suele fabricarse de aceros finos al carbono y su función es guiar el movimiento rotatorio que tiene el rodillo y además genera la coaxialidad.
- Cuerpo del rodillo: formado por el tubo cilíndrico y por los extremos. Su fabricación se genera con un peso más ligero, siendo la parte cilíndrica de acero.

Para que los rodillos cumplan su función, debe adoptar diferentes posiciones (Véase Figura 1-15, Figura 1-16 y Figura 1-17).



Fuente: <http://belteccs.com/categoria-producto/componentes-para-transportadores/rodillos-para-transportadores/>

Figura 1-15. Rodillo de banda plana.



Fuente: <http://www.polybandas.cl/wp-content/uploads/2018/04/Full-Line-PPI-Spanish.pdf>

Figura 1-16. Rodillo ártesa en V.



Fuente: <http://tecnibandas.com/bandas-transportadoras-en-monterrey/>

Figura 1-17. Familia de rodillos.

- c) -Tambores: componente demostrado en la Figura 1-18, que, debido a su giro, provoca el avance de la cinta, debido a la fricción de esta sobre ellos.



Fuente: <http://belteccs.com/categoria-producto/componentes-para-transportadores/>

Figura 1-18. Tambores.

Sus componentes principales son:

- Envoltente cilíndrica y discos laterales, donde se forma un solo cuerpo.
- Eje
- Elementos de unión
- Recubrimientos

Según la norma DIN 22101, los tambores se dividen en tres grupos:

- Grupo A: Motrices, están sometidas a tensiones del 60% al 100%.
- Grupo B: Tambores no motrices, sometidas a menores tensiones que las anteriores.

- Grupo C: Tambores no motrices, sometidas a menores tensiones, pero con un ángulo de arrollamiento menor de 90°.

En la actualidad, año 2021, la construcción de tambores es electrosoldada, siendo el material del envolvente acero suave, y los discos, ya sea de acero suave también o de acero moldeado.

Las dimensiones principales de los tambores, diámetro y longitud, están normalizadas según DIN 22101 véase en la Tabla 1-4 y 1-5.

Tabla 1-4. Diámetros de tambores.

190	250	320	400	500	630	800	1000	1250	1400	1600
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------

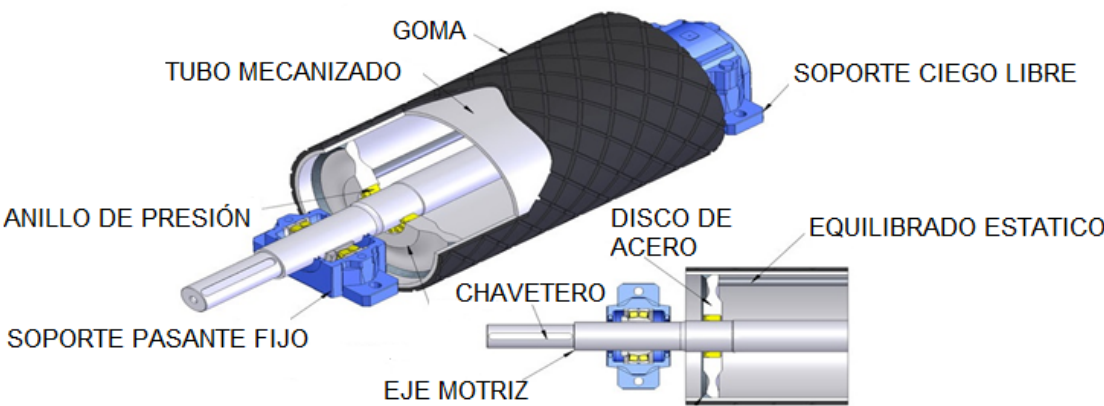
Tabla 1-5. Anchos de banda y tambor.

ANCHO DE BANDA	400	500	650	800	1000	1200	1400	1600	1800	2200
ANCHO DE TAMBOR	500	600	750	950	1150	1400	1600	1800	2000	2200

Fuente: www.docplayer.es/70911450-Fundamentos-de-diseno-de-las-correas-transportadoras-phoenix-nueva-norma-din-22101

Los diferentes tipos de tambores se dividen en:

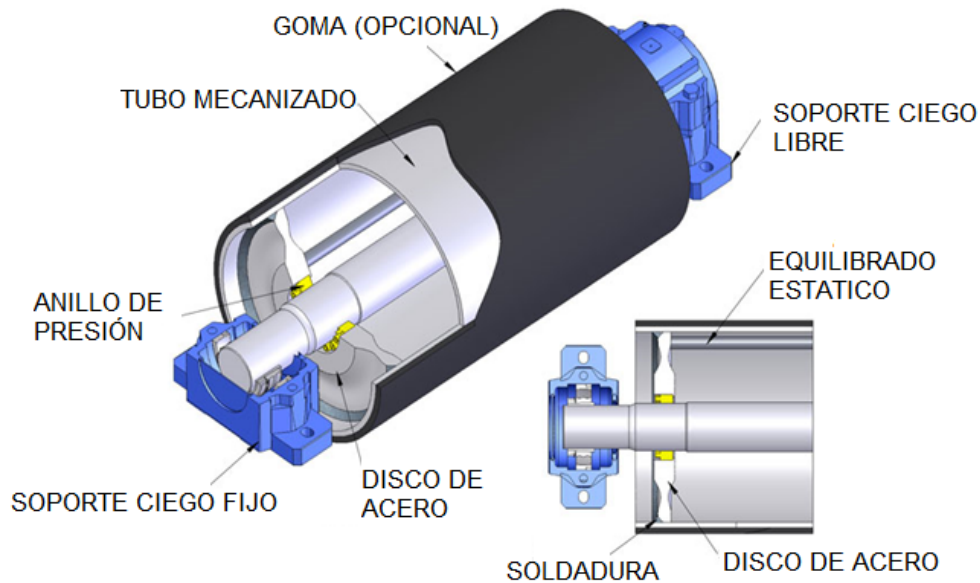
- Motriz: encargado de transmitir fuerzas tangenciales que se producen por el moto-reductor a la banda. (Ver Figura 1-19).



Fuente: <https://rotranssa.com/tambores-y-poleas/cola>

Figura 1-19. Tambor Motriz.

- No motriz: encargados del cambio de trayectoria de la banda



Fuente: <https://rotranssa.com/tambores-y-poleas/cola>

Figura 1-20. Tambor de reenvío.

Estos tambores no motrices se pueden dividir dependiendo de su posición en relación con la banda, según esto son:

- De descarga
- De inflexión o presión
- De desvío
- De reenvío
- Tensores

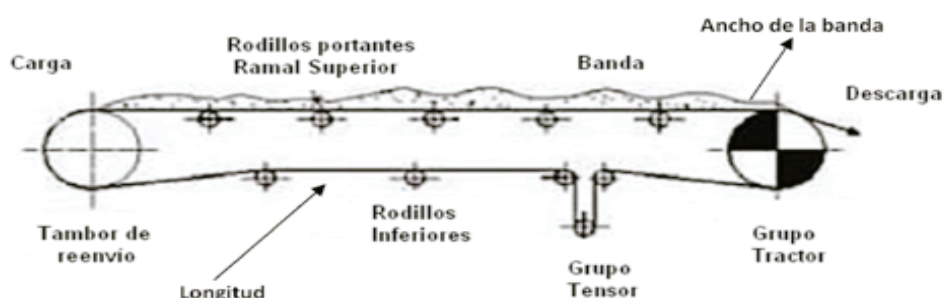
El recubrimiento de los tambores no se efectúa en todos ellos, sino en los que se van a indicar a continuación con las siguientes características y por las siguientes razones:

- Tambores motrices: Para aumentar el coeficiente de fricción entre tambor y banda, y, por consiguiente, aumentar el coeficiente de transmisión inferior.

La característica de la goma en los tambores motrices es que su recubrimiento puede tener la superficie lisa con estrías helicoidales sencillas o dobles, pero de sentido opuesto.

- Tambores de presión y desvío: los cuales están en contacto con la cara sucia de la banda, para ayudar en la limpieza de esta y evitar la rotura de la banda.

La función de limpieza de los recubrimientos en los tambores no motrices se usa cuando se trasladan materiales que dejan suciedad en la banda, de forma que, bajo el efecto de la presión de la banda sobre el tambor, la suciedad queda embebida sobre la misma, y al recuperar la goma del tambor su libertad, la suciedad es en parte expulsada (Ver Figura 1-21).



Fuente: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rbct/article/view/29251/39425>

Figura 1-21. Sistema de tambores.

d) Tensor de la banda:

Sus funciones principales son:

1. Lograr el adecuado contacto entre banda y tambor motriz, para que se efectúe la transmisión de fuerza desde el tambor a la banda, impidiendo el patinaje. Para ello, es necesario aplicar una fuerza de valor adecuado en el lado de salida de la banda.
2. Evitar derrames de material en las proximidades de los puntos de carga, motivados por falta de tensión en la banda. Esta insuficiencia de tensión origina las siguientes consecuencias:

Que la brecha entre dos de rodillos portantes sea excesiva, produciéndose fugas de material entre la banda y faldón de guiado de las zonas de carga cuando, el material es fino y también desbordes en las proximidades de carga, cuando el material es grueso.

Contacto insuficiente entre banda y rodillos, sobre todo cuando el ángulo es grande.

3. Compensar las variaciones de longitud producidas en la banda. Estas variaciones son debidas a cambios de tensión en la banda, producidos por variaciones en el caudal de la cinta o durante el arranque y frenado.

Las funciones secundarias de los dispositivos tensores son:

1. En cintas corrientes, en las que se ha producido un desgarró de la banda, es obligatorio cortar el trozo roto.
2. En cintas de interior de mina, en las cuales concurren circunstancias especiales. En este caso, la cinta no tiene una longitud, sino que esta va aumentando conforme avanza él frente de la mina. En este caso, es necesario el empleo de tensores de lazo.

e) Bastidores: Los bastidores son los componentes más sencillos de las cintas, y su función es la de soportar las cargas de material, banda, rodillos y las posibles cubiertas de protección contra el viento, entre el punto de alimentación y el de descarga del material. Se compone de los rodillos, ramales superiores e inferior y de la propia estructura soporte.

Estructura portante, normalmente metálica, que soporta el resto de los mecanismos. Se adapta al terreno y soporta todos los elementos necesarios de

accionamiento, soporte y mantenimiento de la cinta transportadora. En función del terreno y el uso, puede ser rígido o flexible y adaptarse al terreno. La curvatura admisible en el plano vertical está limitada por la tensión necesaria de la banda y el peso del mineral a transportar. La banda no debe separarse de los rodillos en un funcionamiento normal.

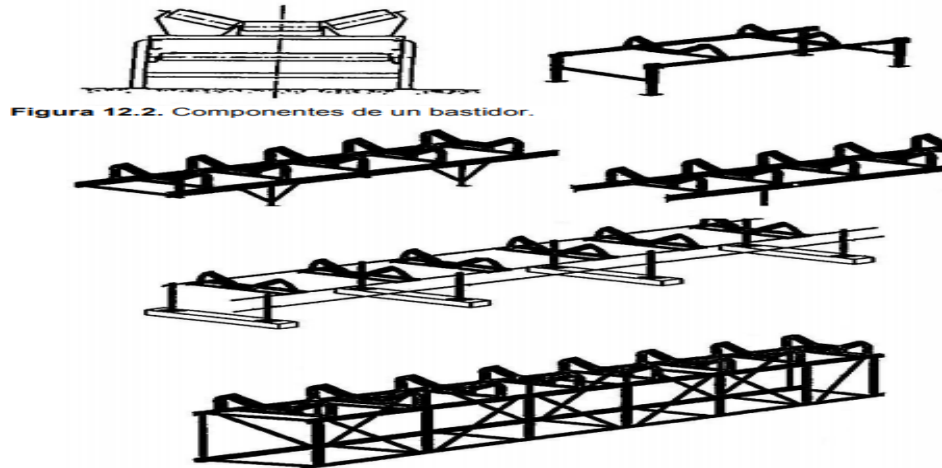


Figura 12.2. Componentes de un bastidor.

Fuente: <https://www.monografias.com/trabajos58/disen%C3%B3-cintas-transportadoras/disen%C3%B3-cintas-transportadoras2.shtml>

Figura 1-22. Componentes de un bastidor.

-Tipos de Bastidores:

- Bastidor formado por 2 largueros metálicos: Generalmente son perfiles de acero laminado en U. Estos perfiles se apoyan en soportes que acostumbran a ser del mismo perfil que los largueros, siendo la unión entre ambos rígida. Esta disposición constructiva es la más corriente, siendo la más adecuada para el montaje de soportes de rodillos, empleada en cintas de gran anchura de banda.

- Bastidor tubular: Formado por tubos redondos, que se apoyan en soportes construidas también por tubos o por perfiles laminados. (Ver Figura 1-23).

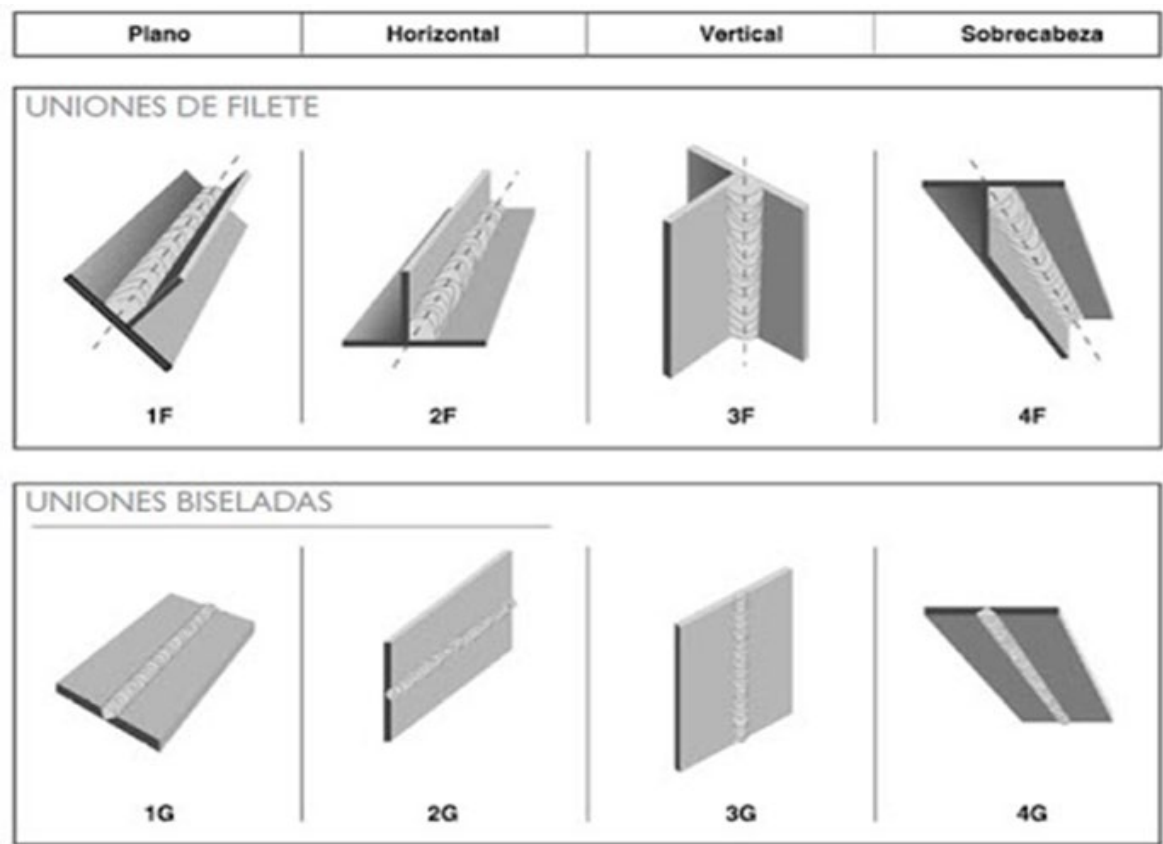
- Bastidor colgante: Formado por cables de acero que se tensan entre patas convencionales



Fuente: <https://www.monografias.com/trabajos58/disenocintas-transportadoras/disenocintas-transportadoras2.shtml>

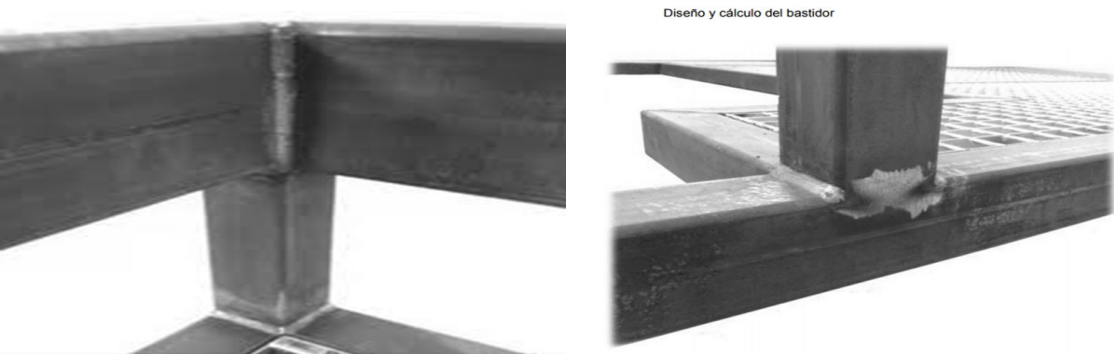
Figura 1-23. Bastidores con tubulares con Rodillos.

La estructura puede estar soldada, pero también, otra forma frecuente de materializar uniones entre elementos de una estructura metálica, es mediante pernos. (Figuras 1-24, Figura 1-25 y Figura 1-26)



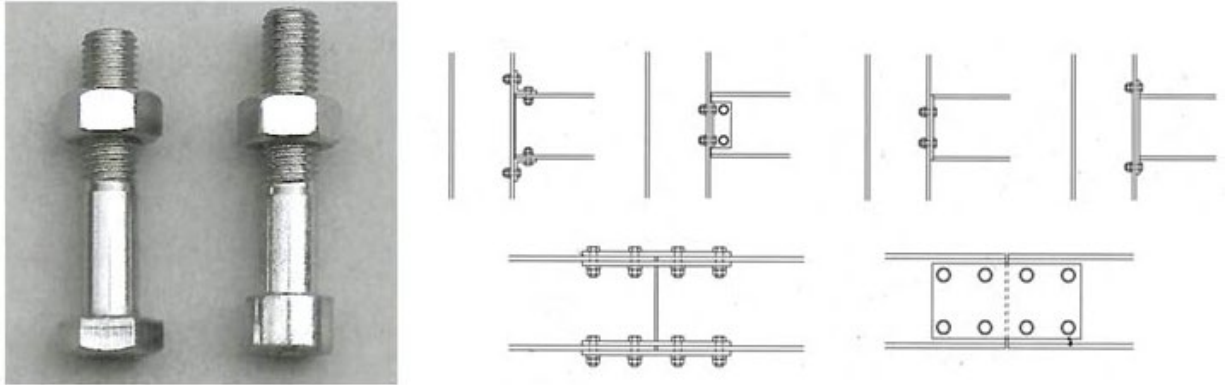
Fuente: <http://www.arquitecturaenacero.org/uso-y-aplicaciones-del-acero/soluciones-constructivas/uniones-y-conexiones>

Figura 1-24. Uniones y conexiones.



Fuente: <http://www.arquitecturaenacero.org/uso-y-aplicaciones-del-acero/soluciones-constructivas/uniones-y-conexiones>

Figura 1-25. Soldadura.



Fuente: <http://www.arquitecturaenacero.org/uso-y-aplicaciones-del-acero/soluciones->

Constructivas/uniones-y-conexiones

Figura 1-26. Conexiones Apernadas.

- f) Grupo motriz: el grupo motriz de una banda transportadora es uno de los componentes más importantes de la misma. De la adecuada elección de los elementos que la forman, depende la seguridad de funcionamiento y la vida de la banda. La forma en la que se efectúa el arranque influye en la vida y comportamiento de los componentes del grupo motriz, y así mismo en la vida de la banda, tambores y rodillos. También afecta al comportamiento de la banda en las curvas verticales, recorrido de los tambores tensores y a la pérdida de fricción en el tambor motriz.

Componentes:

- Motor eléctrico.
- Acoplamiento de alta velocidad, puede ser elástico o fluido.
- Acoplamiento de baja velocidad.
- Dispositivo anti-retorno.
- Freno.

El motor, el reductor y el freno, están unidos a una bancada. En motores de potencias pequeñas, el motor y el reductor forman una sola unidad (Ver Figura 1-27).



Fuente: <https://www.zuendo.com/140-vueltas-finales/2447-motorreductor-monofasico-o-trifasico-009-kw-012-cv-i-10.html>

Figura 1-27. Motorreductor.

La primera condición al elegir un motor es que la potencia del mismo sea al menos igual a la potencia requerida en el eje de salida del reductor, dividida entre el rendimiento del mismo. En los casos en que existen posibilidades de sobrecarga de larga duración, o no se tenga seguridad en el valor de la potencia calculada, hay que multiplicar ésta por un factor de servicio, con el fin de tener en cuenta estas circunstancias.

Los tipos de motores generalmente empleados para cintas transportadoras son:

- De corriente alterna
- De jaula de ardilla.
- De rotor bobinado.
- De corriente continua.

1.4. REGLAMENTO, NORMAS Y MANTENIMIENTOS

En esta sección, se darán a conocer la gran mayoría de reglamentos y normas de seguridad y recomendaciones para una mantención eficaz a bajo costo permitiendo el funcionamiento correcto de la cinta transportadora.

1.4.1. Reglamento y normas específicas de seguridad

-Medidas preventivas:

- 1.-** Conocer las instrucciones de seguridad contenidas en el Plan de Seguridad y Salud de la obra para la realización de trabajos con este tipo de máquina.
- 2.-** Informarse cada día de otros trabajos que puedan generar riesgos (huecos, zanjas, etc.), de la realización simultánea de otros trabajos y del estado del entorno de trabajo (obstáculos, hielo, suciedad, etc.).
- 3.-** A la hora de elegir una cinta que sea adecuada al trabajo a realizar (anchura de banda, banda lisa o nervada, inclinación máxima, capacidad de transporte, etc.), se deberá tener en cuenta el tipo y cantidad de material a transportar y la altura y distancia de transporte necesaria.
- 4.-** Transportar únicamente materiales que tengan una composición, humedad y granulometría dentro de los límites establecidos por el fabricante. Para transportar

materiales húmedos, aceitosos, calientes o con aristas vivas, se deberá emplear bandas especiales.

5.- Conocer la ubicación exacta donde se deberá situar la máquina. Especialmente, el tipo de terreno, los puntos donde puedan existir restricciones de altura, anchura o peso.

6.- Situar la máquina en una superficie firme, nivelada y lo más limpia y seca posible. Mantener libre de obstáculos el espacio situado alrededor de la máquina.

7.- No situar la máquina cerca de los bordes de estructuras, taludes o cortes del terreno, a no ser que éstos dispongan de protecciones colectivas efectivas (barandillas, etc.)

8.- Como norma general, no situar la máquina a menos de 2 m del borde de excavaciones, zanjas y taludes. No situar la máquina bajo zonas de circulación de cargas suspendidas ni en zonas de paso de vehículos.

9.- Situar las protecciones necesarias para evitar la circulación de trabajadores y vehículos bajo la cinta (vallas, señales, etc.), especialmente cuando se transporten materiales de elevada granulometría.

10.- Cuando sea necesario establecer puntos de paso. Éstos deberán estar señalizados y la cinta deberá disponer de dispositivos de recogida que eviten la caída de materiales sobre la zona de paso.

11.- La cinta deberá conectarse a un cuadro de control y mando que disponga de interruptor diferencial, interruptor magneto térmica y parada de emergencia. No anular nunca estos dispositivos.

12.- Mantener el cable eléctrico desenrollado y alejado del calor, charcos de agua o aceite, aristas vivas o partes móviles.

13.- No utilizar nunca la máquina en atmósferas potencialmente explosivas (cerca de almacenamientos de materiales inflamables como pintura, combustible, etc.)

14.- Tanto en la zona de recepción como en la de vertido de la cinta, se recomienda encauzar la caída del material mediante la existencia de una separación lo más reducida.

-Riesgos:

Existen diferentes factores de riesgos. Definiremos los más esenciales a continuación:

- Daños a la máquina.
- Adherencia de materiales en los rodillos y en la banda.
- Caída de material desde la cinta.
- Vuelco de la máquina por pérdida de estabilidad.
- Desplome del terreno.
- Caídas desde altura.
- Contacto eléctrico directo.
- Contacto eléctrico indirecto.

- Incendio.
- Explosión.
- Inhalación de polvo.
- Movimientos imprevistos de la máquina. Golpes por elementos de la máquina.
- Sobreesfuerzos

-Equipo de protección de operadores:

Usar ropa de acuerdo al plan de seguridad y salud, puede ser ACHS (Asociación Chilena de Seguridad) o un plan de seguridad y salud presentado por la obra.

Se deberán utilizar los equipos de protección individual que figuren en el Plan de Seguridad y Salud para las situaciones señaladas en el mismo. No es recomendable llevar colgantes, cadenas, ropa suelta, etc. que puedan engancharse con elementos de la máquina (ver Figura 1-28).

- Calzado de seguridad, uso obligatorio.
- Casco de protección, su uso será obligatorio cuando se deba permanecer en las proximidades de la cinta.
- Mascarilla con filtro, se recomienda su uso solo cuando exista un riesgo de inhalación de polvo al no existir un ajuste entre la tolva y la superficie de la banda transportadora.
- Guantes, se deberán utilizar durante las operaciones de manipulación



Fuente: <http://elvientoblanco.blogspot.com/2012/03/equipos-de-proteccion-personal.html>

Figura 1-28. Equipo de protección.

-Observaciones de rutinarias para la cinta:

Definiremos las observaciones más esenciales para obtener el correcto funcionamiento de la cinta transportadora (Ver Figura 1-29) y los factores de seguridad necesarios para su utilización. Si no cumple una de estas observaciones, tendrán que hacerse la respectiva reparación para poder seguir con la producción.

- Verificar que la máquina no posea daños estructurales evidentes

- Comprobar que la banda transportadora no presente desgarros, cortes o agujeros.
- Verificar que el resguardo del tambor de cola está en buen estado y se encuentra colocado correctamente.
- Verificar que las poleas y los cables del sistema de elevación de la cinta se encuentran en perfecto estado.
- Comprobar que los rascadores se encuentran en perfecto estado y que los rodillos y tambores no presentan materiales adheridos o incrustados.
- Comprobar que la cinta se encuentra equilibrada correctamente

Al comienzo de la jornada, se deberá poner la cinta en funcionamiento sin carga para verificar que:

- El motor gira en el sentido correcto.
- La tensión de la banda transportadora es la adecuada.
- La banda está centrada en todo su recorrido y se desplaza sin producir ruidos o vibraciones extrañas.
- La parada de emergencia funciona correctamente.



Fuente: <https://coasing-chile.cl/portfolio/mantencion-de-correas-transportadoras/>

Figura 1-29. Cinta transportadora.

1.4.2. Factores y recomendaciones para mantenimiento de la cinta

La mantención en las cintas transportadoras aún sigue siendo un problema de gran importancia económica durante el funcionamiento de las mismas. Con una buena limpieza se obtienen ahorros importantes, pero hay que reconocer la dificultad en conseguir una buena limpieza en las cintas que transportan cierto tipo de materiales.

-Factores negativos de una mala mantención:

- La pérdida de capacidad transportadora, cuyo valor es en general reducido.
- Coste de la mano de obra empleada en la limpieza del material fugitivo, depositado en bastidores y suelo, mantenimiento de los equipos de limpieza y atención al desvío de bandas.

- En cintas de gran capacidad, y cuando se ha visto la imposibilidad de la limpieza de la banda en el ramal inferior, se instalan debajo de este y en las proximidades de la cabeza motriz, transportadores especiales de corta longitud que recorren el material desprendido y lo incorpora a la vena principal.

-Pérdida de material y ensuciamiento:

Siempre existe la tendencia del material a escaparse de la vena principal. El ensuciamiento es una consecuencia de esto; a mayor pérdida de material, más ensuciamiento.

La pérdida de material se produce, desde el punto de vista del material, por dos estados opuestos del mismo; por ser polvoriento o por ser pegajoso. Los lugares donde se produce la pérdida son aquellos en los que cambia la dirección del flujo o vena del material, esto es en elementos como tolvas y guías de carga.

-Recomendación para una buena mantención:

Los remedios al ensuciamiento deben comenzar en la fase de diseño, debiendo poner atención a los puntos de producción de material. El tiempo dedicado a la buena solución de este problema, está más que compensado por los ahorros obtenidos posteriormente.

Durante el funcionamiento de la cinta, debe existir un mantenimiento eficaz, llevando un control de los problemas encontrados en los puntos en que se produce la pérdida del material, para solucionarlos de forma inmediata. Ello reducirá también los riesgos de accidente en el personal (Ver Figura 1-30)



Fuente: <https://coasing-chile.cl/portfolio/mantencion-de-correas-transportadoras/>

Figura 1-30. Mantención cinta transportadora.

CAPÍTULO 2: INGENIERÍA BÁSICA Y COSTOS

2. INGENIERÍA BÁSICA Y COSTOS

En este capítulo, se interiorizará en los cálculos esenciales para poder lograr la fabricación de la cinta transportadora. También, se presentará una sección con bosquejos, planos y modelamiento 3D. Finalizaremos con costos y presupuesto.

2.1. CÁLCULOS DE LA CINTA TRANSPORTADORA

En esta sección, se darán a conocer los cálculos principales y más importantes a la hora de diseñar una cinta transportadora para lograr el funcionamiento deseado, gracias a los correctos cálculos para el transporte de cobre, evitando fallas técnicas.

2.1.1. Definición de parámetros principales

Para poder diseñar una cinta transportadora, lo primero que se debe tener en cuenta son los parámetros principales (Véase Figura 2-1) para poder diseñar adecuadamente la cinta transportadora y cumplir los requerimientos.

Peso específico aparente, abrasividad, ángulo de reposo y ángulo de sobrecarga dinámica de los materiales. Máxima inclinación recomendable del transportador, en función del tipo de material. Datos orientativos

MATERIAL		Peso específico kg/m³	Máxima inclinación recomen- dable	Abra- sivi- dad	Angulo de reposo del material	Angulo de sobrecarga dinámica
Tipo	Condición		Grados		Grados	Grados
Mármol	Triturado < 13 mm	1 400	15	M. A.	20-30	10
Mica	Molida fina	220	23	P. A.	30	10
Mineral de cromo	Terrón	2 100	17	P. A.	20-30	10
Mineral de cobre	Terrón	1 900-2 400	12-20	A.	20-30	10-20
Mineral de hierro	Terrón	1 600-3 200	17-20	M. A.	35	20
	Triturado < 12 mm	2 000-2 400	20-22	M. A.	20-30	10-20
Mineral de manganeso	Terrón	2 000-2 200	20	M. A.	39	25
Mineral de plomo	Terrón	3 800	15	M. A.	30	10
Mineral de zinc	Triturado fino	2 600	22	P. A.	38	10
	Calcinado < 12 mm	1 800	20	A.	38	20
Molibdeno	Molido	1 700	25	N. A.	40	20
Madera	Tacos	500	27	N. A.	30-35	20
	Viruta	200-500	27	N. A.	40	30
Nitrato de amonio	Fino	700	23	P. A.	35	25
Nitrato de sodio		1 200	11	A.	20-30	10

Fuente: <https://vdocuments.site/catalogo-cintas-transportadoras-pirelli.html>

Figura 2-1. Datos Catálogo Pirelli.

2.1.2. Definición del ancho de la banda y velocidad

Al momento de diseñar y proyectar una cinta transportadora, las características principales para la elección correcta del ancho de la banda y la velocidad son las siguientes:

- Material: El material a transportar será mineral, específicamente el terrón de cobre extraído en la minera.

- Geometría de la banda: Se debe tener en cuenta la trayectoria y la forma de la cinta desde el lugar de alimentación del material hasta el punto de descarga que, para el proyecto a realizar, será una cinta transportadora ubicada en un túnel de transporte de mineral. Por lo tanto, no consideraremos curvas verticales ni curvas horizontales, es decir, una cinta recta.

- Longitud de la banda (L): Se define como la distancia en metros entre los centros de los tambores terminales en relación con la trayectoria de la banda. En este proyecto, la longitud de la banda será de 20 m.

- Altura (h): La altura está dada por la distancia que existe entre el punto de carga de material y el punto de descarga. Esta longitud es de vital importancia, ya que con ella, se lleva a cabo el cálculo de la tensión para la banda. En este caso, será de 1,5 m.

- Ancho de la banda: La amplitud que tiene la banda será de 1 m.

- Abrasividad: según la norma DIN 22102, existen materiales:

- No abrasivos (carbón vegetal, virutas de madera)
- Abrasivos (hielo triturado, cemento, cobre)
- Muy abrasivos (piedra, arena, grava, cobre)

La Tabla 2-1 muestra el cobre (material a transportar en la cinta a diseñar) con las características anteriormente mencionadas, aunque puede recibir modificaciones dependiendo de las condiciones al momento del transporte de este material.

Tabla 2-1. Características del cobre según Catalogo Pirrelli.

Material	Tamaño [mm]	Peso Específico [T/m ³]	Ang. Reposo	Ang. Inclinación	Abrasividad
Terrón de cobre	200 y 400	1,9-2,4	20°-30°	12-20°	abrasivo

Fuente: <https://vdocuments.site/catalogo-cintas-transportadoras-pirelli.htm>

Para determinarla, es necesario que sea la máxima permisible en relación con todos los aspectos que son necesarios para el cálculo de esta. En la Figura 2-2 se presentan relaciones establecidas por fabricantes de bandas las cuales se han determinado por procesos experimentales realizados por estos.

Tabla 2-2. Ancho y velocidad de bandas transportadoras.

Ancho mínimo de Banda (mm)	Tamaños máximos (mm)		Velocidad máxima en m/s			
	Uniforme	Mixto	A	B	C	D
400	50	100	2,62	2,09	2,09	1,31
500	75	150	2,62	2,62	2,09	1,68
650	125	200	3,35	2,62	2,62	1,68
800	170	300	3,35	3,35	2,62	2,09
1000	250	400	4,19	3,35	3,35	2,09
1200	350	500	4,19	3,35	3,35	2,62
1400	400	600	4,19	3,35	3,35	3,35
1600	450	650	4,19	4,19	3,35	3,35
1800	500	700	4,19	4,19	3,35	3,35
2000	550	750	5,24	4,19	3,35	3,35
2200	600	800	5,24	5,24	4,19	4,19
A- Materiales ligeros deslizables, no abrasivos con peso específico de 0,5 -1 T/m3						
B- Materiales no abrasivos o muy poco abrasivo con tamaño medio, peso específico de 1 - 1,5 T/m3						
C- Materiales medianamente abrasivos y pesados, con peso específico de 1,5 a 2 T/m3						
D- Materiales muy abrasivos pesados y cortantes, peso específico mayor a 2 T/m3						

Fuente: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn84.html>

El ancho de la banda será de 1000 mm y va a transportar un material abrasivo con su peso específico de 2,4 ton/m³, entonces su velocidad máxima será de 2,09 m/s.

A su vez, en la Tabla 2-2, se muestran las velocidades normalizadas por la DIN 22101.

Tabla 2-3. DIN 22101.

0,66	0,84	1,05	1,31	1,68	2,09	2,62	3,35	4,19	5,24
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

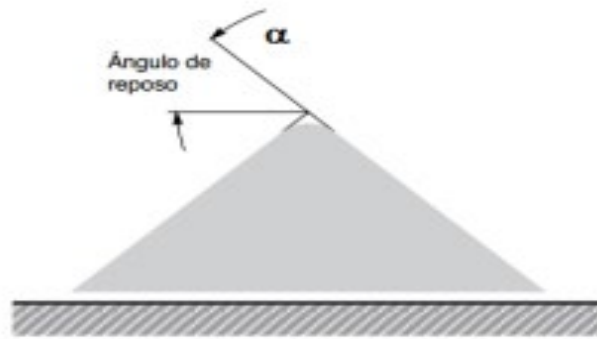
Fuente: <https://docplayer.es/70911450-Fundamentos-de-diseno-de-las-correas-transportadoras-phoenix-nueva-norma-din-22101.html>

2.1.3. Cubicación del material

En esta sección se demuestran las capacidades mínimas y máximas del material a transportar por la cinta transportadora la cual se encuentra en diseño. Estas capacidades serán en longitudes (largo, ancho y altura) y la capacidad volumétrica.

- Ángulo de reposo: Formado por la horizontal y la generatriz del cono que se forma al verter el material desde cierta longitud de altura.

De acuerdo con catálogos, el ángulo de reposo necesario para terrón de cobre es entre 20° a 30°.

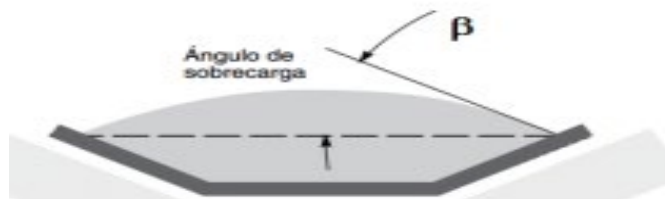


Fuente: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn84.html>

Figura 2-2. Ángulo de reposo.

- Ángulo de sobrecarga: También llamado ángulo de reposo dinámico, se forma en el perfil transversal de las cintas cargadas.

De acuerdo con catálogos el ángulo de sobrecarga dinámica para el terrón de cobre es de 10° a 20° .

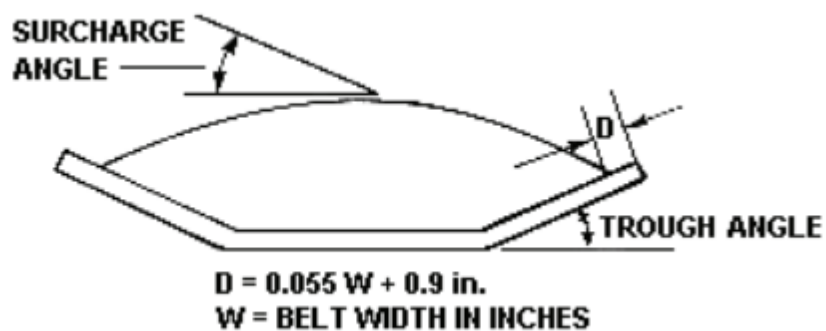


Fuente: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn84.html>

Figura 2-3. Ángulo de sobrecarga.

- Ángulo de inclinación: Es aquel ángulo bajo el cual se puede transportar material sin necesidad de bandas especiales, que evitan el deslizamiento del material. Este ángulo viene determinado por la fricción entre la banda y el material a transportar. Siempre el ángulo de inclinación será menor al de sobrecarga.

De acuerdo con catálogos, el ángulo de inclinación para el terrón de cobre es de 12° a 20° .



Fuente: <http://www.mailxmail.com/curso-municipal/calculos-fabricacion-cinta-transportadora-1ra-parte>

Figura 2-4. Datos de cinta en Artesa.

De acuerdo con la Figura 2-5, podremos determinar la ecuación para poder obtener el cálculo de holgura de la banda (Ecuación 2-1). La holgura de la banda se ubica en los costados de la cinta (en la Figura 2-4 aparece como D). Esta permite tener un margen de espacio para impedir que el material a transportas rebalse.

$$D = 0,055 \times B + 0,9 \text{ pulg.} \quad (\text{Ecuación 2-1})$$

Siendo:

D= Holgura de la banda (plg)

B= Ancho de la banda (plg)

$$D = 0,055 \times 39,3701 + 0,9$$

$$D = 3.06 \text{ plg}$$

$$D = 77,724 \text{ mm}$$

Siguiendo con la figura 2-4, se determina el cálculo del ancho plano de la banda (Ecuación 2-2), que es donde se ubicará el material para ser transportado.

$$W = 0,371 \times B \quad (\text{Ecuación 2-2})$$

Siendo:

W= Ancho plano de la banda

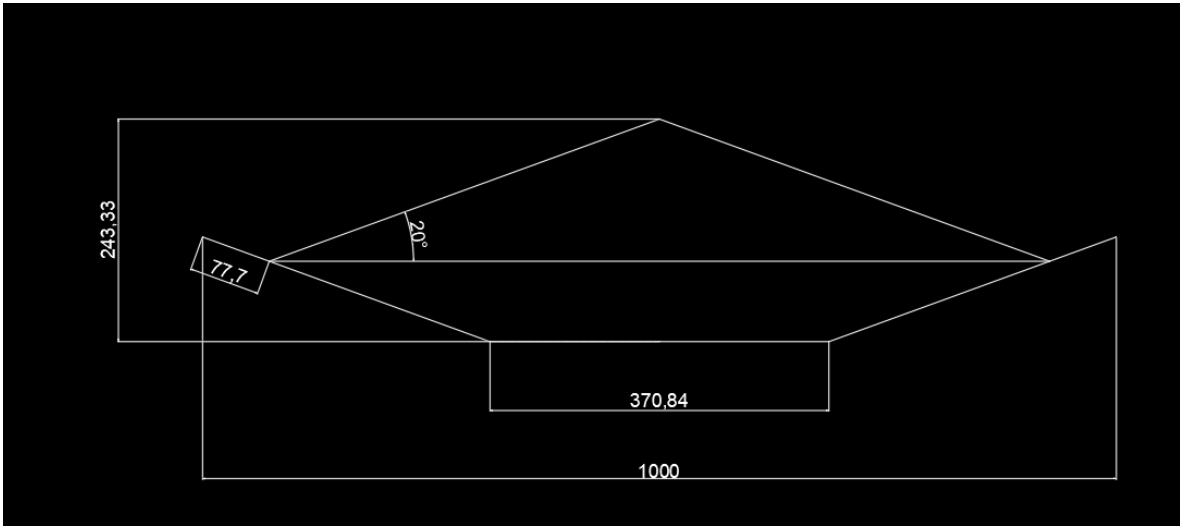
B= Ancho de la banda (plg)

$$W = 0,371 \times 39,3701$$

$$W = 14,6 \text{ plg}$$

$$W = 370,84 \text{ mm}$$

Con los datos obtenidos y con la ayuda del software AutoCAD, se puede obtener la altura máxima del material a transportar (como se ve en la Figura 2-5).



Fuente: Elaboración propia en software AutoCAD

Figura 2-5. Longitudes del material a transportar.

Con la Figura 2-5, se deduce que la altura máxima del material a transportar por la cinta (h) será de 243,33 mm.

Al obtener la altura del material con la Ecuación 2-3, se puede obtener el área máxima del material a transportar.

$$A = h \times W \quad (\text{Ecuación 2-3})$$

Siendo:

W= Ancho plano de la banda (m)

h= Altura del material a transportar (m)

$$A = 370,84mm \times 243,33mm$$

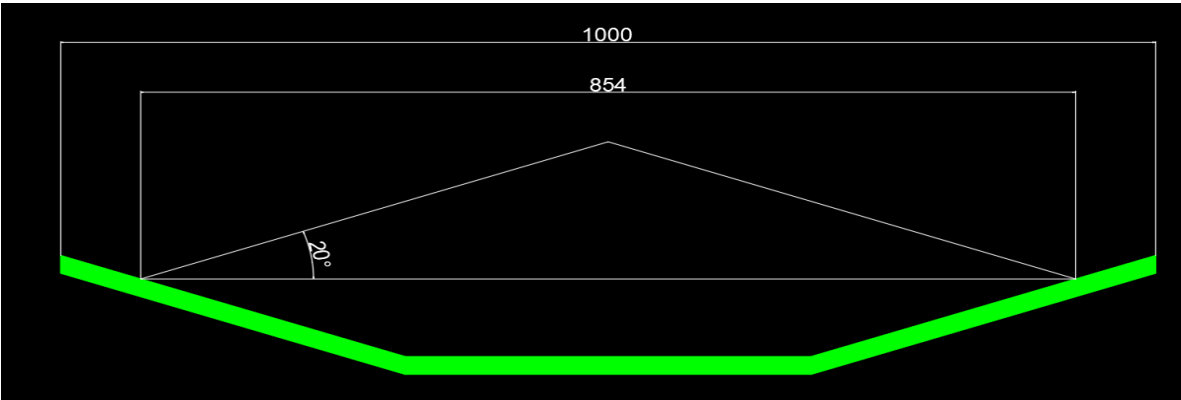
$$A = 90236,4972 \text{ mm}^2$$

$$A = 0,09 \text{ m}^2$$

2.1.4. Sección transversal

Depende del ancho de la banda, del ángulo de sobrecarga y del ángulo de ártesa, así como la longitud de los rodillos.

En la Figura 2-6, se muestra la sección transversal de la cinta transportadora.



Fuente: Elaboración propia en software AutoCAD

Figura 2-6. Sección transversal.

La Figura 2-7 que se presenta a continuación, mostrara la relación existente entre el ancho de la banda, material a transportar y la velocidad de la cinta para obtener la capacidad de transporte en toneladas / horas y el espesor mínimo y máximo del material a transportar.

Material transportado Peso específico kg/m³	Ancho de la cinta mm	Capacidad de transporte en toneladas/hora														Tamaño máx. del material mm		
		Velocidad de la cinta en m/seg																
		0.5	0.75	1	1.25	1.5	1.75	2	2.25	2.5	2.75	3	3.25	3.5	3.75	4	En trozos	Mezclado
Arcilla húmeda	300	25	37	50	62	75	87	100									50	75
Cemento	400	45	64	91	114	136	159	182	205	227							70	100
Cascajo húmedo	500	72	108	145	181	217	253	290	325	362	399	435					90	150
Minerales (salida de minas)	600	107	160	214	267	321	374	428	482	535	587	642					110	200
Arena húmeda	700	147	221	295	368	443	517	590	663	738	812	885	960	1030			130	250
	800	196	295	393	492	590	687	786	885	983	1080	1180	1278	1375			150	300
	900	253	380	507	634	762	887	1010	1140	1265	1395	1520	1645	1775			170	350
Otros materiales de peso específico	1 000	319	478	638	798	957	1115	1275	1435	1595	1755	1915	2075	2235			200	400
	1 100	392	588	785	980	1178	1373	1570	1765	1960	2160	2355	2550	2745			230	450
2 000 kg/m³	1 200	476	714	952	1190	1428	1665	1905	2140	2380	2620	2855					260	500
	1 300	568	852	1137	1420	1705	1980	2275	2560	2840							300	550
Barita	300	28	42	56	70	84	98	112									50	75
Hormigón	400	51	76	102	127	153	179	204	228	255							70	100
Minerales (salida de minas)	500	81	122	163	204	244	285	326	366	407	448	489					90	150
Tierra arcillosa	600	120	180	240	300	360	420	480	540	600	660	720					110	200
	700	166	249	332	415	497	582	664	747	830	913	995	1080	1162			130	250
	800	221	331	442	552	662	773	883	995	1104	1215	1325	1435	1545			150	300
	900	285	427	570	712	855	997	1140	1282	1425	1568	1710	1850	1995			170	350
Otros materiales de peso específico	1 000	359	538	718	897	1087	1255	1435	1615	1795	1975	2155	2335	2515			200	400
	1 100	441	662	883	1105	1325	1545	1765	1985	2216	2430	2650	2870				230	450
2 250 kg/m³	1 200	535	805	1070	1340	1605	1875	2140	2410	2680							260	500
	1 300	640	960	1280	1600	1920	2240	2560									300	550
Minerales pesados (salida de minas)	300	31	47	63	78	94	110	126									50	75
Margas	400	57	85	114	142	171	199	228	257	285							70	100
	500	90	135	181	226	271	316	362	407	452	497	542					90	150
	600	133	200	266	332	399	465	532	598	665	730	797					110	200
	700	184	276	369	462	553	645	738	830	923	1015	1105	1200	1290			130	250
	800	246	369	492	615	737	860	983	1105	1230	1355	1475	1600	1720			150	300
	900	317	478	638	798	957	1115	1275	1435	1595	1755	1915	2075	2235			170	350
Otros materiales de peso específico	1 000	399	598	798	998	1197	1395	1595	1795	1995	2195	2395					200	400
	1 100	446	661	982	1103	1324	1544	1765	1985	2205	2425	2645					230	450
2 500 kg/m³	1 200	595	882	1190	1487	1785	2080	2380	2680	2980							260	500
	1 300	710	1065	1420	1775	2130	2485	2840									300	550

Fuente: <https://vdocuments.site/catalogo-cintas-transportadoras-pirelli.html>

Figura 2-7. Datos Catálogo Pirelli.

-Cálculo de sección transversal del material a transportar:

$$S = W \times h \times Y \quad (\text{Ecuación 2-4})$$

S = Sección transversal del material a transportar (m³)

W = Ancho plano de la banda (m)

h = Altura máxima del material a transportar (m)

Y = Espesor escogido de acuerdo con catalogo (m)

$$S = 0,37084 \times 0,24333 \times 0,4$$
$$S = 0,036 \text{ m}^3$$

2.1.5. Selección de la banda y sus características

En la Figura 2-8, se tiene la banda elegida por Catálogo de Pirelli, donde se muestran sus características requeridas para el buen funcionamiento de la cinta transportadora.



Fuente: <https://vdocuments.site/catalogo-cintas-transportadoras-pirelli.html>

Figura 2-8. Banda.

- Peso de la banda: según sus características, tiene un peso de 15,5 kg/m² y la cantidad requerida es de 17,7 m², por lo tanto, el peso de la banda es de 274, 35 Kg.
- Coeficiente de reducción de capacidad por inclinación (k): existen factores que se establecen a través de la norma DIN 22101 (Ver Tabla 2-4) los cuales se deben multiplicar por los valores de la capacidad para obtener los valores reales.

Tabla 2-4. Factor de reducción de capacidad por inclinación según DIN 22101.

Inclinación(°)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Factor de reducción (k)	1	0,99	0,98	0,97	0,95	0,93	0,91	0,89	0,85	0,81

Fuente: <https://docplayer.es/70911450-Fundamentos-de-diseno-de-las-correas-transportadoras-phoenix-nueva-norma-din-22101.html>

En este caso la inclinación será de 20°, por lo tanto, el factor de reducción a utilizar será de 0,81 establecido en la Tabla 2-4.

2.1.6. Longitud de rodillos

El valor que se debe seleccionar y relacionar es el ancho de la banda con la configuración de los rodillos para poder determinar la longitud de los rodillos (ver Figura 2-9).

ANCHO DE BANDA B (mm)	LONGITUD DE LOS RODILLOS (mm)		
	Flat	2 roll	3 roll
			
300	380	200	-
400	500	250	160
500	600	315	200
600	700	340	250
650	750	380	250
800	950	465	315
1000	1150	600	380
1200	1400	700	465
1400	1600	800	530
1600	1800	900	600
1800	2000	1000	670
2000	2200	1100	750
2200	2500	1250	800

Figura 2-9. Longitud de rodillos según ancho de banda.

Fuente: <http://www.norrubber.com/wp-content/uploads/2014/11/CATALOGO-NOR-RUBBER-TECNICO.pdf>

La distancia de la separación entre rodillo “d” en la tabla 2-5 será de 15 mm, según la norma DIN 22107.

2.1.7. Capacidad para transportar de la cinta transportadora

En la sección que se dará a conocer, determinaremos dos tipos de capacidades de transporte para la cinta transportadora.

La primera capacidad (Q_m) de la cinta transportadora será la de cuantas toneladas se podrá transportar por hora. Según Catálogo Pirelli, mostrado en la Figura 2-7, será de 1595 ton/hr.

La segunda capacidad existente es la volumétrica (Q_v) que se obtiene a través de la siguiente ecuación.

$$Q_v = 3600 \times S \times V \times K \quad (\text{Ecuación 2-5})$$

Donde tenemos que:

Q = Capacidad de transporte (m^3/hr)

S = Sección transversal del material a transportar (m^3)

V = Velocidad de la banda (m/s)

K = Coeficiente de reducción de capacidad por inclinación

$$Q_v = 3600 \times 0,036 \times 2,09 \times 0,81$$

$$Q_v = 219,4 \, m^3/hr$$

2.1.8. Potencia de la banda

La banda transportadora en su funcionamiento es sometida a variados esfuerzos en todo su recorrido. Para calcular la potencia, es necesario tener la tensión que actúa en el mayor esfuerzo de esta cinta transportadora. Para llevar a cabo el cálculo de la potencia, se debe considerar por separado lo siguiente:

- Potencia para mover la cinta en vacío y cargada con desplazamiento horizontal:

-Potencia necesaria para mover la cinta vacía.

-Desplazamiento horizontal.

-Esfuerzo necesario para vencer la fricción producida por los rodillos, tambores y peso de la banda.

$$P_1 = \frac{C_b * v + Q_m}{C_l * k f} \quad (\text{Ecuación 2-6})$$

Donde:

C_b = Factor de ancho de banda (ver Tabla 2-5). Kg/m

V = velocidad de la banda. M/s

Q_m = Capacidad de transporte de la banda kg/s

Kf= Factor de servicio (ver Tabla 2-7)

C_L= Factor de longitud de la banda (ver Tabla 2-6) m⁻¹

La Tabla 2-5, Tabla 2-6 y Tabla 2-7 son valores que se encuentran en catálogo de la empresa Dunlop que ayuda a obtener valores para la ecuación anterior.

Tabla 2-5. Factor de ancho de banda (Cb).

Peso específico γ [t / m3]	Ancho de Banda [mm]											
	300	400	500	650	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200
γ ≤ 1	31	54	67	81	108	133	194	227	291	-	-	-
1 < γ ≤ 2	36	59	76	92	126	187	277	320	468	554	691	745
γ > 2	-	65	86	103	144	241	360	414	644	727	957	1033

Fuente: <http://www.dunlop.com.ar/catalogos/06-Catalogodecintatransportadoras.pdf>

Tabla 2-6. Factor de longitud de banda (CL).

Longitud [m]	3	4	5	6	8	10	1,5	16	20
C _L	667	625	555	526	454	417	370	323	286
Longitud [m]	25	32	40	50	63	80	90	100	150
C _L	250	222	192	167	145	119	109	103	77
Longitud [m]	200	250	300	350	400	450	500	550	600
C _L	63	53	47	41	37	33	31	28	26
Longitud [m]	700	800	900	1000	1500	2000	>2000		
C _L	23	20	18	17	12	9	8		

Fuente: <http://www.dunlop.com.ar/catalogos/06-Catalogodecintatransportadoras.pdf>

Tabla 2-7. Según condiciones de trabajo (Kf).

Condiciones de Trabajo	k _f
Favorables, buena alimentación, bajas velocidades	1,17
Normal, condiciones estándar.	1
Desfavorables, baja temperatura y alta velocidad.	0,87-0,74
Temperaturas extremadamente bajas.	0,57

Fuente: <http://www.dunlop.com.ar/catalogos/06-Catalogodecintatransportadoras.pdf>

Entonces, P₁ es:

$$P_1 = \frac{241 \cdot 2,09 + 423,61}{286 \cdot 1}$$

(Ecuación 2-7)

$$P_1 = 3,2420 \text{ W}$$

- Potencia necesaria para vencer rozamientos secundarios:

Esta potencia se utiliza para vencer elementos secundarios de la cinta transportadora como son descargadores, dispositivos de limpieza y guías de carga o faldones (Ver Tabla 2-8).

Tabla 2-8. Potencias adicionales.

POTENCIA ADICIONALES		
Trippers, <i>Pa</i>	Ancho de Banda [m]	Potencia [Kw]
	≤ 500	0,8·v
	≤ 1000	1,5·v
	> 1000	2,3·v
Dispositivos de limpieza <i>Pb</i>	Tipo de contacto/ Presión	
	Contacto Simple	0,3·B·v
	Contacto de Presión elevada	1,5·B·v
Guías de Carga <i>Pc</i>	Longitud Lf [m]	
	Desde punto de carga	0,16·v·Lf

Fuente: <http://www.dunlop.com.ar/catalogos/06-Catalogodecintatransportadoras.pdf>

Dónde:

B= Ancho de banda.

V= Velocidad.

Lf= Longitud de guías o faldones.

Por la Tabla 2-8, se tiene que:

- $Pa = 2,09 \times 1,5$

$Pa = 3,135 \text{ W}$

- $Pb = 0,3 \times 1 \times 2,09$

$Pb = 0,627 \text{ W}$

- $Pc = 0,16 \times 2,09 \times 1$

$Pc = 0,3344 \text{ W}$

También se puede obtener mediante la siguiente ecuación:

$$P_2 = \sum (Pa + Pb + Pc) \quad \text{(Ecuación 2-8)}$$

Donde:

Pa= Potencia de los trippers.

Pb= Potencia de dispositivos de limpieza.

Pc= Potencia de guías de carga.

$$P_2 = \sum (3,135 + 0,627 + 0,3344)$$

$$P_2 = 4,1W$$

- Potencia total:

Es necesaria para el buen funcionamiento de la banda y se constituye por la suma de todas las potencias anteriormente descritas. El valor calculado no es el definitivo, pero sí ayuda para obtener una orientación del mismo. Después, se debe ajustar su valor, dependiendo del tipo de banda seleccionada y los tipos de rodillos utilizados (peso de éstos y longitudes), ya que será necesario conocer el valor de la resistencia a tracción de la banda y la fuerza tangencial de la misma para poder afinar con mayor precisión dicho valor.

$$P_T = P_1 + P_2 \quad (\text{Ecuación 2-9})$$

$$P_T = 3,2423 \text{ W} + 4,1 \text{ W}$$

$$P_T = 7,3423 \text{ W}$$

$$P_T = 0,0073423 \text{ KW}$$

2.1.9. Resistencia de la banda

El motivo por el cual se debe calcular primero una potencia parcial (no definitiva) y luego ajustar dicho valor, se debe a la necesidad de calcular la resistencia mínima que debe soportar la banda a tracción para poder partir de un valor orientativo y conocer así cuales son las condiciones mínimas que debe cumplir la banda a seleccionar. Para ello se debe calcular la resistencia de tracción mínima que debe soportar la banda, de acuerdo con el valor de potencia.

Se utiliza la siguiente ecuación:

$$K = \frac{CR \times P_T}{Cv \times V} \quad (\text{Ecuación 2-9})$$

Dónde:

K = Tensión de tracción a la cual está sometida de la banda. [N/mm]

PT = Potencia total (parcial). [kW]

V = Velocidad de la banda. [m / s]

CR = Factor de fricción según la superficie del tambor (Tabla 2-9.)

Cv = Factor de pérdida de resistencia a tracción según el tipo de banda.

Tabla 2-9. Coeficiente de fricción según superficie de tambor C_r.

FACTOR DE FRICCIÓN C _R													
Superficie del tambor motriz	Coeficiente de fricción μ	Ancho de banda [mm]											
		300	400	500	650	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200
Sin recubrimiento y mojado	0,15	98	74	59	45	37	30	25	21	18	16	15	14
Recubierto con goma, mojado y sucio	0,3	62	46	37	28	23	18	15	13	12	10	9	8
Sin recubrimiento y seco	0,35	57	43	34	26	21	17	14	12	11	9	8	8
Con recubrimiento de goma y seco	0,4	53	40	32	25	20	16	13	11	10	9	8	7

Fuente: <http://www.dunlop.com.ar/catalogos/06-Catalogodecinta transportadoras.pdf>

Una vez realizado los cálculos anteriores, se debe corroborar que los valores obtenidos son válidos y comprobar que el diseño es correcto. Para ello, se parte del cálculo de las resistencias al movimiento de la banda.

Las fórmulas empleadas para el cálculo de las resistencias al movimiento se pueden clasificar en dos grandes grupos.

El primer grupo se llaman fórmulas de la escuela anglosajona, vienen expresadas en unidades no métricas y principalmente son las siguientes:

- Fórmulas de GOODYEAR.
- Fórmulas de HEWITT ROBBINS.
- Fórmulas de MECO.

El segundo de los tres grupos corresponde con el que se analiza en este proyecto (tratándose los tres primeros), pues son los métodos empleados en Europa y posiblemente en el resto de mundo.

- Método DIN 22101.
- Método ISO 5048.
- Método UNE 58204.
- Método CEMA.
- Método MHEA.

La Norma DIN 22101 clasifica las resistencias al movimiento de la siguiente forma:

- FH: Resistencias principales.
- FN: Resistencias secundarias.
- FS: Resistencias especiales.

- FST: Resistencias de inclinación o descenso.

La resistencia total al movimiento será la suma de las 4 citadas anteriormente.

2.1.10. Resistencias principales DIN 22101

Las resistencias principales corresponden con las resistencias que se producen por la fricción existente entre los rodamientos de los rodillos y las juntas de los mismos. Además de la resistencia que aparece por el propio avance de la banda, debido al rozamiento entre la propia banda, los tambores y los rodillos, tanto para la banda cargada (rodillos superiores), como para la banda descargada (rodillos de retorno).

$$FH = f \cdot L \cdot g \cdot [m'R + 2 \cdot m'G + m'L \cdot \cos \delta] \quad (\text{Ecuación 2-10})$$

Dónde:

FH: Resistencias principales.	[N]
f: Coeficiente de fricción.	[-]
L: Longitud de la banda.	[m]
g: Aceleración gravitacional.	[m / s ²]
m'R: Masa de los Rodillos por unidad de longitud.	[Kg/m]
m'G: Masa de la banda por unidad de longitud.	[Kg/m]
m'L: Masa de la carga por unidad de longitud.	[Kg/m]
δ: Ángulo de inclinación de la banda.	[°]

-El valor del coeficiente de fricción "f":

Las resistencias mencionadas anteriormente se deben básicamente a la fricción generada por el peso de la banda y por el peso de las partes móviles (rodillos y tambores). Junto con el peso del material a transportar y la fricción interna que el material genera a medida que pasa una y otra vez sobre los rodillos.

El cálculo de estas fuerzas de fricción depende del llamado coeficiente de fricción de las partes móviles f. Este varía en función del tipo de rodillos empleados, la estructura de la banda y el mantenimiento del sistema. El valor estándar de este coeficiente es de 0.020, pero puede incrementarse según las siguientes condiciones:

- Debido a una alta fricción interna del material.
- Debido a la utilización de rodillos portantes menores a 108 mm de longitud.

- Cuando la velocidad de la banda es mayor a 5 m/s.
- Cuando la temperatura de operación es menor a 20°C.
- Cuando las tensiones en la banda son bajas.
- En bandas flexibles y con grandes espesores de cubierta.

La Tabla 2-10 muestra los valores recomendados de coeficiente de fricción de las partes móviles en función de las condiciones de operación, mantenimiento y estanqueidad.

Tabla 2-10. Coeficiente de fricción recomendados.

CONDICIONES DE OPERACIÓN	Coeficiente <i>f</i>
Bandas transportadoras descendentes que requieren frenado mediante motor.	0,012
Condiciones favorables con buenas bandas transportadoras con rodillos de marcha suave y pequeña fricción en el material	0,017
Condiciones con ambiente normal de trabajo	0,02
Condiciones de marcha desfavorables con ambientes polvorientos y sobrecargas periódicas.	0,023-0,03

Fuente: <http://www.dunlop.com.ar/catalogos/06-Catalogodecintatransportadoras.pdf>

- Masas de la cinta:

La masa de la banda debe ser proporcionada por el fabricante. No obstante, para mayor comodidad, la Tabla 2-16 recoge la masa de las bandas de tipo Duploflex y Trioflex. Para determinar la masa total de la banda, será necesario sumar el valor de la masa de la carcasa y la masa de los recubrimientos (dependiendo de su espesor), quedando en [Kg/m2].

Tabla 2-11. Masas de la banda.

TIPO DE BANDA	ESPESOR DE LA CARCASA [mm]	MASA DE LA CARCASA [Kg/m ²]	MASA TOTAL DE LA BANDA m"G [Kg/m ²]					
			SUMA TOTAL DE LOS RECUBRIMIENTOS [mm]					
			4	5	6	8	10	12
D 160	2.3	2.7	7.3	8.5	9.6	11.9	14.2	16.5
D 200	2.7	3.1	7.7	8.9	10.0	12.3	14.6	16.9
D 250	3.0	3.6	8.2	9.4	10.5	12.8	15.1	17.4
D 315	3.2	3.7	8.3	9.5	10.6	12.9	15.2	17.5
D 400	3.7	4.3	8.9	10.1	11.2	13.5	15.8	18.1
D 500	4.1	4.7	9.3	10.5	11.6	13.9	16.2	18.5
D 630	4.5	5.0	9.6	10.8	11.9	14.2	16.5	18.8
D 800	4.8	5.5	10.1	11.3	12.4	14.7	17.0	19.3
T 315	4.0	4.8	9.4	10.6	11.7	14.0	16.3	18.6
T 400	4.4	5.3	9.9	11.1	12.2	14.5	16.8	19.1
T 500	5.0	5.9	10.5	11.7	12.8	15.1	17.4	19.7
T 630	5.5	6.5	11.1	12.3	13.4	15.7	18.0	20.3
T 800	6.0	7.2	11.8	13.0	14.1	16.4	18.7	21.0
T 1000	6.5	7.8	12.4	13.6	14.7	17.0	19.3	21.6
T 1250	7.2	8.1	12.7	13.9	15.0	17.3	19.6	21.9

Fuente:<http://www.dunlop.com.ar/catalogos/06Catalogodecintatransportadoras.pdf>

Para calcular la masa de la banda por unidad de longitud, ($m'G$) se debe multiplicar la masa total de la banda, dada en m^2 , ($m'G$) por el ancho de esta:

$$m'G = m'G \cdot B \quad (\text{Ecuación 2-11})$$

-Masa de los rodillos:

Para el cálculo de la masa de los rodillos, se debe diferenciar la masa que corresponde a los rodillos superiores y la masa que corresponde con los rodillos de retorno.

$$m'_R = \frac{mRo}{l_o} + \frac{mRu}{l_u} \quad (\text{Ecuación 2-12})$$

Dónde:

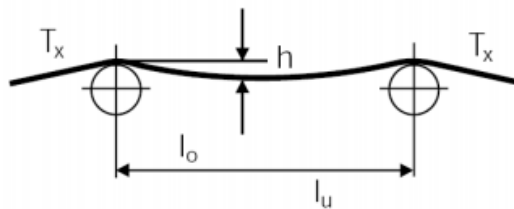
mRo : Masa de uno de los conjuntos de rodillos superiores. [Kg / m]

mRu : Masa de uno de los conjuntos de rodillos inferiores. [Kg / m]

l_o : Separación entre dos estaciones de rodillos superiores. [m]

l_u : Separación entre dos estaciones de rodillos inferiores. [m]

Los valores de " l_o " y " l_u ", pueden ser calculados como se establece a continuación en las ecuaciones y con ayuda de la



Con las siguientes ecuaciones se logra conseguir los valores anteriormente hablados:

$$l_o = \frac{T_x \cdot 8 \cdot h}{(m' L + m' G) \cdot g} \quad (\text{Ecuación 2-13})$$

$$lu = \frac{Tx \cdot 8 \cdot h}{(m' G) \cdot g}$$

(Ecuación 2-14)

- Dónde:
- Tx: Tensión que existe en un punto X de la banda.

[m]
- h= Flecha que se forma en la banda.

Se considera: 1%
- g: Aceleración gravitacional.

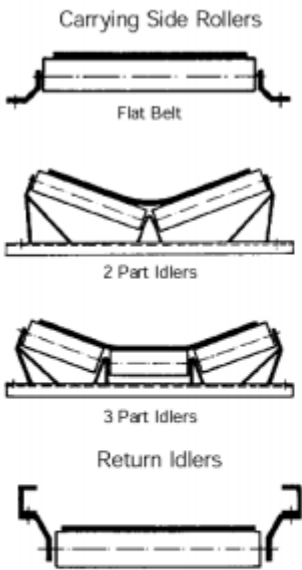
[m / s2]
- m'R: Masa de los rodillos por unidad de longitud.

[Kg/m]
- m'G: Masa de la banda por unidad de longitud.

[Kg/m]
- m'L: Masa de la carga por unidad de longitud.

[Kg/m]

Tabla 2-12. Configuración de rodillos.

	Ancho de Banda [mm]	Configuración de los Rodillos	Diámetro de los rodillos [mm]							
			51	63.5	88.9	108	133	159	193.7	219.1
	300	flat 2 part	1.6 2.3	2.2 3.4	3.2 4.1					
	400	flat 2 part 3 part	2.0 2.6 2.9	2.7 3.7 4.4	3.9 4.7 5.4	5.6 6.6 7.3				
	500	flat 2 part 3 part	2.2 2.8 3.2	3.2 4.1 4.6	4.5 5.5 6.1	6.6 7.8 8.4				
	650	flat 2 part 3 part		4.0 4.7 5.4	5.5 6.3 7.0	8.0 9.0 9.8	10.8 12.1 13.1			
	800	flat 2 part 3 part		4.7 5.6 6.5	6.7 7.4 8.3	9.8 10.6 11.6	13.3 14.2 15.6			
	1000	flat 2 part 3 part			9.4 11.3 13.0	11.7 13.2 13.6	15.9 17.8 18.2	21.9 24.7 26.3		
	1200	flat 2 part 3 part				14.2 15.0 16.3	19.3 20.5 22.3	26.1 28.0 24.5		
	1400	flat 2 part 3 part					21.8 23.3 25.0	29.3 31.6 35.5		
	1600	flat 2 part 3 part					25.1 26.5 28.0	33.4 35.0 38.7		
	1800	flat 2 part 3 part					27.6 29.1 30.7	37.8 39.5 42.4		
	2000	flat 2 part 3 part					30.2 31.8 33.3	40.2 43.3 47.0	69.1 76.4 80.1	
	2200	flat 2 part 3 part						46.5 49.0 50.1	77.8 82.6 93.2	88.0 97.1 111.0

Fuente: <http://www.dunlop.com.ar/catalogos/06-Catalogodecintastransportadoras.pdf>

Como se puede comprobar en esta Tabla 2-12, es necesario conocer el valor del diámetro de los rodillos a utilizar. Estos diámetros están normalizados.

La selección del diámetro de los rodillos dependerá de la velocidad de giro de los mismos, no pudiendo ser nunca superior a 650 r.p.m. Mediante la siguiente ecuación se determina la velocidad de los rodillos.

$$n = \frac{60 \cdot v}{\pi \cdot Dr}$$

(Ecuación 2-15)

Dónde:

n: Velocidad de los rodillos. [r.p.m.]

v: Velocidad de la banda. [m / s]

Dr: Diámetro de los rodillos.

Tabla 2-13. Separación entre dos rodillos superiores.

Ancho de Banda [mm]	Separación entre dos estaciones de rodillos superiores S1 [m]										Separación de estaciones, rodillos inferiores S2 [m]
	Peso específico [t/m³]										
	0,5	0,8	1	1,4	1,6	2,4	3,2	4	5	>6	
400	1,7	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,2	0,9	0,7 5	3
500	1,5	1,4	1,4	1,4	1,2	1,2	1,2	1	0,9	0,6	3
650	1,5	1,4	1,4	1,4	1,2	1,2	1,2	0,9	0,9	0,5	3
800	1,4	1,4	1,4	1,2	1,2	1	1	0,9	0,9	0,5	3
1000	1,4	1,4	1,2	1,2	1	0,9	0,9	0,9	0,75	0,5	3
1200	1,4	1,4	1,2	1,2	1	0,9	0,9	0,9	0,75	0,5	3
1400	1,4	1,2	1,2	1	1	0,9	0,9	0,75	0,75	0,5	3
1600	1,2	1,2	1,2	1	0,9	0,9	0,9	0,75	0,6	0,5	3
1800	1,2	1	1	1	0,9	0,75	0,75	0,6	0,5	0,5	2,4
2000	1,2	1	1	1	0,9	0,75	0,75	0,6	0,5	0,5	2,4
2200	1	1	1	0,9	0,75	0,75	0,6	0,5	0,5	0,5	2,4

Fuente: <http://www.dunlop.com.ar/catalogos/06-Catalogodecintatransportadoras.pdf>

-Masas de partes móviles:

La masa de las partes móviles por unidad de longitud del sistema completo de la cinta transportadora constituye la masa de la banda (m'G) y la masa de los rodillos transportadores y de retorno (m'R).

-Masa de la carga a transportar:

El valor de la masa de la carga a transportar por unidad de longitud se determina de acuerdo con la ecuación.

$$m'_L = \frac{Qm}{3.6 \cdot v}$$

(Ecuación 2-16)

Dónde:

m'L: Masa de la carga a transportar por unidad de longitud. [Kg / m]

Qm: Es la capacidad de la banda. [t / h]

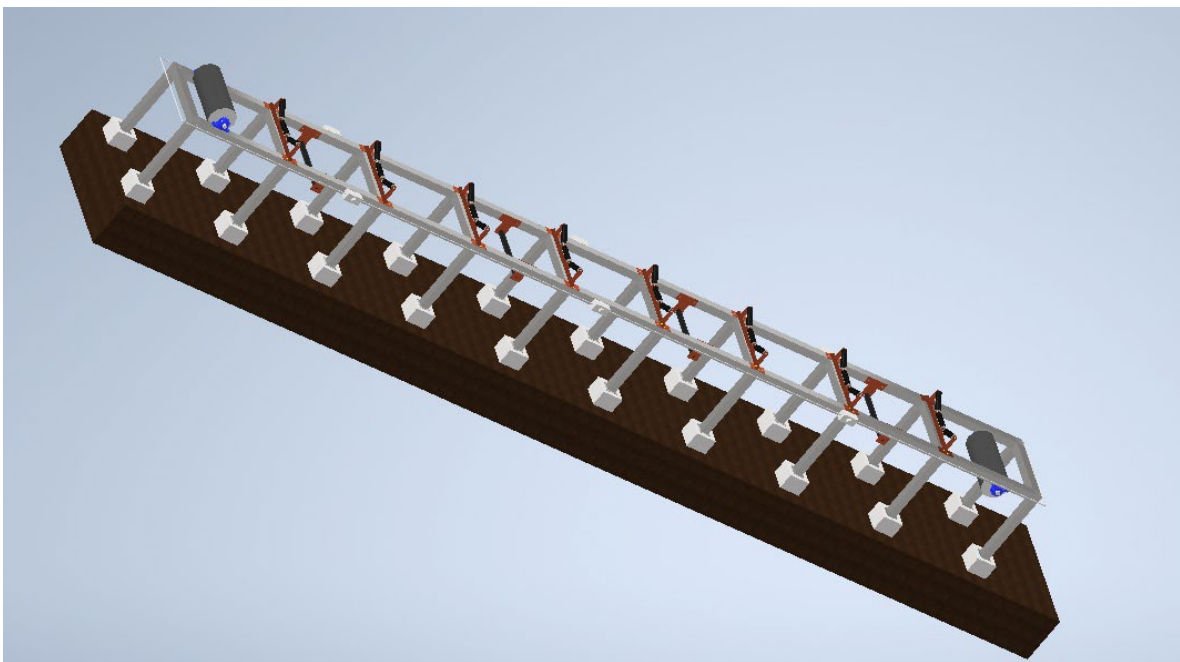
v: Velocidad de la banda. [m / s]

2.2. DESARROLLO MODELADO 3D Y PLANIMETRÍA

En esta sección, se darán a conocer imágenes del modelado y los planos desarrollados de la cinta transportadora que se elaboró en el proyecto, para Codelco Andina. Se anexan planos en PDF para mayor detalle de imagen.

2.2.1. Modelado 3D

Para comenzar, se muestra el modelado 3D con los mecanismos internos de la cinta transportadora diseñada para este proyecto (Véase Figura 2-10), la cual transportara cobre.

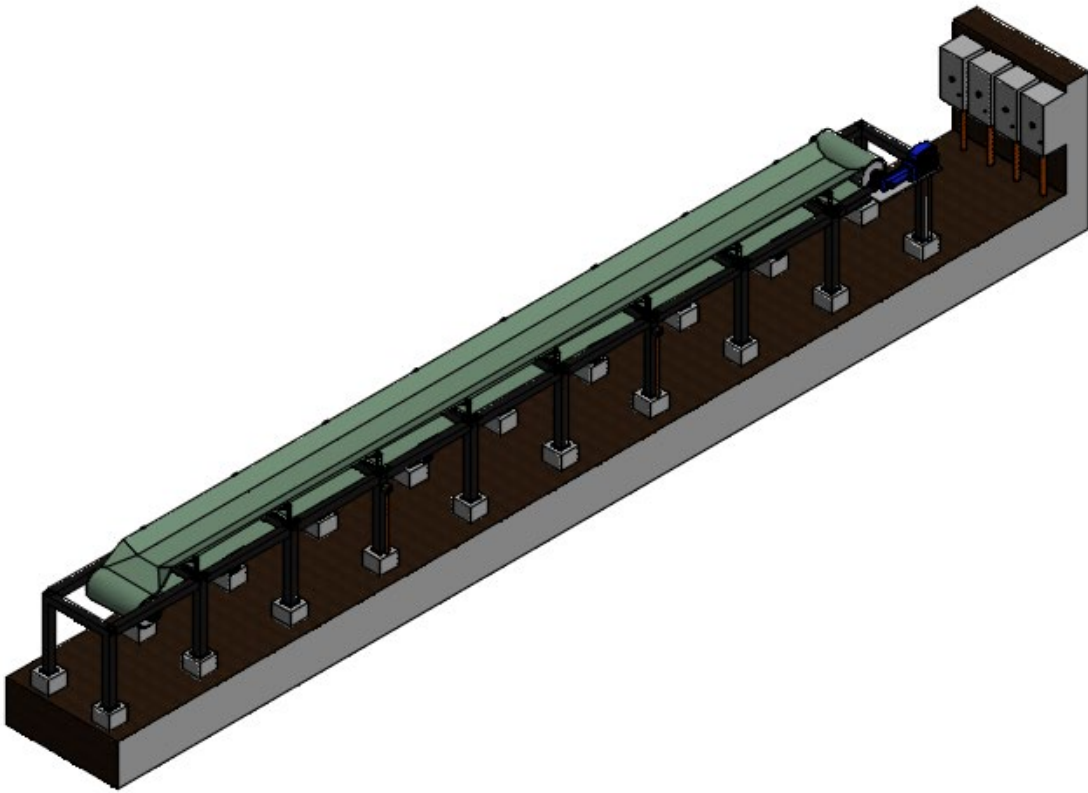


Fuente: Elaboración propia en Autodesk Inventor.

Figura 2-10. Modelado cinta transportadora.

En la Figura 2-11 se muestra el modelado completo de la cinta transportadora con todos sus componentes como la banda, motor, paneles de control eléctrico y placas base.

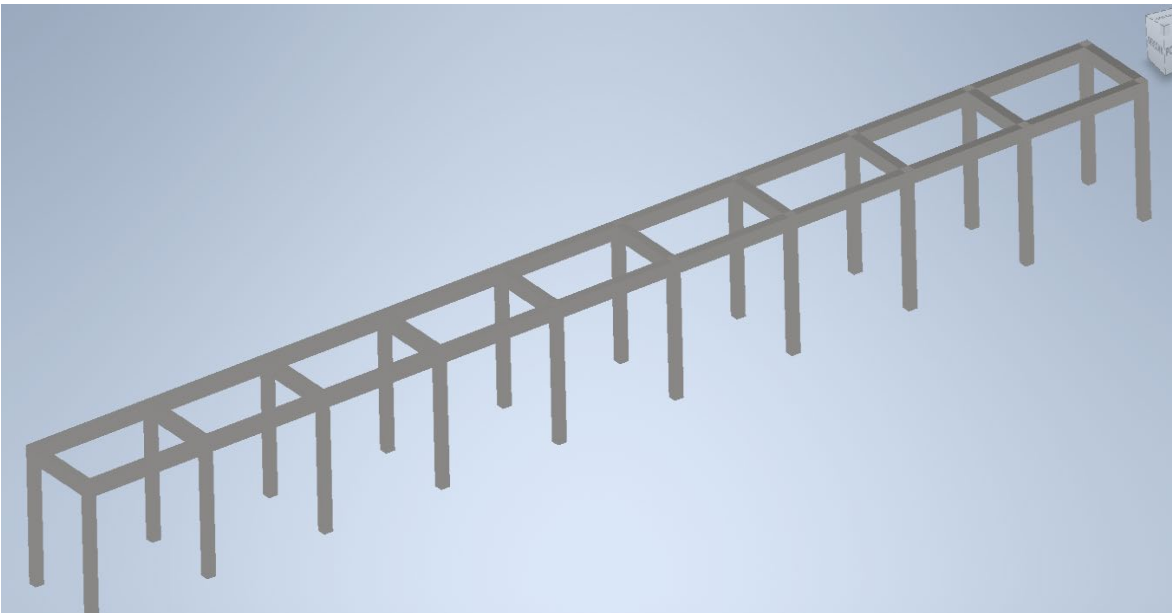
Es fundamental poder observar la cinta transportadora con todos sus componentes en un modelado virtual con dimensiones reales. Esta es la base de creación del mecanismo, logrando así el objetivo principal.



Fuente: Elaboración propia en Autodesk Inventor.

Figura 2-11. Modelado completo de cinta transportadora.

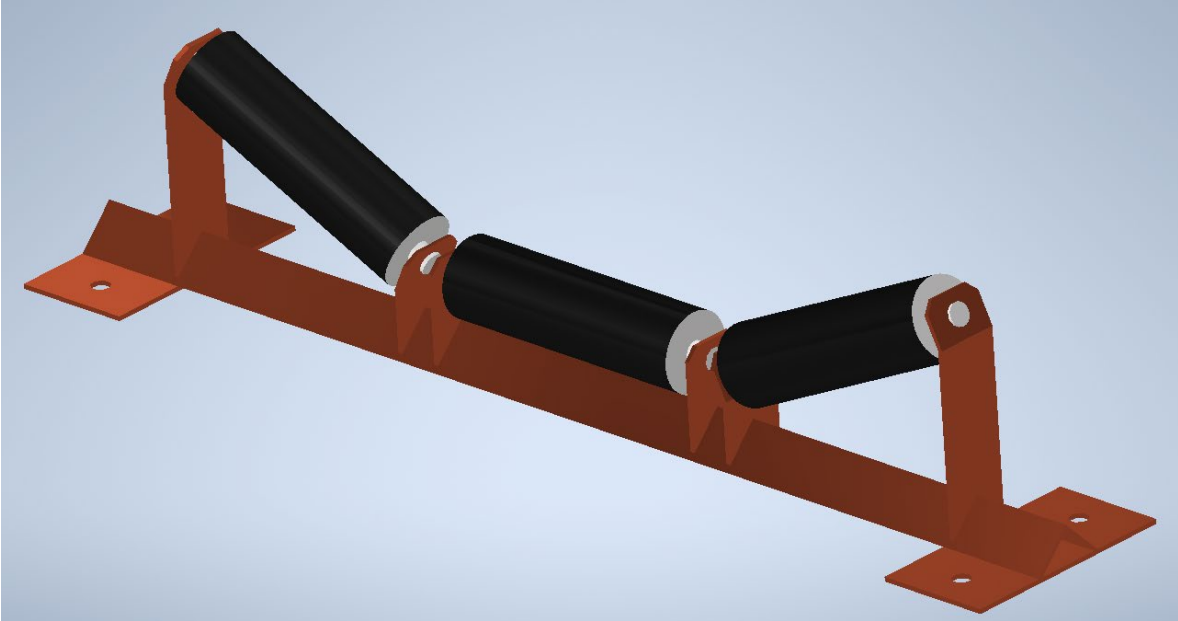
En la Figura 2-12 se presenta el modelado 3D de la estructura de la cinta transportadora que es uno de los elementos principales, ya que es la que soporta todos los componentes como también la carga aplicada en el transporte del mineral.



Fuente: Elaboración propia en Autodesk Inventor.

Figura 2-12. Modelado Estructura cinta.

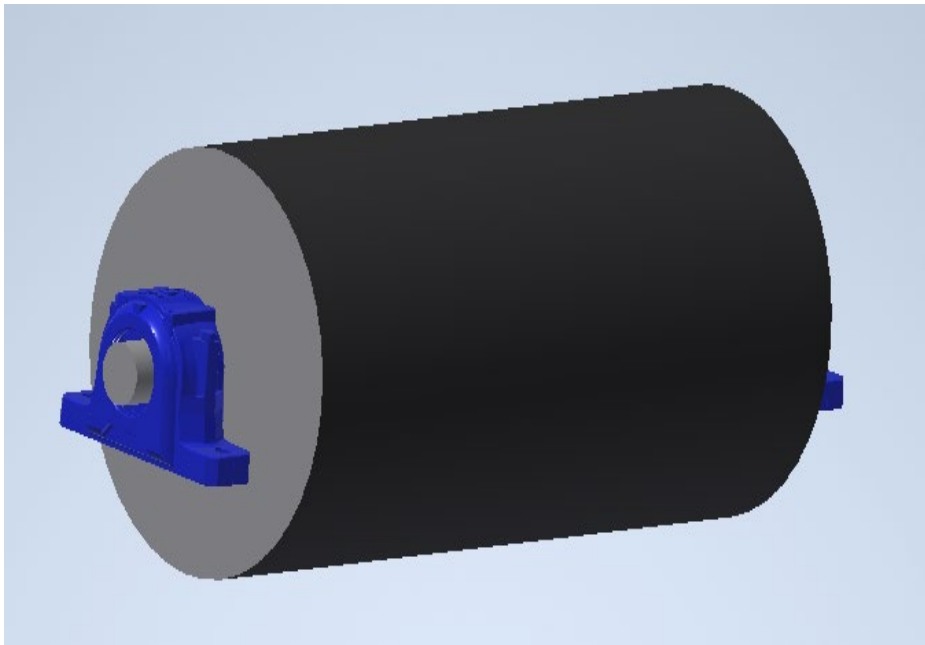
La Figura 2-13 muestra el modelado del rodillo a utilizar en la cinta transportadora que es tipo guirnalda, uno de los más utilizados para cumplir los requerimientos necesarios como el transporte de terrón de cobre.



Fuente: Elaboración propia en Autodesk Inventor.

Figura 2-13. Rodillos Principales.

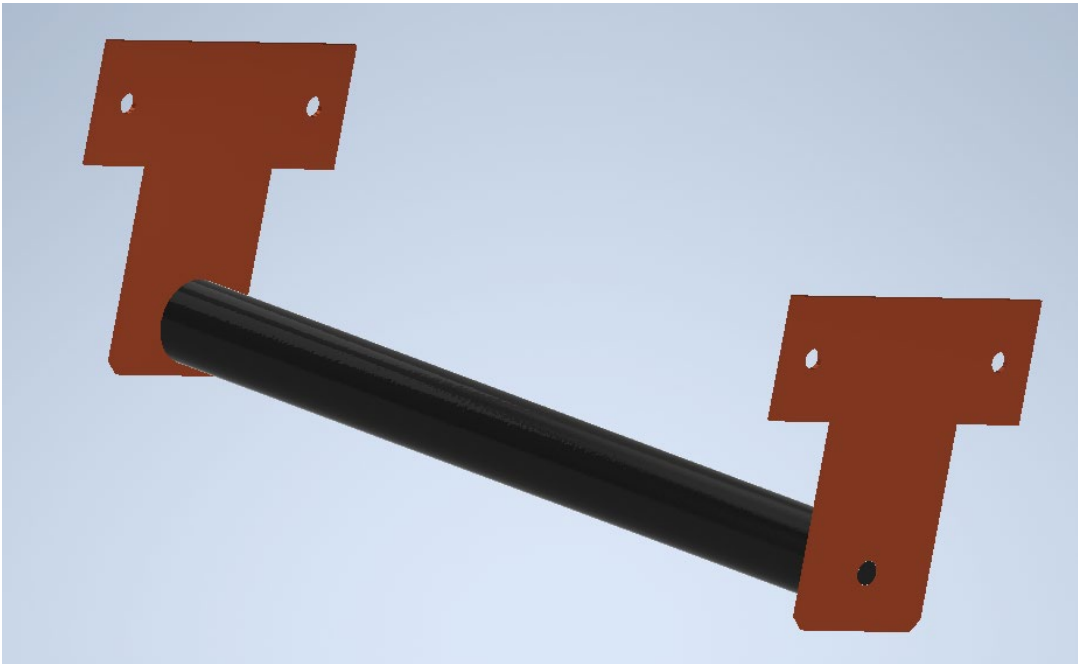
La Figura 2-14 representa el modelado del tambor motriz que es aquel que genera la rotación de la cinta conectado con su eje y rodamiento. Los tambores son de acero de alta resistencia y por lo general tienen recubrimiento, puede ser de caucho, goma, cerámica, dependiendo de la función de la cinta transportadora.



Fuente: Elaboración propia en Autodesk Inventor.

Figura 2-14. Tambor Motriz.

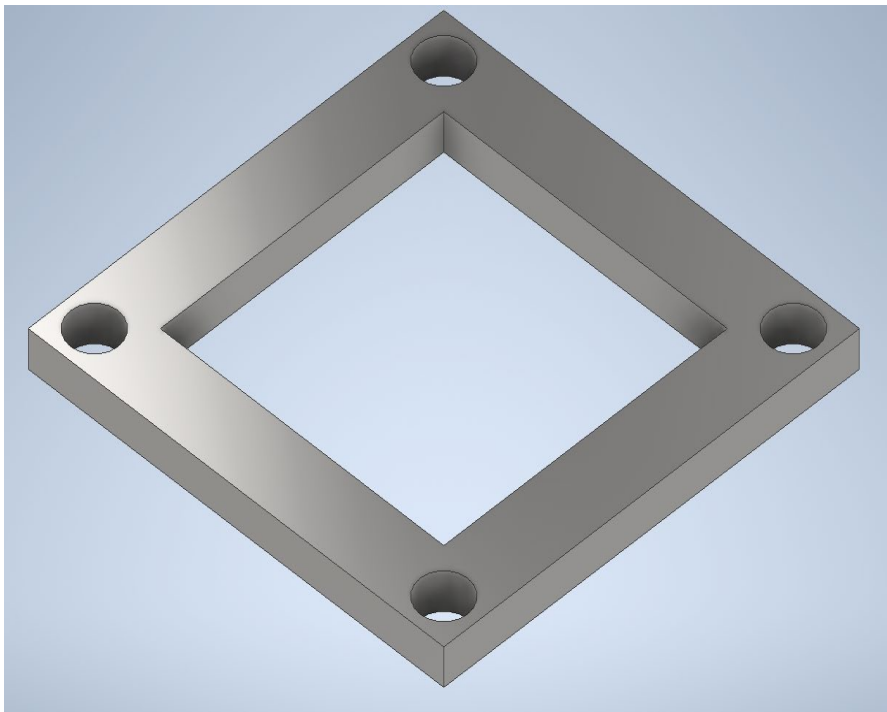
La Figura 2-15 representa el modelado del rodillo de retorno que ayuda a la cinta a su rotación. El diseño del rodillo de retorno fue lo más simple y práctico para mantención al no presentar fuerzas tan exigidas.



Fuente: Elaboración propia en Autodesk Inventor.

Figura 2-15. Estación rodillo de retorno.

La placa base, que muestra la Figura 2-16 es la que ayuda al apoyo de la estructura en la superficie donde se apoya la cinta transportadora.

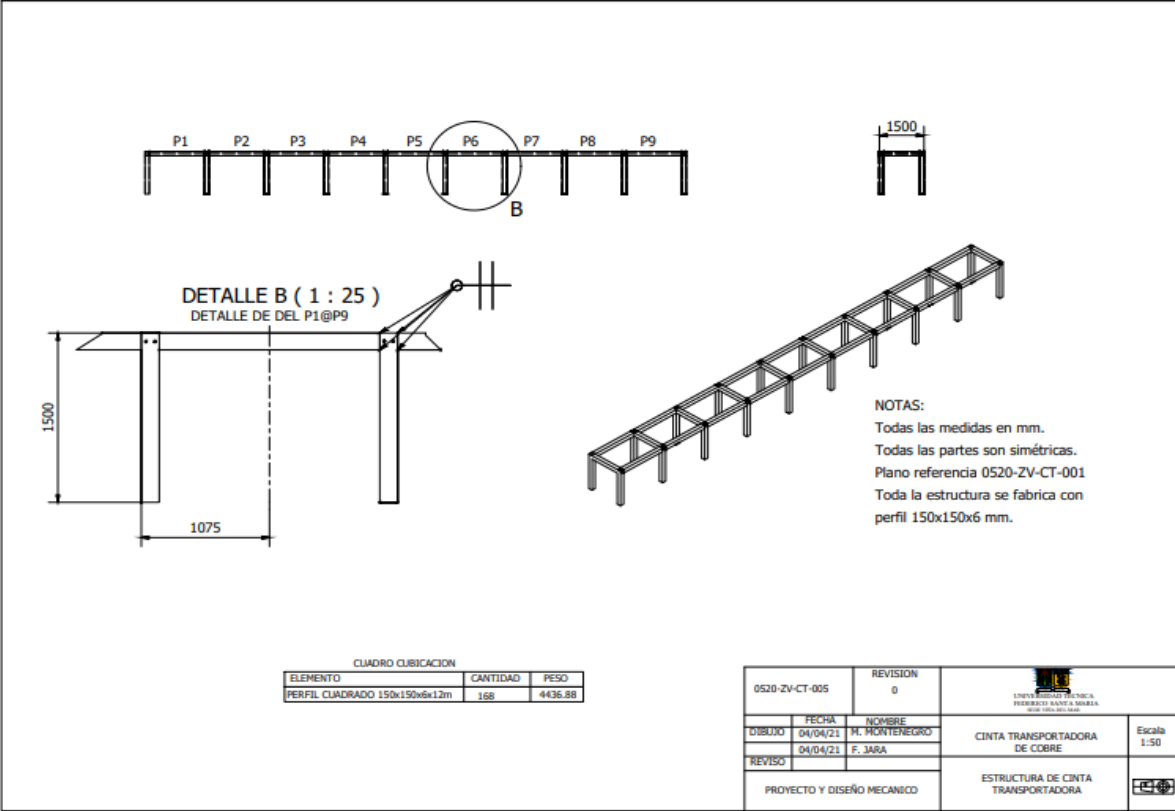


Fuente: Elaboración propia en Autodesk Inventor.

Figura 2-16. Placa base.

2.2.2. Planimetría

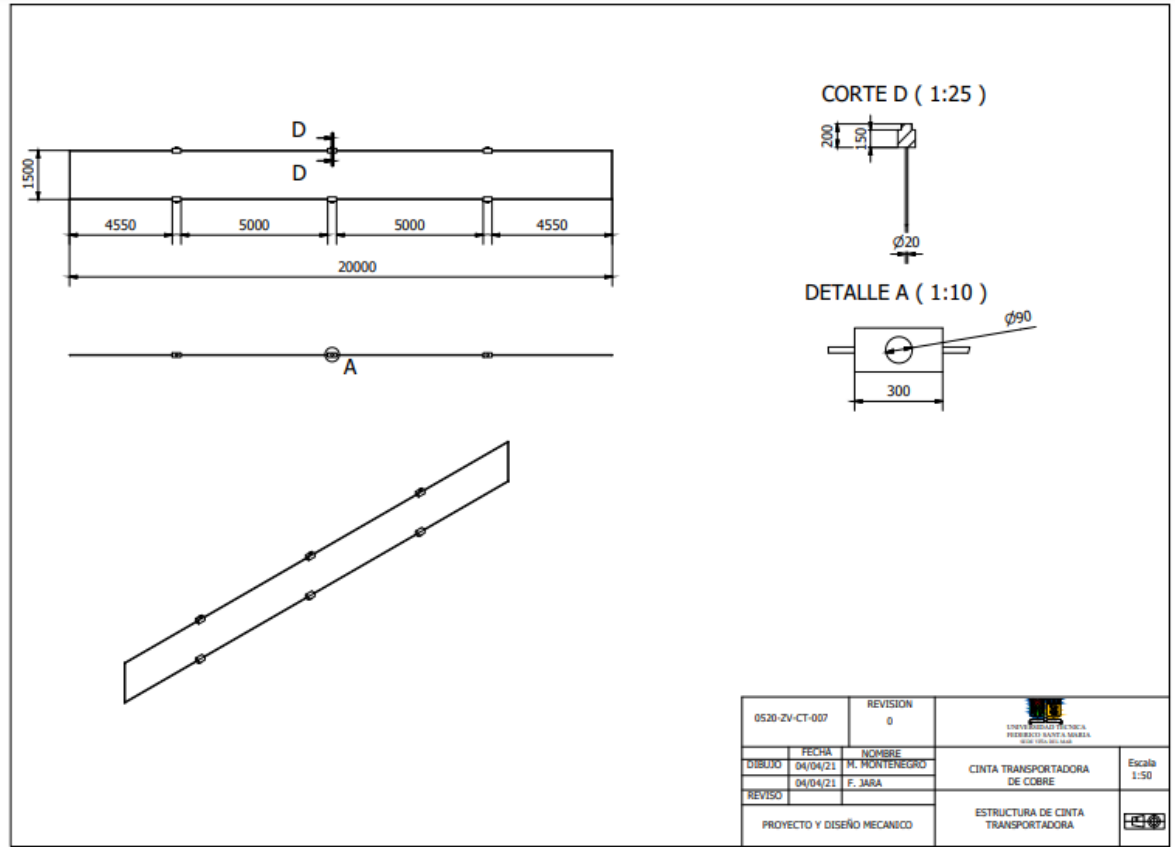
Se dan a conocer imágenes de los planos realizados, se anexan los planos originales en formato PDF para mayor detalle de imagen.



Fuente: Elaboración propia en Autodesk Inventor.

Figura 2-18. Estructura Cinta.

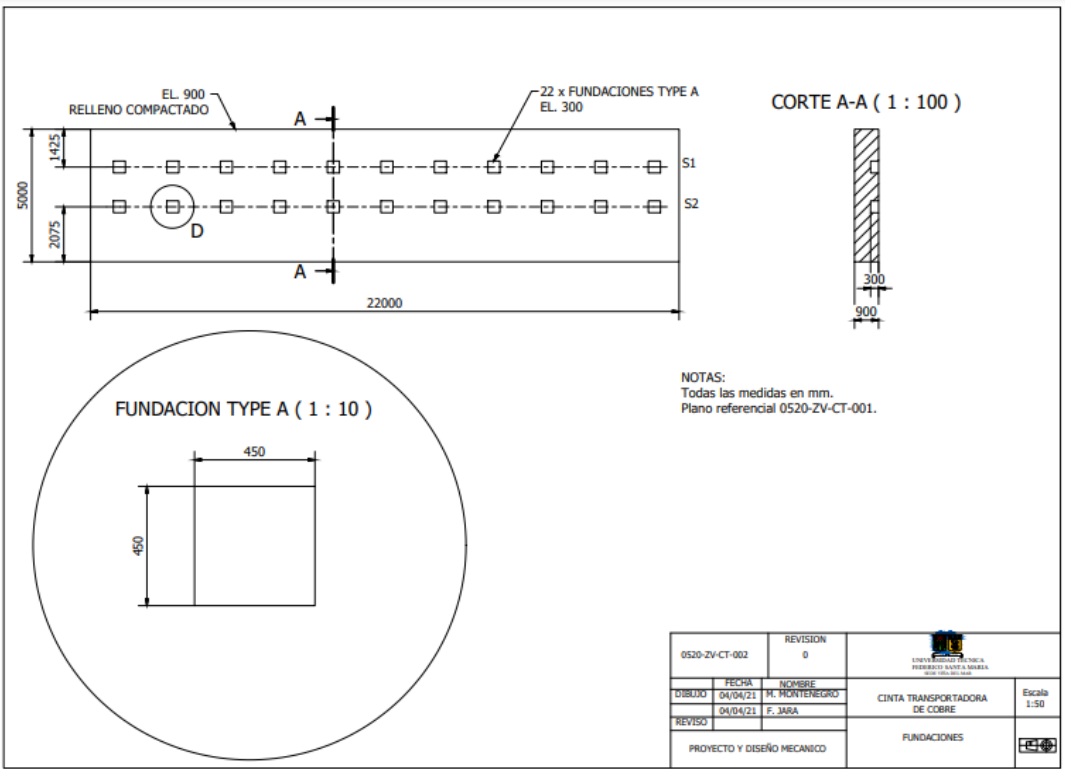
En la siguiente Figura 2-19, se representa la ubicación y detalles con corte que tendrán las paradas de emergencia.



Fuente: Elaboración propia en Autodesk Inventor.

Figura 2-19. Planimetría circuito eléctrico de parada emergencia.

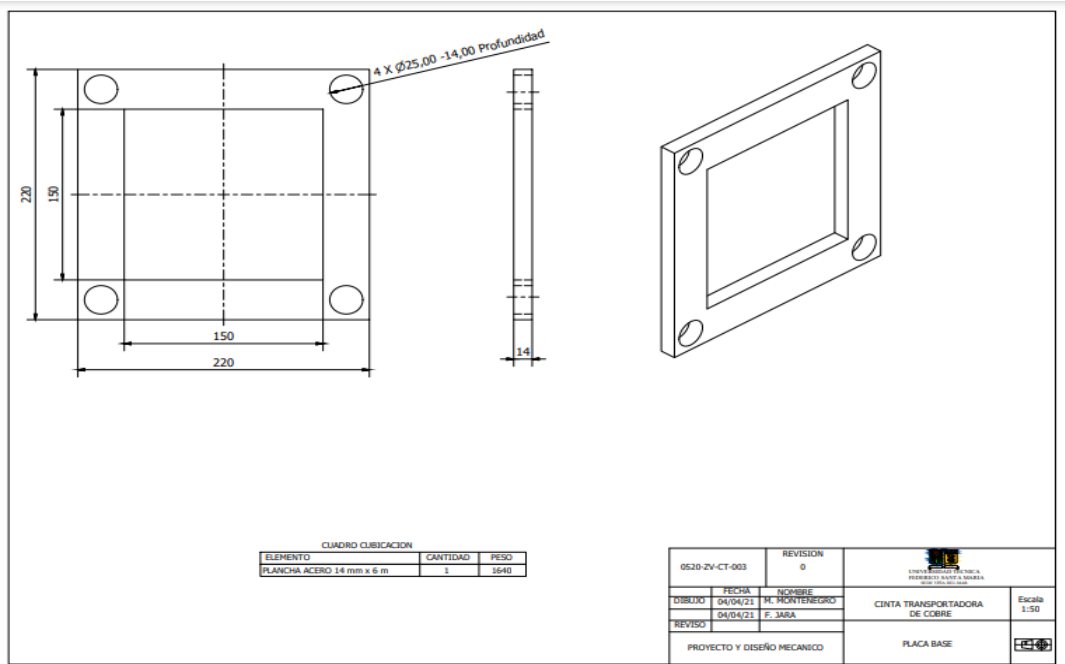
En la Figura 2-20, se pueden apreciar las fundaciones, como se muestra en el plano de 450 x 450 mm, necesarias para la estructura y poder tener una base sólida donde poner la placa base.



Fuente: Elaboración propia en Autodesk Inventor.

Figura 2-20. Plano de fundaciones.

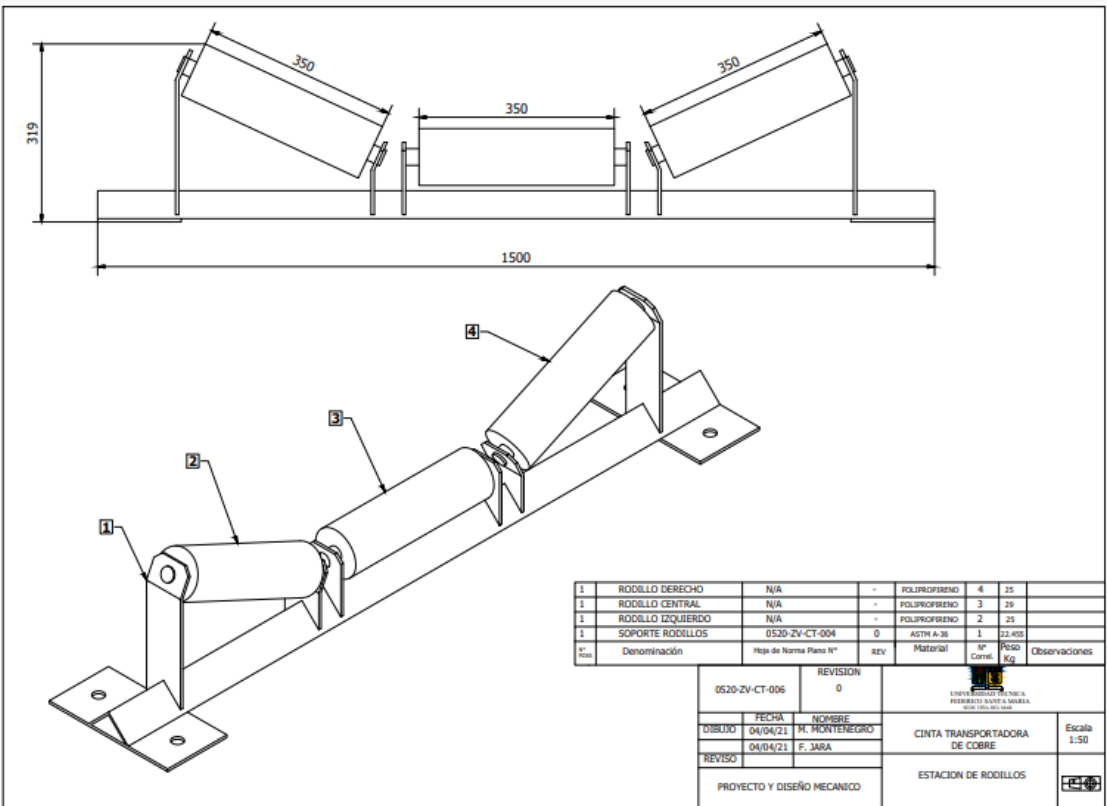
En la Figura 2-21, se muestra la placa base de 220 x 220 mm con un espesor de 14 mm.



Fuente: Elaboración propia en Autodesk Inventor.

Figura 2-21. Placa base.

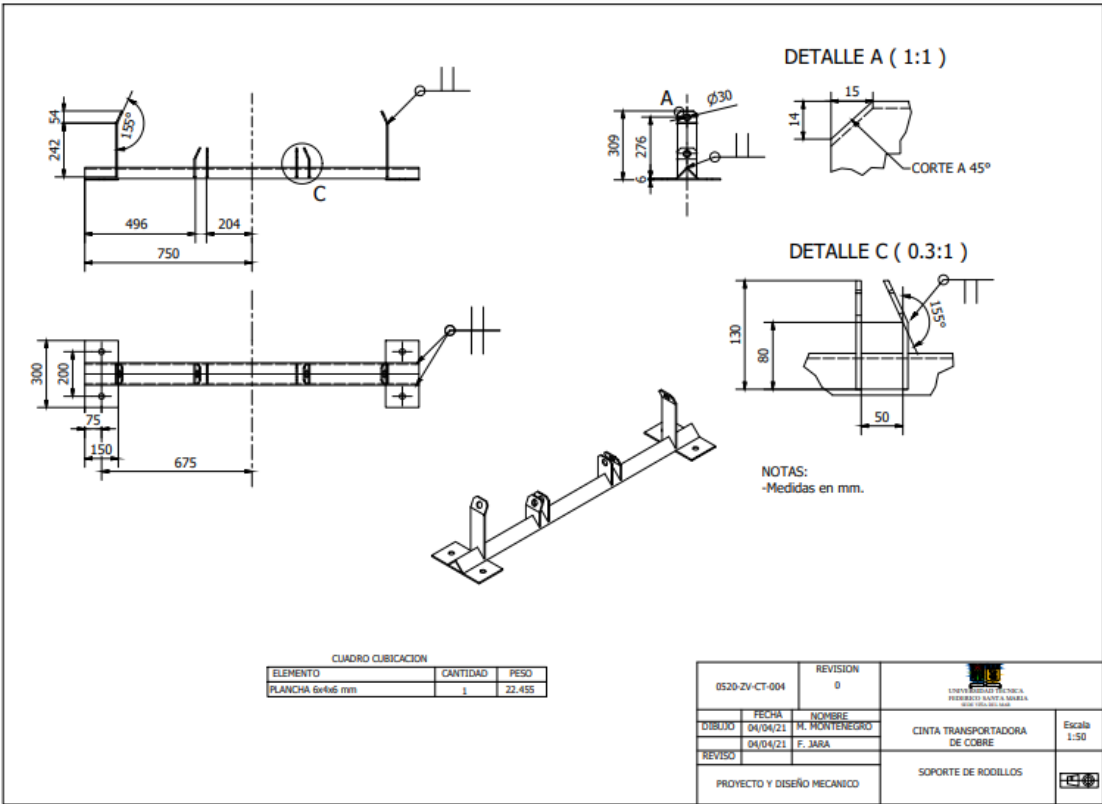
En la Figura 2-22, se puede ver la estación con sus rodillos y dimensiones generales.



Fuente: Elaboración propia en Autodesk Inventor.

Figura 2-22. Estación de rodillos.

En la Figura 2-23 se puede apreciar la estación de rodillos y sus detalles.



Fuente: Elaboración propia en Autodesk Inventor.

Figura 2-23. Estación de rodillos.

2.3. COSTOS Y PRESUPUESTOS CINTA TRANSPORTADORA

El capítulo da a conocer los costos y presupuestos de las diferentes disciplinas aplicadas para la fabricación y montaje de la cinta transportadora, basado en la duración del proyecto que es de 6 meses.

2.3.1. Costos obras civiles

La Figura 2-24 muestra la cantidad y precios de los diferentes cargos que se necesitan en obras civiles.

MANO DE OBRA	CANTIDAD	DIAS TRAB	HH	VALOR HH (\$)	SUELDO (\$)
SUPERVISOR	2	42	12	6.000	6048000
CAPATAZ	2	42	12	3.400	3427200
MAESTRO PRIMERA	6	42	12	2.400	7257600
MAESTRO SEGUNDA	6	42	12	2.000	6048000
OPERADOR RETRO	4	42	12	3.000	6048000
OPERADOR TOMBA LISO	2	42	12	3.000	3024000
OPERADOR CAMION TOLVA	2	42	12	3.000	3024000
TOTAL	24				\$34.876.800

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel.

Figura 2-24. Personal para OO.CC.

La Figura 2-25 muestra la cantidad y precios de los materiales que se necesitan en obras civiles.

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	PRECIO TOTAL (\$)
FIERROS HORMIGON REDONDO A630-420H TIRA 6 m	UN	16	11281	180496
HORMIGON	m3	32	108103	3459296
ALAMBRE 130 m	UN	1	14590	14590
PLANCHAS 244x122x12 MADERA	UN	10	21990	219900
CLAVOS CORRIENTE 2" 25 Kg	UN	1	53790	53790
SIKA GROUT 328	UN	10	11759	117590
TOTAL				\$4.045.662

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel.

Figura 2-25. Materiales para OO.CC.

La Figura 2-26 muestra la cantidad y precios de los insumos que se necesitan en obras civiles.

INSUMOS	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	PRECIO TOTAL (\$)
LENTES DE SEGURIDAD OSCUROS Y CLAROS	UN	52	9990	519480
GUANTES DE SEGURIDAD	UN	52	15900	826800
BUZOS	UN	52	10760	559520
GEOLOGOS	UN	14	16990	237860
ZAPATOS DE SEGURIDAD	UN	26	28990	753740
CASCO DE SEGURIDAD	UN	26	5000	130000
SERRUCHO	UN	6	9990	59940
COLETO CARPINTERO	UN	16	11990	191840
SIERRA ELECTRICA CIRCULAR	UN	2	164890	329780
MARTILLO	UN	18	9990	179820
HUINCHA DE MEDIR 8m/26"	UN	36	16890	608040
MARTILLO DEMOLEDOR, CANGO 15 kg 2200 w	UN	4	275000	1100000
TOTAL				\$5.496.820

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel.

Figura 2-26. Insumos para OO.CC.

La Figura 2-27 muestra el precio total que se necesita para obras civiles.

COSTOS TOTAL DE OO.CC EN PROYECTO	\$44.419.282
-----------------------------------	--------------

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel.

Figura 2-27. Dinero necesario para OO.CC.

2.3.2. Costo estructura

La Figura 2-28 muestra la cantidad y precios de los diferentes cargos que se necesitan en los trabajos de estructura.

MANO DE OBRA	CANTIDAD	DIAS TRAB	HH	VALOR HH (\$)	SUELDO (\$)
SUPERVISOR	2	70	12	6000	10080000
CAPATAZ	4	70	12	3400	11424000
MAESTRO MAYOR	4	70	12	2900	9744000
MAESTRO PRIMERA	16	70	12	2400	32256000
MAESTRO SEGUNDA	8	70	12	2000	13440000
RIGGER	6	70	12	2800	14112000
SOLDADORES	8	70	12	3200	21504000
OPERADOR GRUA	4	70	12	3000	10080000
OPERADOR CAMION GRUA	2	70	12	3000	5040000
TOTAL	54				\$127.680.000

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel.

Figura 2-28. Personal para estructura.

La Figura 2-29 muestra la cantidad y precios de los materiales que se necesitan en los trabajos de estructura.

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	PRECIO TOTAL (\$)
PERFIL CUADRADO 150x150x6x12m	UN	20	314290	6285800
PLANCHA 14 mm	UN	1	756290	756290
ELECTRODO 6010 PUNTO ROJO 3/32"	UN	15	4690	70350
DISCO CORTE 9" GRANO ABRASIVO	UN	50	1590	79500
MARCA METAL	UN	30	1950	58500
PERNOS DE ANCLAJE 1/2" x 7"	UN	200	2445	489000
DISCO DESBASTE 9" GRANO ABRASIVO	UN	50	2590	129500
RODILLOS DIAMETRO 102 mm x 380 mm	UN	24	182000	4368000
RODILLOS DIAMETRO 102 mm x 1150 mm	UN	4	182000	728000
TAMBOR DIAMETRO 505 mm	UN	2	190000	380000
TUERCA 1/2"	UN	50	745	37250
COLILLA 1/2"	UN	50	995	49750
BANDA 900/4 PLY	m	55	26000	1430000
ESPARRAGO 1/2"	UN	2	5490	10980
TOTAL				\$14.872.920

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel.

Figura 2-29. Materiales para estructura.

La Figura 2-30 muestra la cantidad y precios de los insumos que se necesitan en los trabajos de estructura.

INSUMOS	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	PRECIO TOTAL (\$)
LENTES DE SEGURIDAD OSCUROS Y CLAROS	UN	216	9990	2157840
GUANTES DE SEGURIDAD	UN	216	15900	3434400
BUZOS	UN	104	10760	1119040
GEOLOGOS	UN	52	16990	883480
ZAPATOS DE SEGURIDAD	UN	104	28990	3014960
CASCO DE SEGURIDAD	UN	104	5000	520000
TALADRO PERCUSION 1/2 800 w STANLEY STDH8013-B2C	UN	8	63790	510320
LLAVE FRANCESA 24"	UN	4	99990	399960
SOLDADORA ARCO MANUAL Y TIG 130 A	UN	5	299990	1499950
ESMERIL ANGULAR ELECTRICO 9" 2200 w	UN	8	119000	952000
ESLINGAS PARA 3 ton DE 1 m	UN	8	6900	55200
TOTAL				\$14.547.150

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel.

Figura 2-30. Insumos para estructura.

La Figura 2-31 muestra el precio total que se necesita para estructura.

COSTOS TOTAL DE ESTRUCTURA EN PROYECTO	\$157.100.070
--	---------------

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel.

Figura 2-31. Dinero necesario para estructura.

2.3.3. Costo electricidad

La Figura 2-32 muestra la cantidad y precios de los diferentes cargos que se necesitan en electricidad.

MANO DE OBRA	CANTIDAD	DIAS TRAB	HH	VALOR HH	TOTAL HH
SUPERVISOR	2	28	12	6000	4032000
CAPATAZ	2	28	12	3400	2284800
MAESTRO MAYOR	2	28	12	2900	1948800
MAESTRO PRIMERA	10	28	12	2400	8064000
MAESTRO SEGUNDA	4	28	12	2000	2688000
TOTAL	20				\$19.017.600

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel.

Figura 2-32. Personal eléctrico.

La Figura 2-33 muestra la cantidad y precios de los materiales que se necesitan en electricidad.

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
TUBO CONDUIT C3 16 mm x 6 m	UN	15	1340	20100
CABLES ELECTRICOS EVA 2.5 mm x ROLLOS DE 100 m	UN	2	120000	240000
TABLERO ELECTRICO	UN	1	550990	550990
ADHESIVO VINILIT	UN	10	2990	29900
CURVA CONDUIT	UN	50	143	7150
LIJA EN PLIEGO	UN	30	7890	236700
TOTAL				\$1.084.840

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel.

Figura 2-33. Material eléctrico.

La Figura 2-34 muestra la cantidad y precios de los insumos que se necesitan en electricidad.

INSUMOS	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
LENTEs DE SEGURIDAD OSCUROS Y CLAROS	UN	40	9990	399600
GUANTES DE SEGURIDAD	UN	40	15900	636000
BUZOS	UN	32	10760	344320
GEOLOGOS	UN	5	16990	84950
ZAPATOS DE SEGURIDAD	UN	20	28990	579800
CASCO DE SEGURIDAD	UN	20	5000	100000
SET DE ALICATES	UN	16	8990	143840
SIERRA HARDEN	UN	16	4900	78400
TOTAL				\$2.366.910

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel.

Figura 2-34. Insumos eléctricos.

La Figura 2-35 muestra el precio total que se necesita para electricidad.

COSTOS TOTAL ELECTRICO EN PROYECTO	\$22.469.350
------------------------------------	--------------

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel.

Figura 2-35. Dinero necesario para electricidad.

2.3.4. Costo transporte y hospedaje

La Figura 2-36 muestra los costos de transporte y hospedajes durante la duración del proyecto, basado en dos turnos 15x15.

TURNO A											
Nº MES	CANT. PERSONAL	DIAS DE TURNO	DIAS DE DESCANSO	CANT. BUS	COSTO BUS MENSUAL (\$)	TOTAL COSTO BUS (\$)	CANT. PIEZAS	COSTO PIEZA MENSUAL(\$)	TOTAL COSTO PIEZAS (\$)	COSTO DESAYUNO MENSUAL	COSTO CENA MENSUAL
1	14	15	15	1	250000	250000	7	80000	8400000	420000	1050000
2	41	15	15	2	250000	500000	21	80000	24600000	1230000	3075000
3	41	15	15	2	250000	500000	21	80000	24600000	1230000	3075000
4	28	15	15	1	250000	250000	14	80000	16800000	840000	2100000
5	40	15	15	2	250000	500000	20	80000	24000000	1200000	3000000
6	40	15	15	2	250000	500000	20	80000	24000000	1200000	3000000
						\$2.500.000			\$122.400.000	\$6.120.000	\$15.300.000

TURNO B											
Nº MES	CANT. PERSONAL	DIAS DE TURNO	DIAS DE DESCANSO	CANT. BUS	COSTO BUS MENSUAL (\$)	TOTAL COSTO BUS (\$)	CANT. PIEZAS	COSTO PIEZA MENSUAL(\$)	TOTAL COSTO PIEZAS (\$)	COSTO DESAYUNO MENSUAL (\$)	COSTO CENA MENSUAL (\$)
1	14	15	15	1	250000	250000	7	80000	8400000	420000	1050000
2	41	15	15	2	250000	500000	21	80000	24600000	1230000	3075000
3	41	15	15	2	250000	500000	21	80000	24600000	1230000	3075000
4	28	15	15	1	250000	250000	14	80000	16800000	840000	2100000
5	40	15	15	2	250000	500000	20	80000	24000000	1200000	3000000
6	40	15	15	2	250000	500000	20	80000	24000000	1200000	3000000
						\$2.500.000			\$122.400.000	\$6.120.000	\$15.300.000

COSTO TOTAL DE TRANSPORTE Y HOSPEDAJE									\$292.640.000		
---------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	---------------	--	--

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel.

Figura 2-36. Transporte y hospedaje.

2.3.5. Costo total del proyecto

En base a lo anteriormente mencionado, en la figura 2-37, se muestra una tabla resumen con los costos de cada disciplina y el costo total del proyecto.

	COSTO
OO.CC	44419282
ESTRUCTURA	157100070
ELECTRICO	22469350
TRANS Y HOSP	292640000
TOTAL	\$516.628.702

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel.

Figura 2-37. Costo total del proyecto.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con respecto al proyecto, se puede concluir que es necesario tener un objetivo principal claro para poder desarrollar los objetivos específicos o detallados mediante la metodología de diseño escogida, los cuales nos ayudaron para poder llegar a solucionar la necesidad que desarrollamos en el proyecto.

Se obtuvieron conocimientos básicos y necesarios para poder generar una solución que cumpliera con los requerimientos propuestos de acuerdo con la metodología de diseño escogida (Modelo de fases), es fundamental que sea todo lo más claro posible y dejar las menores dudas al lector en cuanto al desarrollo total del proyecto. Para lograr esto, una parte fundamental fue la ingeniería básica del proyecto, detallando y analizando cada pieza que compone la cinta transportadora.

Por otra parte, fue fundamental validar el diseño en base a los cálculos para que cumpliera la funcionalidad requerida (transporte de cobre), estos fueron la base técnica para el desarrollo del problema que, sumado a un ítem de costos y presupuestos, generan y garantizan una prefactibilidad del proyecto.

La cinta transportadora generada en este proyecto a futuro tendrá un largo de 20 m y una altura de 1,5 m aproximadamente ya que será ajustable en terreno. Además, la cinta transportadora cumple con todos los objetivos específicos por lo cual se puede concluir que se cumple también el objetivo principal, lo cual es que a futuro si podrá transportar terrón de cobre de un peso específico entre los $1900 - 2400 \text{ kg/m}^3$ y en un tamaño máximo de 400 mm, con todos sus componentes escogidos y una manera innovada de generar la cinta ya que a pesar de ser una cinta para trabajos en minería tendrá forma recta ya que se prefiere generar trabajos en terreno para un mejor trabajo de la cinta, además que tenga mayor tiempo de durabilidad y mayor seguridad.

En base a lo anterior, se recomienda que existe apoyo para generar e innovar en cintas transportadoras ya que existe una gran diversidad de catálogos los cuales entregan especificaciones y datos sumamente efectivos a la hora de encontrar los componentes necesarios para la función principal de la cinta transportadora para así lograr los objetivos requeridos para cualquier proyecto.

BIBLIOGRAFÍA & WEBLIOGRAFÍA

CARMEN VILCHIS. Discurso del Método Munari. [En línea]
<https://decursodelmetodo.wordpress.com/2012/03/10/metodo_munari/> [Consulta: 10 de Marzo 2012].

RICARDO CUBEROS. Métodos de Diseño [En línea]
<<https://es.slideshare.net/ricardocuberos/metodos-de-diseo-clase-4>> [Consulta: 6 de noviembre de 2007].

DUNLOP. Catálogo Cintas Transportadoras [En línea]
<<http://www.dunlop.com.ar/catalogos/06-Catalogodecintastransportadoras.pdf>> [Consulta: 2 de febrero de 2019].

ROTRANS. Catálogo de Componentes para Cintas Transportadoras [En línea]
<<https://rotranssa.com/tambores-y-poleas/cola>> [Consulta: 1993].

RENÉ PUIG. Partes de Una Cinta Transportadora [En línea]
<https://www.researchgate.net/figure/Esquema-de-las-partes-de-la-cinta-transportadora_fig64_321533608> [Consulta: Diciembre de 2016].

BANDAS INDUSTRIALES. Bandas de Goma [En línea]
<<https://www.bandasindustriales.com/goma.html>>, 1993.

VULCANIZADOS LOYPE. Bandas Transportadoras [En línea]
<<http://vulcanizadosloype.com/index.php/productos/2-productos/9-bandas-transportadoras.html>>, 2019.

MHS. Fajas Transportadoras [En línea]
<<http://www.mhsperu.com/fajastransportadoras.html>>, 2018.

ANTONIO AGUILERA. Fundamentos de Diseño de las Correas Transportadoras [En línea]
<<https://docplayer.es/70911450-Fundamentos-de-diseno-de-las-correas-transportadoras-phoenix-nueva-norma-din-22101.html>>, 2017.

SEBASTIAN VÉLIZ. Uniones y Conexiones [En línea] <<http://www.arquitecturaenacero.org/uso-y-aplicaciones-del-acero/soluciones-constructivas/uniones-y-conexiones>>,2009.

BELTEC. Componentes para Cintas Transportadoras [En línea] <<http://belteccs.com/categoria-producto/componentes-para-transportadores/rodillos-para-transportadores/>>, 2014.

PPI - PRECISION PULLEY AND IDLER. Catálogo de Tambores y Componentes [En línea] <<http://www.polybandas.cl/wp-content/uploads/2018/04/Full-Line-PPI-Spanish.pdf>>, 2018.

JUAN CARLOS. Criterios para El Diseño de Una Cinta Transportadora [En línea] <<https://www.monografias.com/trabajos58/disenio-cintas-transportadoras/disenio-cintas-transportadoras2.shtml>> [Consulta: 12 de mayo 2010].

PIRELLI. Catalogo Cintas Transportadoras Pirelli [En línea] <<https://vdocuments.site/catalogo-cintas-transportadoras-pirelli.html>> [Consulta: 10 de noviembre 2014].

ANEXOS

A. PLANOS

PLANO N° 0520-ZV-CT-001

PLANO N° 0520-ZV-CT-002

PLANO N° 0520-ZV-CT-003

PLANO N° 0520-ZV-CT-004

PLANO N° 0520-ZV-CT-005

PLANO N° 0520-ZV-CT-006

PLANO N° 0520-ZV-CT-008

PLANO DE CONJUNTO CINTA

B. COSTOS EXCEL

PLANILLA DE COSTO Y PRESUPUESTO DEL PROYECTO