

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES

PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA,

MECÁNICA-ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA



**“DISEÑO Y SELECCIÓN DE UNA FAJA TRIPPER PARA UN SISTEMA DE
TRANSPORTE DE CONCENTRADO DE COBRE
CON CAPACIDAD DE 600 TON/HR”**

TESIS PRESENTADA POR:
DELFOR GIANCARLO BALLÓN SALAZAR
RAFAEL ALONSO NÚÑEZ

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

AREQUIPA, PERÚ
AÑO 2014

DEDICATORIA

Con todo mi cariño y mi amor para las personas que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento.

Mi esposa Luisa y mis hijos Lucianna y Fabricio

Dedico esta tesis a mis padres RAFAEL y ROSARIO, quienes me apoyaron siempre en mis estudios y lo siguen haciendo, a mis hermanos Natalia, Maribel y Juan Carlos, a mi novia Kristel, que me alentaron y apoyaron para seguir siempre adelante y sortear las dificultades que se me presentaron. Gracias por estar siempre a mi lado.

RESUMEN DE LA TESIS

El presente trabajo de diseño, selección y automatización de una faja tripper surge de la necesidad de un proyecto propuesto de la empresa Southern Perú- Fundición Ilo, que consiste en un aumento de la capacidad de concentrado de cobre a 600 Ton/hr, esto debido a la gran demanda del mercado mundial del cobre. Esta ampliación traerá consigo un aumento de la capacidad de almacenaje en las Tolvas que concentran el cobre. Actualmente en la planta de Fundición Ilo, cuenta con dos tolvas para dicho proceso. El diseño y selección de una faja tripper para una adecuada distribución de concentrado de cobre pretende optimizar el rendimiento, evitando paradas de planta (por fallas o mantenimiento) y un aceleramiento en el proceso.

Se comienza esta tesis con los antecedentes del tema, el cual permitió identificar el problema del diseño y selección de una faja tripper en los proyectos del País y así se pudo plantear los objetivos necesarios para realizar un correcto diseño de transporte de concentrado de cobre. Se realizó un marco teórico, para tener un panorama general de los tipos de faja transportadora indicando sus aplicaciones y funcionamiento. También se describió los procesos de control y automatización adecuados para este proyecto.

Al realizarse la ingeniería del proyecto, se planteó los parámetros de diseño, en función a los requerimientos del proyecto y en base a esto se realizó el diseño de una faja tripper para el sistema de carga de 7 tolvas y un diseño de faja plana estacionaria de descarga para las mismas, trabajándose con la norma CEMA, 2007, 3ra edición). Para un adecuado control se realizó también el diseño de un software para la respectiva programación del sistema de transporte de concentrado de cobre y con este sistema se optimizan tiempos y se trabaja en forma ordenada y controlada.

El aumento de la capacidad de concentrado de cobre según la demanda, trae como consecuencia un aumento en la capacidad y cantidad de tolvas, también trae un aumento en las dimensiones y espesores de las fajas transportadoras en su diseño, como también un aumento en la potencia de los motores y se demostró que aplicando las normas internacionales de diseño de fajas, como utilizando las programaciones de software internacionales, la ingeniería del país puede diseñar y seleccionar una faja tripper para un sistema de concentrado de cobre.

SUMMARY OF THE THESIS

The present study design, selection and automation of a tripper band arises from the necessity of a proposed company Southern Peru Ilo Smelter, which is an increase of the capacity of copper concentrate 600 Ton/hr project, this due to the high demand of world copper market. This expansion will bring an increase in storage capacity in the hoppers that concentrate copper. Currently in Ilo Smelter plant has two hoppers for that process. The design and selection of a belt tripper for proper distribution of copper concentrate intended to optimize performance, avoiding shutdowns (by faults or maintenance) and an acceleration in the process

This thesis begins with the history of the topic, which identified the problem of designing and selecting a belt tripper in projects in the country and thus could raise the necessary goals to make the right design transport of copper concentrate. A theoretical framework was conducted to get an overview of the types of conveyor indicating their applications and operation. Process control and automation suitable for this project was also described

At the project engineering done, the design parameters was proposed, according to the project requirements and based on this design a belt tripper to the charging system 7 hoppers and stationary design flat belt was made download for 7 hoppers being worked with CEMA standard, 2007, 3rd edition). For proper control of software design is also performed for the respective transport system programming copper concentrate with this system and times are optimized and work in an orderly and controlled.

Increasing the capacity of copper concentrate on demand, results in an increase in the capacity and number of hoppers, it also brings an increase of the dimensions and thicknesses conveyors in its design, as well as an increase in power engine and showed that applying international design standards girdles, as international programming using software engineering country can design and select a belt tripper for a system of copper concentrate

SUMARIO

DEDICATORIA	I
RESUMEN TESIS	II
ABSTRACT	III
INDICE	IV
LISTA DE ANEXOS	IX
LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE TABLA	XII
LISTA DE PLANOS	XIII
INTRODUCCION	01
1. CAPITULO I GENERALIDADES	
1.1 Antecedentes del Tema.....	02
1.2 Descripción del problema.....	02
1.3 Objetivos generales.....	03
1.4 Objetivos específicos.....	03
1.5 Justificación.....	03
1.6 Alcances limitaciones.....	04
1.7 Normalización.....	04
2. CAPITULO II MARCO TEÓRICO	
2.1 Descripción de concentrado de cobre.....	05
2.2 Proceso de transporte de concentrado de cobre.....	05
2.3 Definición de las máquinas de transporte y almacenaje.....	06
2.3.1 Faja transportadora.....	06
2.3.1.1 Generalidades.....	06
2.3.1.2 Descripción y clasificación.....	10
2.3.1.3 Clasificación de fajas transportadoras.....	15
2.3.1.4 Faja tripper.....	17
2.3.2 Tolva de almacenaje.....	18
2.3.2.1 Definición de tolvas de almacenaje.....	18

2.3.2.2	Clasificación de tolvas de almacenaje.....	19
2.4	Proceso de Control y automatización.....	20
2.4.1	Sistema de control.....	20
2.4.2	Definición de Sensor.....	21
2.4.2.1	Aplicación de los sensores.....	22
2.4.2.2	Clasificación de los sensores.....	22

3. CAPITULO III INGENIERIA DEL PROYECTO

3.1	Parámetros de diseño.....	29
3.1.1	Analizando la situación del problema.....	29
3.1.2	Parámetros en función al diseño.....	30
3.1.3	Consideraciones de diseño.....	32
3.1.4	Aspectos básicos mecánicos a considerar.....	32
3.2	Diseño de faja tripper.....	33
3.2.1	Datos preliminares.....	33
3.2.1.1	Disposición del transportador.....	34
3.2.1.2	Selección del ángulo de sobrecarga y el ángulo de reposo.....	34
3.2.1.3	Clasificación del material.....	35
3.2.1.4	Velocidad máxima recomendada y ancho de faja.....	35
3.2.1.5	Capacidad equivalente de la faja.....	36
3.2.2	Selección de polines.....	37
3.2.2.1	Clasificación de los polines.....	37
3.2.2.2	Espaciamiento de Polines.....	37
3.2.2.3	Selección de Polines.....	37
3.2.3	Calculo de la Tensión efectiva (t_e).....	39
3.2.3.1	Factor de corrección de temperatura (k_t).....	39
3.2.3.2	Factor de fricción de la polea (k_x).....	39
3.2.3.3	Factor de flexión de faja (k_y).....	39
3.2.3.4	Resistencia friccional de la polea de carga y retorno.....	41
3.2.3.5	Resistencia de la faja a la flexión cuando se mueve sobre los rodillos.....	41
3.2.3.6	Resistencia del material a la flexión, cuando la faja corre sobre los rodillos de avance.....	41

3.2.3.7	Fuerza necesaria para elevar el material	41
3.2.3.8	Fuerza necesaria para carga de la faja (f_b)	42
3.2.3.9	Fuerza de aceleración del material (t_{am})	42
3.2.3.10	Resistencia generada por los accesorios del transportador (t_{ac})	42
3.2.3.11	Resistencia debido a la flexión de faja alrededor de la polea (t_p)	43
3.2.3.12	Aplicando la fórmula de tensión efectiva	44
3.2.4	Determinación de tensiones y del tipo de polea	44
3.2.4.1	Determinación del tipo de polea	44
3.2.4.2	Tensión en el punto de mínima tensión (t_o)	45
3.2.4.3	Tensión en el lado flojo (t_2)	45
3.2.4.4	Tensión en el lado apretado (t_1)	45
3.2.4.5	Tensión de arranque (t_1 arranque)	45
3.2.5	Calculo de potencia de motor	46
3.2.6	Selección de faja y diámetro de poleas	46
3.2.7	Resumen de selección y diseño de faja de carga	48
3.3.	Diseño del sistema tripper	49
3.3.1	Selección del tren móvil	49
3.3.2	Peso del tren móvil	50
3.3.3	Velocidad del carro móvil	53
3.3.4	Diseño y análisis del motor y ruedas del carro	54
3.3.5	Resumen de selección y diseño de sistema tripper	56
3.4	Diseño de faja plana de descarga de las tolvas Nro. 1,2,3,4,5,6 y 7	57
3.4.1	Datos preliminares	57
3.4.1.1	Disposición del transportador	57
3.4.1.2	Selección del ángulo de sobrecarga y el ángulo de reposo	58
3.4.1.3	Clasificación del material	58
3.4.1.4	Velocidad máxima recomendada y ancho de faja	58
3.4.1.5	Capacidad equivalente de la faja	59
3.4.2	Selección de polines	60
3.4.2.1	Clasificación de los polines	60
3.4.2.2	Espaciamiento de Polines	60
3.4.2.3	Selección de Polines	61
3.4.3	Calculo de la Tensión efectiva (t_e)	62

3.4.3.1	Factor de corrección de temperatura (k_t).....	62
3.4.3.2	Factor de fricción de la polea (k_x).....	62
3.4.3.3	Factor de flexión de faja (k_v).....	62
3.4.3.4	Resistencia friccional de la polea de carga y retorno.....	63
3.4.3.5	Resistencia de la faja a la flexión cuando se mueve sobre los rodillos.....	63
3.4.3.6	Resistencia del material a la flexión, cuando la faja corre sobre los rodillos de avance.....	64
3.4.3.7	Fuerza necesaria para elevar el material.....	64
3.4.3.8	Fuerza necesaria para carga de la faja (f_b).....	64
3.4.3.9	Fuerza de aceleración del material (t_{am}).....	64
3.4.3.10	Resistencia generada por los accesorios del transportador (t_{ac}).....	65
3.4.3.11	Resistencia debido a la flexión de faja alrededor de la polea (t_p).....	66
3.4.3.12	Aplicando la fórmula de tensión efectiva.....	66
3.4.4	Determinación de tensiones y del tipo de polea.....	67
3.4.4.1	Determinación del tipo de polea.....	67
3.4.4.2	Tensión en el punto de mínima tensión (t_o).....	67
3.4.4.3	Tensión en el lado flojo (t_2).....	67
3.4.4.4	Tensión en el lado apretado (t_1).....	68
3.4.4.5	Tensión de arranque ($t_{1 \text{ arranque}}$).....	68
3.4.5	Calculo de potencia de motor.....	69
3.4.6	Selección de faja y diámetro de poleas.....	69
3.4.7	Resumen de selección y diseño de faja de descarga.....	71
4.	CAPITULO IV SISTEMA DE CONTROL Y AUTOMATIZACION.....	72
4.1.	Sistema de control.....	72
4.2.	Controlador.....	72
4.3.	Plan de automatización.....	73
4.3.1	Plan de automatización para operaciones.....	74
4.3.2	Funcionamiento automático de las operaciones.....	74
4.3.3	Entradas y salidas en el sistema de automatización.....	76
4.3.4	Diagramas de bloques del sistema.....	76
4.4	Dispositivos de entrada.....	77
4.4.1	Sensores.....	77

4.4.2	Scada	77
4.5.	Dispositivo de salida	78
4.5.1	Motores	78
4.5.2	Electroválvulas de descarga	78
4.6	Controlador lógico programable	78
4.6.1	Selección del procesador	79
4.6.2	Selección de módulos de entrada	79
4.6.3	Selección de módulos de salida	80
4.6.4	Selección de chasis	81
4.6.5	Selección de fuente de poder	82
4.7	Interfaz HMI	83
4.8	Diseño del software	84
4.8.1	Programación en lenguaje ladder	84
4.8.2	Funciones programadas	84
4.8.2.1	Diagrama de flujo del proceso	85
4.9	Programación HMI	86
4.9.1	Rsvi32	86
4.10	Desarrollo del programa ladder	87
CONCLUSIONES		98
RECOMENDACIONES		100
BIBLIOGRAFIA		101
ANEXOS		102
PLANOS		132

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1.	Características del material y peso por pie cubico	103
ANEXO 2.	Fluidez, Angulo de sobrecarga-reposo y clasificación de los materiales	105
ANEXO 3.	Velocidad máxima recomendada y faja abarquillada	106
ANEXO 4.	Clasificación de rodillo, espaciamento y peso estimado	107
ANEXO 5.	Factor de ajuste, ambientales, de servicio, corrección de velocidad y carga	108
ANEXO 6.	Variación factor K y tensión efectiva	109
ANEXO 7.	Valores del factor Ky y factor corregido Ky	110
ANEXO 8.	Factor de arrollamiento y porcentaje de flecha recomendada	111
ANEXO 9.	Selección de cubierta y valores de tensión para fajas de pliegue múltiple	112
ANEXO 10.	Máximo número de pliegues y pliegues mínimos	113
ANEXO 11.	Diámetro de polea, anchos, espesor mínimo de cubierta inferior y superior	114
ANEXO 12.	Selección de faja tripper	115
ANEXO 13.	Dimensiones de faja tripper	121
ANEXO 14.	Dimensiones de tolva de faja tripper	123
ANEXO 15.	Peso promedio de rodillo abarquillados	125
ANEXO 16.	Procesadores SLC 5/04, 1747-L542	126

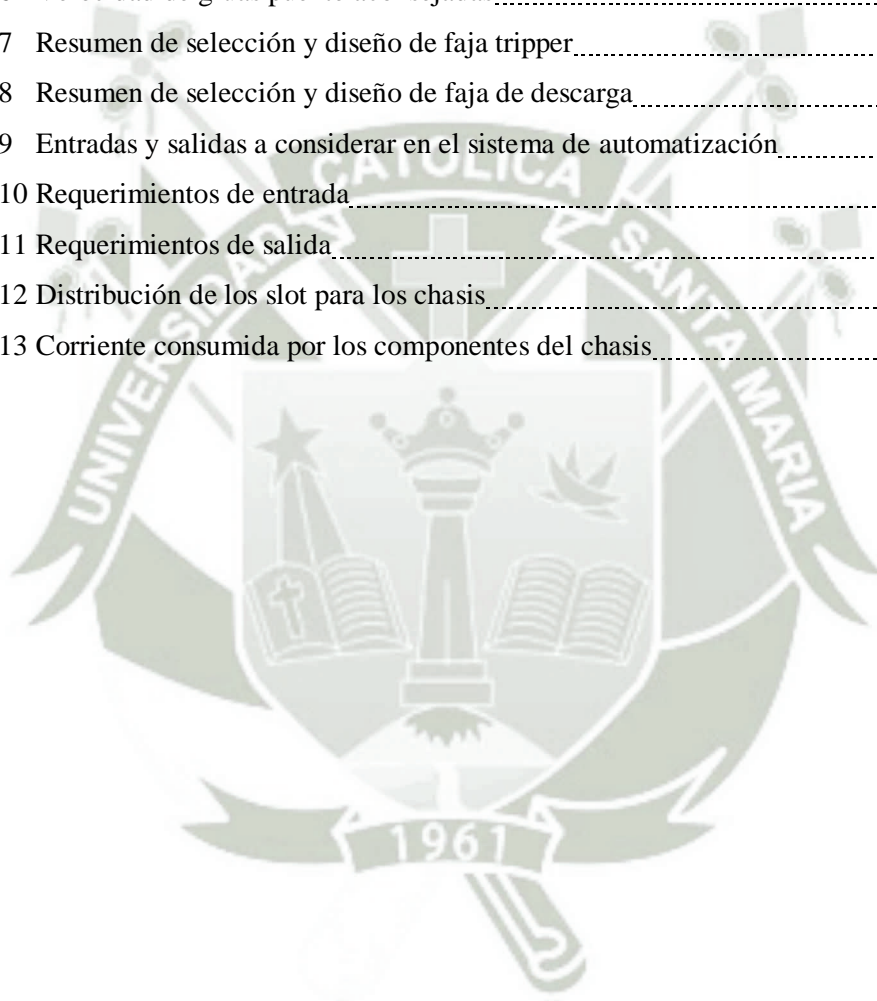
LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Elementos básicos de una faja transportadora.....	010
FIGURA 2. Componentes principales del cabezal motriz.....	011
FIGURA 3. Componentes principales del cabezal de retorno.....	011
FIGURA 4. Estación de contrapeso.....	012
FIGURA 5. Rodillos superiores e inferiores.....	013
FIGURA 6. Zona de transferencia de material.....	015
FIGURA 7. Tripper típico motorizado de transportador de cinta.....	017
FIGURA 8. Fajas transportadoras.....	018
FIGURA 9. Esquema general de sistema.....	020
FIGURA 10. Esquema general de un sistema de control.....	021
FIGURA 11. Sensor capacitivo.....	023
FIGURA 12. Principio de funcionamiento del sensor capacitivo.....	024
FIGURA 13. Proceso del oscilador al sensado.....	024
FIGURA 14. Sensor ultrasónico.....	025
FIGURA 15. Componentes básicos del sensor ultrasónico.....	026
FIGURA 16. Margen de detección y haz efectivo.....	026
FIGURA 17. Consideraciones de espacio de sensores.....	027
FIGURA 18. Detección correcta e incorrecta al sensar.....	027
FIGURA 19. Diagrama del sistema de alimentación de carga.....	034
FIGURA 20. Diagrama de faja tipo tripper.....	049
FIGURA 21. Diagrama de descarga del transportador.....	057
FIGURA 22. Comparación entre un PLC, un PCbA y PAC.....	075
FIGURA 23. Diagrama de bloques del sistema de automatización.....	073
FIGURA 24. Componentes básicos de un PLC Allen Bradley SLC 500.....	077
FIGURA 25. Selección y procesador de módulos.....	078
FIGURA 26. Esquema del diagrama ladder.....	079
FIGURA 27. Esquema del diagrama ladder.....	084
FIGURA 28. Presentación scada.....	085
FIGURA 29. Desarrollo de programación ladder, línea 0000.....	087

FIGURA 30. Desarrollo de programación ladder, línea 0001.....	087
FIGURA 31. Desarrollo de programación ladder, línea 0002.....	087
FIGURA 32. Desarrollo de programación ladder, línea 0003,4,5,6	088
FIGURA 33. Desarrollo de programación ladder, línea 0007.....	089
FIGURA 34. Desarrollo de programación ladder, línea 0008,9,10,11.....	089
FIGURA 35. Desarrollo de programación ladder, línea 0012.....	090
FIGURA 36. Desarrollo de programación ladder, línea 0013.....	090
FIGURA 37. Desarrollo de programación ladder, línea 0014.....	091
FIGURA 38. Desarrollo de programación ladder, línea 0015.....	091
FIGURA 39. Desarrollo de programación ladder, línea 0016.....	092
FIGURA 40. Desarrollo de programación ladder, línea 0017.....	093
FIGURA 41. Desarrollo de programación ladder, línea 0018.....	093
FIGURA 42. Desarrollo de programación ladder, línea 0019.....	093
FIGURA 43. Desarrollo de programación ladder, línea 0020.....	094
FIGURA 44. Desarrollo de programación ladder, línea 0021.....	094
FIGURA 45. Desarrollo de programación ladder, línea 0022.....	095
FIGURA 46. Desarrollo de programación ladder, línea 0023.....	095
FIGURA 47. Desarrollo de programación ladder, línea 0024.....	096
FIGURA 48. Desarrollo de programación ladder, línea 0025.....	096
FIGURA 49. Desarrollo de programación ladder, línea 0026.....	097
FIGURA 50. Desarrollo de programación ladder, línea 0027.....	097
FIGURA 51. Desarrollo de programación ladder, línea 0028.....	097

LISTA DE TABLAS

TABLA NRO. 1	Parámetros en función a los requerimientos.....	30
TABLA NRO. 2	Parámetros en función a las características de diseño.....	31
TABLA NRO. 3	Resumen de selección y diseño de faja de carga.....	48
TABLA NRO. 4	Tipo de puente grúa.....	53
TABLA NRO. 5	Cargas y tiempo de funcionamiento puente grúa.....	53
TABLA NRO. 6	Velocidad de grúas puente aconsejadas.....	54
TABLA NRO. 7	Resumen de selección y diseño de faja tripper.....	56
TABLA NRO. 8	Resumen de selección y diseño de faja de descarga.....	71
TABLA NRO. 9	Entradas y salidas a considerar en el sistema de automatización.....	76
TABLA NRO. 10	Requerimientos de entrada.....	80
TABLA NRO. 11	Requerimientos de salida.....	81
TABLA NRO. 12	Distribución de los slot para los chasis.....	82
TABLA NRO. 13	Corriente consumida por los componentes del chasis.....	83



LISTA DE PLANOS

PLANTA GENERAL DE CONCENTRADO DE COBRE.....	1 DE 10
PLANTA GENERAL DE VISTA FRONTAL.....	2 DE 10
FAJA TRANSPORTADORA DEL SISTEMA TRIPPER.....	3 DE 10
SISTEMA TRIPPER PARA LA FAJA TRANSPORTADOR	4 DE 10
CHUTE DEL SISTEMA TRIPPER.....	5 DE 10
FAJA TRANSPORTADORA DE RETORNO.....	6 DE 10
CHUTE DE DESCARGA	7 DE 10
TOLVA DE ALMACENAMIENTO 100 TON.....	8 DE 10
TOLVA DE ALMACENAMIENTO 150 TON.....	9 DE 10
TOLVA DE ALMACENAMIENTO 250 TON.....	10 DE 10



INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la minería, el manejo, almacenamiento y distribución de minerales procesados constituye una parte fundamental dentro del proceso productivo, los requerimientos de grandes volúmenes de producción han hecho que los transportadores continuos de fajas se constituyan en los elementos más adecuados para transportar minerales.

Esta tesis tiene como objetivo seleccionar y diseñar un sistema adecuado para el transporte, almacenaje y distribución de concentrado de cobre, la cual ayudará a una ampliación de una empresa minera de fundición.

El primer capítulo estará relacionado sobre la descripción del problema, los objetivos, los alcances y limitaciones de esta tesis; en el segundo capítulo se identificará y resumirá los planteamientos teóricos relacionado a los procesos de transporte de concentrado de cobre, a todos los equipos y sistemas que se utilizan en la actualidad para el transporte de minerales como el concentrado de cobre.

El tercer capítulo está relacionado a los parámetros del diseño y la ingeniería del proyecto en la que se selecciona y diseña una faja tripper y el sistema tripper, este tipo de faja no es estática, trabaja con un carro móvil en la que se puede descargar en varios puntos de almacenaje o descarga. En lo referente a la ingeniería de proyecto se verá el tipo de material a transportar, capacidad requerida, perfil de la trayectoria del transportador, ancho de faja, velocidad de faja, entre otros. Luego consideraremos los parámetros o resultados como potencias y tensiones de faja. En base a estos cálculos, consideraremos luego la selección y diseño de diferentes elementos constitutivos de fajas estáticas y fajas tripper.

En el cuarto capítulo se realizará con programación ladder para tener un sistema de control y automatización de la faja tripper adecuado, esto ayudara evitar pérdidas de producción, optimizando los tiempos.

CAPITULO I

1.1 ANTECEDENTES DEL TEMA

Como se conoce en la actualidad en el Perú la producción de cobre cada año sigue creciendo, en febrero del 2014 en Perú creció la producción de cobre en un 27%, esto debido a que el país se mantiene en la actualidad como el tercer productor de cobre a nivel mundial por las grandes reservas de este mineral que se encuentran en el país. También se tiene que en este año en el Perú se tienen grandes proyectos de cobre en el país que iniciarán sus operaciones entre el 2014 y 2016.

Por tanto para poder satisfacer la demanda mundial de este metal preciado, se debe conocer todos los recursos que se necesitan para poder procesar este mineral, como también se debe conocer todas las etapas de procesamiento del mineral de cobre hasta obtener el concentrado de este metal. El objetivo final del concentrado de cobre es procesarlo en fundiciones o plantas químicas para obtener cobre en forma de barras o lingotes

Para lograr convertir el mineral obtenido de la mina desde la forma de rocas hasta llegar a concentrado, este es tratado y clasificado en varias etapas mediante una serie de equipos que van reduciendo el tamaño de las rocas de mineral, mediante un proceso que utiliza chancadoras y molinos, para luego someterlo a procesos denominados de Flotación, espesaje y filtrado. Una vez que el metal de cobre esta como concentrado este será transportado y almacenado adecuadamente para ser utilizado según los requerimientos del cliente, es justo en esta última etapa donde se desarrollará esta tesis, que consiste en el transporte, la distribución, pesaje y almacenaje del concentrado de cobre

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Se ha visto un problema grave en las empresas nacionales del país, que se han dedicado solamente a la fabricación, supervisión y mantenimiento de equipos mineros, pero no al diseño y selección de equipos mineros, generalmente las empresas mineras del país deben buscar empresas de otros países para la selección y diseño de equipos de transporte de minerales o diseño de equipos mineros.

Por tanto el presente trabajo tiene como objetivo seleccionar una faja tripper y fajas transportadoras adecuadas que operen bajo un sistema de control adecuado para un correcto almacenaje y transporte del concentrado de cobre.

1.3 OBJETIVO GENERAL

Diseñar, seleccionar y automatizar el proceso de transporte, distribución, almacenaje y descarga del concentrado de cobre, por medio de una faja tripper, fajas estacionarias y tolvas de almacenamiento de 100 Ton, 150 Ton y 250 Ton.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Diseñar y seleccionar una faja tripper móvil para un adecuado transporte y distribución del concentrado de cobre.
- b) Aumentar la capacidad de concentrado de cobre de 200 Ton/hr a 600 Ton/hr.
- c) Diseñar y seleccionar las fajas transportadoras estacionarias adecuadas para dicho proceso.
- d) Diseñar un sistema de control y automatización enlazado a un control de procesos que permita controlar y visualizar el proceso de transporte de la faja tripper, distribución, almacenaje y descarga del concentrado de cobre en forma adecuada y en tiempo real en la simulación del software RSLogix 500.

1.5 JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo busca diseñar y seleccionar fajas estacionarias y fajas tripper automatizadas que permita agilizar el proceso de transporte de mineral, esto es muy importante, ya que ayudará metodológicamente a que se profundice el conocimiento de diseño y selección de una faja móvil y se controle en forma adecuada, sirviendo esta selección y control de automatización de la faja para futuros trabajos de empresas que trabajen en la minería en el país.

1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES

El presente trabajo, se circunscribe en el análisis de diseño, selección y control de una faja tripper y fajas estacionarias en el sector minero del país donde se trabaja con el concentrado de cobre, pero este sistema de transporte de concentrado de cobre también puede servir para otros minerales o alimentos a granel con características similares de requerimientos de transporte y almacenaje.

Por razones de limitación de costo, tiempo y porque el diseño es común y estándar en gran parte de las fabricaciones de estructuras mineras no se considerará el diseño y selección de la estructura metálica que soportará la faja tripper y las tolvas de almacenaje

1.7 NORMALIZACIÓN DE LOS DISEÑOS DE FAJAS TRANSPORTADORAS

Para el diseño de las fajas transportadoras se trabajaran con ecuaciones, tablas y graficas de la norma: Conveyor Equipment Manufacturers Association, conocido con las siglas CEMA, Manual Standard ANSI/CEMA B105.1-2003.

Esta es una norma de estándares para el diseño de fajas transportadoras muy utilizado a nivel mundial.

Con respecto al diseño de materiales y componentes se trabajará con la norma American Society of Mechanical Engineers (ASME, 2007, 3ra edición).

Para el diseño de la faja tripper móvil se trabajará con ecuaciones, tablas y graficas del manual Link-Belt Conveyors.

CAPITULO II MARCO TEÓRICO

2.1. DESCRIPCIÓN DE CONCENTRADO DE COBRE

El material proveniente de la mina, es pasado por las trituradoras (chancadoras) de gruesos y de finos, después a los molinos de bolas, para ser pasado por el sistema de gravimetría que tiene un sistema de cono con ranuras, que se comporta como centrífuga, finalmente pasa al sistema de flotación, en el cual al mineral se le agrega reactivos químicos que permiten separar la parte valiosa de la estéril, los reactivos permiten que las partículas valiosas floten y formen una espuma, la que se separa y acumula en tanques, a este producto se le llama concentrado de cobre, que es el que se tiene que transportar, almacenar, pesar y dosificar para que entre a los hornos de fundición para los productos finales de fundición.

2.2. PROCESO DE TRANSPORTE DE CONCENTRADO DE COBRE

La concentración es la etapa del proceso productivo del cobre que continúa a la extracción del mineral sulfurado. En esta etapa se realiza el proceso de chancado, molienda y flotación, del que se obtiene el concentrado de cobre.

Este concentrado de cobre: pulpa espesa obtenida de la etapa de flotación en el proceso productivo, se encuentra una mezcla de sulfuro de cobre, fierro y una serie de sales de otros metales. Su proporción depende de la mineralogía de la mina.

Esta planta de tratamiento o beneficio de mineral, es donde se produce la concentración de las partículas de minerales de cobre u otro elemento, dando como resultado el concentrado por un lado y el relave o cola, por otro. En yacimientos de cobre se utiliza el proceso de flotación para los minerales sulfurados, logrando concentrar éstos desde valores cercanos al 1% hasta valores de 30%.

Existen otros métodos de concentración que se utilizan para otros metales, como por ejemplo el magnético para los minerales de hierro, o el gravitatorio, para metales pesados, como el oro.

2.3 DEFINICIÓN DE LAS MAQUINAS DE TRANSPORTE Y ALMACENAJE

2.3.1 FAJAS TRANSPORTADORAS

2.3.1.1 GENERALIDADES DE FAJAS TRANSPORTADORAS

En la actualidad, todo proceso de manufactura destinado a la producción de bienes, está compuesto de dos procesos parciales íntimamente relacionados: la elaboración de los bienes y el transporte o movimiento de los mismos. Por lo tanto, el proceso de transporte de materiales es una de las tareas fundamentales dentro del proceso productivo y es un factor determinante en la rentabilidad de la actividad en cuestión.

Dentro del proceso de manufactura, el transporte de materiales o bienes representa un determinado porcentaje de los costos totales de la producción, y debido a que la finalidad inherente del proceso de transporte es el cambio de lugar de los materiales, mas no el producir valores útiles, la inversión realizada por concepto de transporte y elevación de bienes es considerada dentro de los gastos de la producción.

El monto de los gastos es diferente en cada una de las esferas económicas y países, también depende del tipo de actividad productiva que se lleve a cabo, de acuerdo a las condiciones de desarrollo de las economía nacional, se tiene que los países industrializados entre el 40% y 50% del costo total del producto corresponde a gastos por concepto de transporte de materiales.

Por esta razón, desde el punto de vista económico y rentable, la selección adecuada del tipo de transporte a emplear en un proceso productivo es crítica e incide directamente en la productividad de la empresa.

Las fajas transportadoras se enmarcan dentro de la clasificación de los tipos de transporte en lo que se conoce como transportadores continuos. Los transportadores continuos tienen una estructura constructiva simple y de gran adaptabilidad. La principal característica de estos es el flujo continuo del material a transportar a lo largo de una vía determinada e invariable con la carga y entrega del material durante el movimiento.

Las ventajas básicas de las fajas transportadoras sobre los otros medios de transporte son numerosas. A continuación destacaremos las más importantes y que han hecho de las fajas transportadoras el primer método para el manejo de materiales al granel.

a) Capacidad

Las fajas transportadoras no tienen igual en cuanto a capacidad de transporte entre todos los medios existentes. Una faja transportadora de 1.5 mts de ancho, a una velocidad de 3.3 m/s puede entregar más de 6000 Ton/h de un material que pesa 1.7 Ton/m³.

Como referencia de las posibilidades de una banda podemos decir que existen fajas transportadoras muy extensas, por ejemplo tenemos la faja transportadora más larga del mundo en el Sahara Occidental, tiene 93 km. de largo, con banda de 1.2 mts de ancho y capacidad de 2500 ton/h. y va desde las minas de fosfato de Bu-Craa hasta la costa sur de El Aaiún.

b) Adaptación al perfil del terreno

Las fajas transportadoras pueden seguir el perfil natural del terreno debido a su habilidad para atravesar pendientes relativamente empinadas (hasta e incluyendo 18 grados, dependiendo del material a ser transportado). Con el desarrollo de las telas sintéticas de alta resistencia y miembros de refuerzo de cable de acero, un tramo inclinado de banda puede extenderse por algunos kilómetros.

c) Sistema de apoyo de la faja

Un sistema de faja transportadora opera sobre su propia “cama” de rodillos, de ese modo requiere un mínimo de atención. Reparar o reemplazar son ambas tareas fáciles y rápidas, y el costo de una rutina de mantenimiento es mínimo.

d) Mínima degradación del material

El suave montaje de la faja transportadora de centros largos produce una muy pequeña degradación del material que está siendo transportado.

e) Consideraciones ambientales

Los sistemas de fajas transportadoras accionadas electromecánicamente son silenciosos, una importante característica en procura de cumplir con las normas de seguridad industrial. Los sistemas de faja pueden ser cubiertos para asegurar que el aire se mantenga limpio. También pueden ser ocultadas a la vista por razones de funcionalidad, ruido o estéticas.

f) Mínimo de trabajo

Un hombre por cada kilómetro y medio de faja es más que suficiente en un sistema de faja transportadora apropiadamente diseñado. Esto contrasta con el número de conductores que se requerirían en un sistema de transporte por camiones para el mismo tonelaje.

g) Peso liviano de la estructura del transportador

El bajo peso de carga y estructura del transportador por metro lineal permite un diseño estructural simple para cruzar barrancas, ríos, cerros u otros obstáculos similares.

h) Posibilidad de múltiples puntos de alimentación y descarga

Esta característica es importante en minería o excavación, donde dos o más operaciones de excavado pueden alimentar a un mismo punto central de carga. Al final de la descarga, el material puede ser dispersado en múltiples direcciones desde la línea principal. También el material puede ser descargado a lo largo de cualquier punto de la trayectoria de la faja mediante carros descargadores.

i) Movilidad y extensibilidad

Líneas de fajas modulares modernas pueden ser extendidas, acortadas o reubicadas con un mínimo de trabajo y tiempo.

j) Bajo requerimiento de potencia

Las fajas transportadoras requieren la más baja potencia por tonelada de todos los tipos de transporte con medio de tracción.

Fajas con inclinación descendente, dependiendo del ángulo de pendiente, a menudo pueden generar potencia que puede ser realimentada a la línea para otros usos.

k) Versatilidad en las fuentes de poder

Las fajas transportadoras, que generalmente son accionadas por motores eléctricos, pueden adaptarse a cualquier tipo de fuente de fuerza motriz, sea esta por combustibles, hidroeléctrica, gas natural, energía nuclear o solar.

l) Control

Sistema de transporte por faja transportadora apropiadamente diseñada tienen controles del tipo de botonera sencillo y pueden ser autocontrolados por sistemas en interlock con interruptores de límite.

También pueden ser llevados a procesos de automatización controlados por complejos sistemas de control y monitoreados en tiempo real por un sistema scada.

m) Detección temprana de fallas

Generalmente las fajas transportadoras presentan señales de su desgaste con algunos meses de anticipación a la falla. Con apropiados mecanismos de seguridad, los daños por accidentes pueden ser minimizados.

n) Seguridad

El transporte de materiales a granel mediante el uso de las fajas transportadoras es inherentemente más seguro que otros métodos, particularmente en minería donde las estadísticas de seguridad demuestran muy buenos resultados con las fajas transportadoras.

o) Sencilla protección de la intemperie

Con un mínimo de gastos, las fajas transportadoras pueden ser protegidas de la lluvia, nieve y otras inclemencias del tiempo que pudieran afectarlas a diferencia de otros tipos de transportadores.

2.3.1.2 DESCRIPCION Y CLASIFICACION

La faja transportadora, en principio es sencilla, constando básicamente de los siguientes elementos de la Figura siguiente: polea de cabeza (cabezal motriz), polea de cola (cabezal de retorno), rodillos superiores, rodillos inferiores, faja transportadora, bastidor de soporte y zona de transferencia de material, (ver Figura N°1).

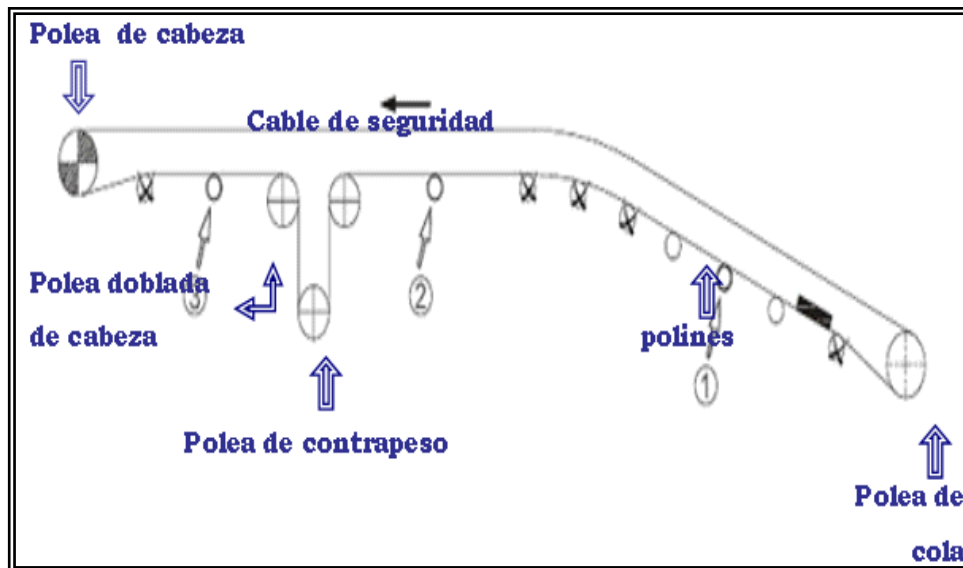


Figura N°1. Elementos básicos de una faja transportadora
Fuente: CEMA B105.1-2003 Fajas transportadoras

a) CABEZAL MOTRIZ

Es el encargado de imprimir la fuerza a la faja para transportar el material y consta de: chasis de cabezal motriz, tambor motriz, tambor adicional, eje del tambor, chumaceras, motor eléctrico, sistema de transmisión de potencia que por lo general comprende un reductor de velocidad y sistema catalina-cadena o polea-faja, siendo el acople de alta velocidad y el acople de baja velocidad, rascador pendular y rascador fijo.

En muchos casos en el cabezal motriz se ubica un sistema de limpieza de la banda por medio de un rascador pendular y un rascador fijo, (ver Figura N°2).

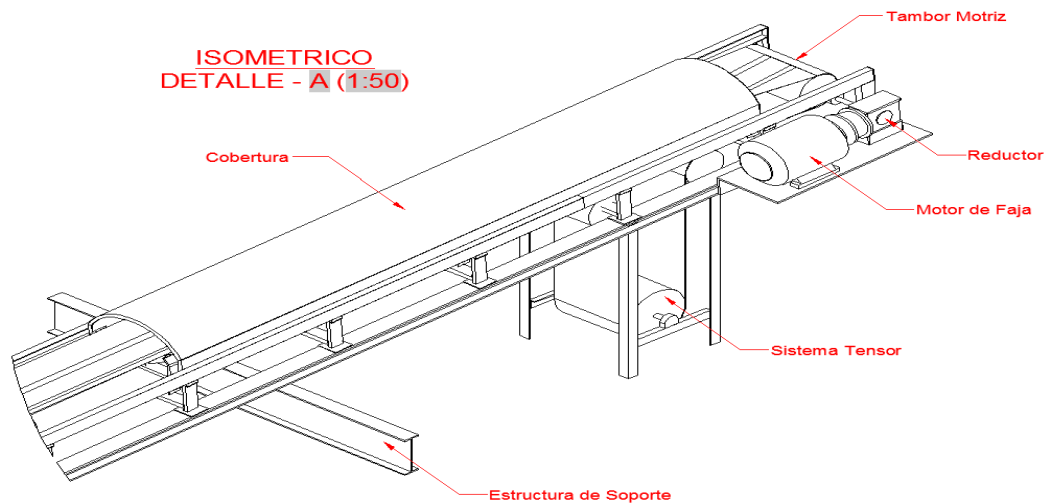


Figura N°2. Componentes principales del cabezal motriz
Fuente: Elaboración propia

b) CABEZAL DE RETORNO

La estación de reenvío consta del tambor de cola, tambor adicional, eje del tambor, chumaceras, unidad limpiadora con rascador pendular o fijo, y si la longitud de la banda no supera los 50 mts, se pueden usar tensores de husillo para el templado de la banda en el cabezal de retorno, aunque tienen el inconveniente de no poder controlar el grado de tensado de la faja, (ver Figura N°3).

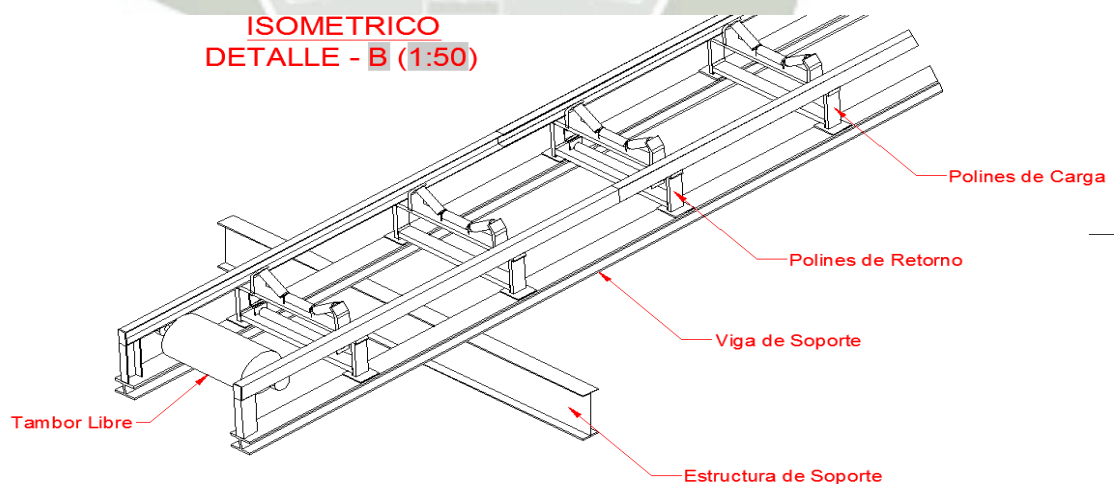


Figura N°3. Componentes principales del cabezal de retorno
Fuente: Elaboración propia

Para longitudes mayores se emplea el tensado por gravedad mediante el uso de una estación tensora con tambor de contrapeso, este sistema tendría bastidor estación tensora, tambores de desvío, tambor de contrapeso y contrapeso, (ver Figura N°4).

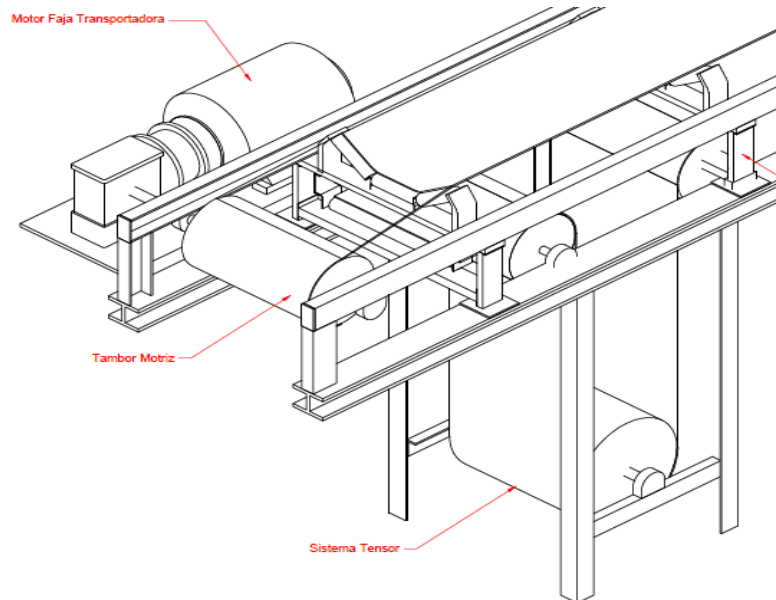


Figura N°4. Estación de contrapeso

Fuente: Elaboración propia

c) RODILLOS SUPERIORES

Son los encargados de formar la cama de recorrido del material sobre la faja. Dada la gran importancia que tienen los rodillos en una cinta, han sido objeto de normalización por parte de los fabricantes en lo que concierne a sus medidas exteriores, con el propósito de lograr una intercambiabilidad entre los rodillos correspondientes a un mismo ancho de banda, sin embargo esto no obliga a nada respecto a la disposición interna. Existe una gran variedad de disposiciones constructivas de los rodillos, así como sus características de resistencia, capacidad de carga, estanqueidad, fricción, etc. Que pueden ser conocidas por medio de los catálogos de los fabricantes. Está compuesto de tubo, eje, cubo, cierre interior, rodamiento, anillo interior, anillo exterior y engrasador, (ver Figura N°5)

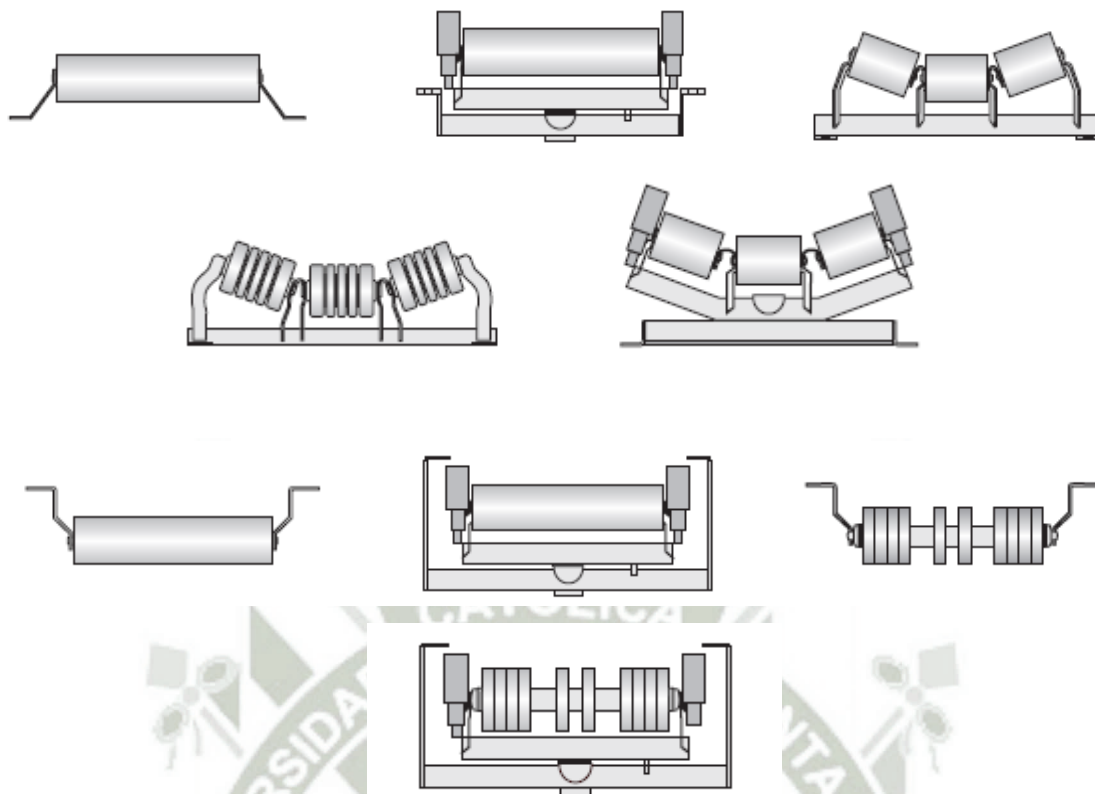


Figura N°5. Tipos de rodillos superiores e inferiores

Fuente: Link-Belt – Belt Conveyor Idlers B2000

d) RODILLOS INFERIORES

Son los encargados de soportar a la faja transportadora en su trayectoria de retorno sin material, al igual que los superiores los fabricantes proporcionan las características de dichos rodillos, así como su disposición interna y constructiva (ver Figura 5)

e) FAJA TRANSPORTADORA

Puede decirse que la faja transportadora es el elemento más importante de una banda, el porcentaje de su costo respecto al costo total puede llegar a representar hasta el 60%. La faja transportadora consiste en un tejido de alambre o textil (armadura o carcasa) que es la encargada de absorber las fuerzas de tracción generadas.

Para lograr la unión de muchas capas de tejido y para la protección contra daños mecánicos y humedad, los tejidos textiles, en la mayoría de los casos son vulcanizados con una capa de goma o plástico. A consecuencia de su íntima unión, los alargamientos son iguales en la carcasa y en los recubrimientos, y puesto que las tensiones específicas son proporcionales a los módulos de elasticidad, la armadura soporta prácticamente todo el esfuerzo, al ser pequeño el módulo de elasticidad de la goma respecto al del textil o alambre, los cálculos, por tanto, se hacen sobre esta base, despreciándose la resistencia de la goma. La faja, además de soportar los esfuerzos dirigidos según su eje longitudinal, debe soportar los esfuerzos transversales, consecuencia de su adaptación a la forma de artesa, los impactos en la zona de carga, la acción erosiva de los materiales, así como su acción química en algunos casos. También debe soportar la acción de los agentes atmosféricos.

f) **BASTIDOR DE SOPORTE DE RODILLOS**

Consta simplemente de un par de largueros longitudinales en los que se apoyan los soportes de los rodillos, apoyándose a su vez en el suelo mediante patas.

g) **ZONA DE TRANSFERENCIA DEL MATERIAL**

La vena del material, al desprenderse del tambor, describe una trayectoria parabólica y vierte sobre la cinta siguiente, produciendo un impacto sobre la faja. Este impacto es perjudicial para la misma por lo tanto debe aminorarse. Para ello debe procurarse que la altura de la caída sea mínima, cuando el material transportado es una mezcla de finos y gruesos, a veces, se diseña la tolva de caída de tal forma que los finos formen un lecho sobre la banda, que amortigüen el impacto de los trozos gruesos. Los rodillos en la zona de carga, son del tipo de impacto y situados más próximos unos de otros que los normales. Para evitar los desbordamientos laterales del material, este es encauzado en una cierta longitud mediante unas chapas laterales, con placas de goma, llamadas guías de carga o skirtboards (ver Figura N°6).

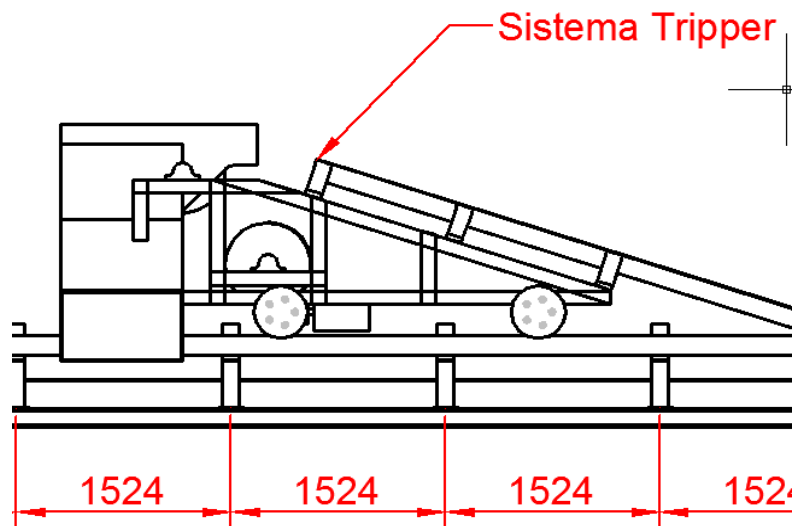


Figura N°6. Zona de transferencia del material

Fuente: Elaboración propia

2.3.1.3 CLASIFICACION DE LAS FAJAS TRANSPORTADORAS

Como consecuencia del desplazamiento de la faja, el material situado sobre la misma es transportado hasta el punto de vertido que generalmente es el cabezal motriz; la carga o alimentación se realiza en las proximidades del cabezal de retorno, aunque puede haber otros puntos intermedios. Naturalmente, que esto se refiere a una faja transportadora elemental, en la práctica de dadas las condiciones muy diversas a las que pueden adaptarse las fajas, existen muchos tipos, pudiendo hacerse la siguiente clasificación:

- Por su trazado
 - a) Horizontales
 - b) Inclinas (ascendentes o descendentes)
 - c) De trazado mixto (horizontal e inclinado, con zonas de transición)
- Por su sistema de tensado
 - a) De tensor de husillo (para longitudes de hasta 50-75 mts)
 - b) De tensor de carro
 - c) De tensor de contrapeso (ambas para longitudes mayores de 50-75 mts)

- Por el tipo de rodillos
En el ramal superior
 - a) Planas
 - b) En V (binas)
 - c) En artesana (terna)
 - d) Con otros perfilesEn el ramal inferior
 1. Planas
 2. En V

- Por la función de los rodillos
 - a) Normales lisas (rodillos predominantes en cantidad, solo soportan la carga de la faja y material).
 - b) Engomadas contra impacto (situadas en la zona de carga, amortiguan el impacto del material en dicha zona).
 - c) Auto-alineadoras (impiden que la faja se desplace lateralmente de una forma excesiva).
 - d) De retorno lisas (soportan el ramal de retorno).
 - e) De retorno con discos de goma (con menor superficie de contacto, impiden que se sobredimensionen en diámetro).
 - f) De retorno autolimpiador (desprenden la suciedad o el material adherido a la faja).

- Bandas especiales
 1. Fajas desplazables sobre ruedas, de altura variable
 2. Fajas desplazables sobre rieles con posibilidad de descarga en varios silos
 3. Fajas reversibles
 4. Fajas desplazables circularmente: generalmente inclinadas para formar parques circulares
 5. Fajas de rodillos suspendidos: área de la sección transversal de la artesa variable, es decir, el ángulo de la misma aumenta conforme aumenta la carga.

2.3.1.4 FAJA TRIPPER

Trippers (distribuidores ó repartidores terminales formadores de pilas), los trippers son mecanismos usados para descargar material a granel desde un transportador de faja a varios puntos aguas arriba de la polea principal o de cabeza. El tripper básicamente consiste en una armazón que soporta dos poleas, una encima y delante de la otra. La cinta va subiendo para pasar primero por encima de la polea de arriba, y luego por encima de la polea de abajo, pudiendo inclinarse nuevamente para irse a otro tripper, ó ponerse horizontal para la descarga final, (ver Figura N°7).

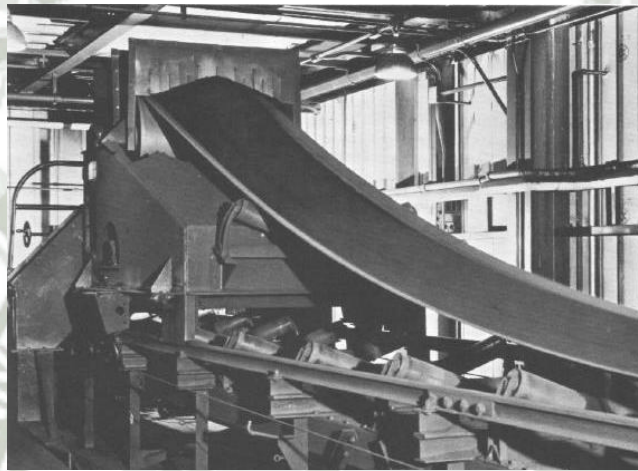


Figura N°7. Tripper típico motorizado de transportador de cinta.

Fuente: CEMA B105.1-2003 Fajas transportadoras

En los trippers el material que trae la cinta es descargado a un chute en el momento en que la correa abraza la polea más alta. El chute puede tener un arreglo tal, que toma el material y lo desvía en cualquier dirección deseada; ó sea que puede mediante una compuerta móvil dirigir el material a ambos lados de la cinta formando pilas, ó, seguirlo por la faja dentro del conveyer más allá del tripper los trippers pueden ser estacionarios, es decir fijos, ó móviles, los estacionarios, cuando se ha de descargar el material en un sitio fijo, se pueden colocar varios de ellos en serie en la dirección de la faja, y descargarían cada uno en su respectivo compartimiento. Los trippers móviles constan de una armazón montada sobre unas ruedas que descansan sobre rieles paralelos soportados usualmente por la estructura del conveyer.

Estos trippers pueden ser movidos por un cable y un winche, por la misma correa, ó por un motor eléctrico montado sobre el mismo tripper. Tienen un movimiento continuo hacia adelante y hacia atrás haciendo automático el cambio de sentido al final de su viaje. Los trippers móviles pueden permanecer en un sitio determinado por un corto tiempo o enclavado por periodos mas largos, controlados por un operador, quién ha de disponer de una plataforma para la operación. Cuando se está tratando con materiales polvorientos, finos, ó bituminosos, la utilización de "sellos" ó cubiertas de protección para el motor y el resto de las partes del accionamiento no ha de esperarse. Las cubiertas pueden ser de tejido de cinta recubierto con goma. La utilidad de los trippers se puede incrementar con ingeniosos arreglos a la hora de hacer pilas ó montones de material. Todos los trippers absorben cierta cantidad de potencia desde el accionamiento del transportador por la deflexión de la correa en las poleas del tripper. Los móviles que actúan por acción de la misma correa transportadora absorben mayor cantidad de energía desde el accionamiento del conveyor, (ver Figura N°8).



Figura N°8. Tipos de trippers

Fuente: CEMA B105.1-2003 Fajas transportadoras

2.3.2 TOLVA DE ALMACENAJE

2.3.2.1 DEFINICION DE TOLVAS DE ALMACENAJE

La tolva es un recipiente en forma de tronco de pirámide o de cono invertido y abierta por abajo, dentro de la cual se echan granos u otros cuerpos para que caigan poco a poco entre las piezas del mecanismo destinado a triturarlos, molerlos, limpiarlos, clasificarlos o para facilitar su descarga.

La geometría y soluciones a los requerimientos conllevan a diferentes prototipos de tolvas, las cuales cumplen de diferente manera estos requerimientos. Sin embargo, cada una se diferencia en su costo de construcción, de compra de derechos de patente, y de costos por accesorios.

La construcción de la estructura se buscar que sea muy fácil, así como su amplio acceso a todas las piezas internas. El espacio que ocupa proporcionara espacio para realizar reparaciones e inspecciones.

2.3.2.2 CLASIFICACIÓN DE TOLVAS DE ALMACENAJE

a) Tolva forma de embudo:

Tolva que no resulta muy costosa, que almacene poco volumen, poca capacidad de almacenamiento, ya que el material siempre va a estar circulando. Al tener forma de embudo, se reduce su volumen interior, con lo cual esta tolva pierde toda su utilidad de almacenamiento, convirtiéndose solamente en una tolva de recepción. También se debe tomar en cuenta que las paredes soportan una carga mucho mayor a la de una pared vertical, ya que actúan a la vez de piso y pared, con lo cual se necesitaría un espesor mayor de plancha.

El diseño en forma de embudo elimina el uso de un bastidor en el piso, ahorrando así la compra de un equipo caro, debido a la potencia necesaria para mover material del fondo de la tolva, lo cual es también una gran ventaja, pero para que esta tolva pueda almacenar 105 m^3 de material, debe ser una tolva muy grande y alta.

Las paredes no pueden ser muy horizontales por problemas de atascamiento de material, pues hay que recordar siempre que las viscosidades pueden llegar a ser de 2000 cps. Esta tolva apenas puede almacenar 50 m^3 de desechos.

b) Tolva de fondo rectangular:

Las paredes son verticales, y una capacidad de 105 m^3 . Estas forma casi siempre está centrada en calcular la estructura tomando en cuenta las cargas por sismo, el peso del material a almacenar, que las paredes y pisos puedan contener la presión que estos desechos van a generar, y que las partes soldadas, uniones o agujeros no deriven en un concentrador de tensión tal que haga colapsar la tolva. Presenta algunas piezas necesarias para evitar el colapso de las paredes debido a la presión generada que no son estéticas, además de dificultar los trabajos de instalación, y mantenimiento del bastidor.

2.4 PROCESO DE CONTROL Y AUTOMATIZACION

2.4.1 SISTEMA DE CONTROL

Un sistema dinámico lo podemos definir como un ente que recibe unas acciones externas o variables de entrada, y cuya respuesta a estas acciones externas son las denominadas variables de salida.

Las acciones externas al sistema se dividen en dos grupos, variables de control, que se pueden manipular, y perturbaciones sobre las que no es posible ningún tipo de control.

De la Figura N°9 observamos un modo conceptual el funcionamiento de un sistema.

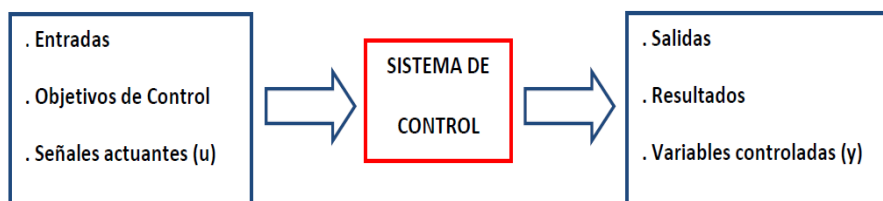


Figura N°9. Esquema general de un sistema

Fuente: Universidad Peruana de Ciencias

Dentro de los sistemas se encuentran el concepto de sistema de control. Un sistema de control es un tipo de sistema que se caracteriza por la presencia de una serie de elementos que permiten influir en el funcionamiento del sistema. La finalidad de un sistema de control es conseguir, mediante la manipulación de las variables de control, un dominio sobre las variables de salida, de modo que estas alcancen unos valores prefijados.

Un sistema de control ideal debe ser capaz de conseguir su objetivo cumpliendo los siguientes requisitos:

1. Garantizar la estabilidad y, particularmente, ser robustos frente a perturbaciones y errores en los modelos.
2. Ser tan eficiente como sea posible, según un criterio preestablecido.
3. Ser fácilmente implementable y cómodo de operar en tiempo real con ayuda de un ordenador.

Los elementos básicos que forman parte de un sistema de control y permiten su manipulación son los siguientes, (ver Figura N°10).

- Sensores: Permiten conocer los valores de las variables medidas del sistema.
- Controlador: Utilizando los valores determinados por los sensores y la consigna impuesta, calcula la acción que debe aplicarse para modificar las variables de control en base a ciertas estrategias.
- Actuador: Es el mecanismo que ejecuta la acción calculada por el controlador y que modifica las variables de control.

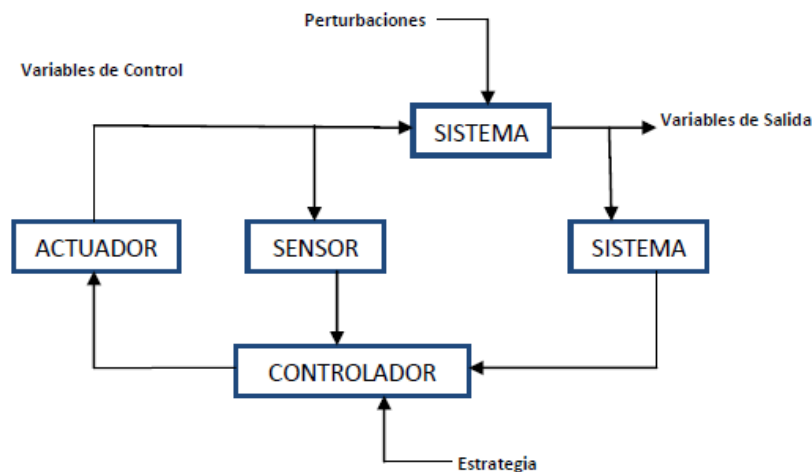


Figura N°10. Esquema de un sistema de control
Fuente: Universidad Peruana de Ciencias

2.4.2 DEFINICIÓN DE SENSOR

Un sensor es un convertidor, el cual convierte un valor físico tal como temperatura, distancia o presión en un valor diferente, el cual es fácil de evaluar. Esta es usualmente una señal eléctrica tal como voltaje, corriente, resistencia o frecuencia de oscilación. Definiciones alternativas para sensores son decodificadores, detectores o transductores, la palabra sensor es derivada del latín “sensus” que en castellano significa sensación. La eficiencia de muchos sensores está basada en desarrollos técnicos en la tecnología de los semiconductores. Son usados predominantemente para la adquisición de datos medibles.

Los sensores pueden ser fácilmente comparados a los receptores de órganos sensoriales, los cuales tratan sobre la conversión de valores físicos tales como la luz, el calor, el sonido en sensaciones neurofisiológicas.

La eficiencia de los sensores y receptores para tareas de medición comparativas por percepción sensorial respectivamente, varía considerablemente; así como nuestros órganos sensoriales perciben muchos valores solo aproximadamente y por lo tanto no son apropiados para la medida de valores absolutos.

2.4.2.1 APLICACIÓN DE LOS SENSORES

Los sensores son utilizados en muchas áreas de la ciencia y tecnología. En las tareas de investigación, sensores especializados y de muy alta sensibilidad son empleados con propósitos experimentales.

En el caso de equipamiento para requerimientos básicos, mayormente se usan sensores ordinarios, pero estos necesitan funcionar adecuadamente y requieren de un mantenimiento muy simple.

2.4.2.2 CLASIFICACION DE LOS SENSORES

a) Clasificación en función a la magnitud a ser detectada

- Sensores de magnitudes dimensionales: Posición, distancia, longitud, carrera, extensión, velocidad, aceleración, ángulo de rotación, así como, también características superficiales de piezas trabajadas.
- Sensores de magnitudes relacionadas a fuerza: Fuerza, peso, presión, torque y eficiencia mecánica.
- Sensores de magnitud relacionadas a cantidad de material: Razones de flujo y nivel de llenado de gases, líquidos y sólidos.
- Sensores de temperatura y cantidad de calor.
- Sensores para evaluar magnitudes de radiación luminosa: Flujo radiante, energía radiante, intensidad de radiación, magnitudes de radiación y luminosidad tales como flujo luminoso, energía luminosa, intensidad luminosa, luminiscencia e iluminación. Además esta categoría debería incluir a todos los sistemas con procesamiento de imágenes para tareas con propósitos de medición.

- Sensores de magnitudes características de ondas acústicas: Presión del sonido, energía del sonido, nivel del sonido y audiofrecuencia.
- Sensores de magnitudes electromagnéticas: Generalmente reconocen magnitudes eléctricas fundamentales tales como voltaje, corriente, energía eléctrica y potencia.
- Sensores de radiación de alta energía: Rayos X, rayos gama.
- Sensores para radiación especial tal como electrones, partículas alfa, partículas elementales y fragmentos nucleares.
- Sensores de sustancias químicas (gases, iones), y en particular agua en forma de humedad, sensores de punto de hielo y punto de rocío.
- Sensores de propiedades físicas de los materiales: Mecánicas, eléctricas, ópticas y acústicas.
- Sensores de identificación de objetos y reconocimiento de patrones: Esta categoría incluye sistemas sensoriales tales como lector óptico de caracteres, lector de código de barras, lector de cinta magnética y sistemas de procesamiento de imágenes.

b) Sensores de proximidad capacitivos

Los sensores capacitivos de proximidad están diseñados para funcionar mediante la generación de un campo electrostático y detectar cambios en este campo ocasionados por la aproximación de un objeto a la cara de detección, (ver Figura N°11).



Figura N°11. Sensores Capacitivos de Proximidad

Fuente: Allan Bradley, Boletín 875C y 875CP

El mecanismo interno del sensor consta de una sonda capacitiva, un oscilador, un rectificador de señales, un circuito filtrador y un circuito de salida, (ver Figura N°12).

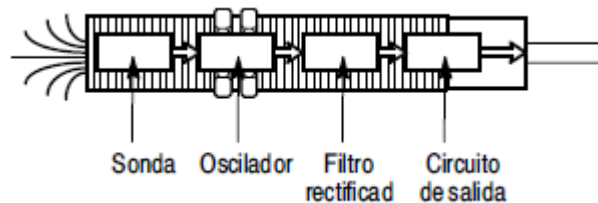


Figura N°12. Principio de operación para sensores capacitivos de proximidad

Fuente: Allan Bradley, Boletín 875C y 875CP

En ausencia de un objeto, el oscilador está inactivo. Cuando un objeto se aproxima, eleva la capacitancia del sistema de la sonda. Cuando la capacitancia alcanza un umbral especificado, el oscilador se activa, lo que activa a su vez el circuito de salida para cambiar entre “encendido” y “apagado”. La capacitancia del sistema de la sonda está determinado por el tamaño del objeto, la constante dieléctrica y la distancia con respecto a la sonda. Entre mayor sea el tamaño y la constante dieléctrica de un objeto, mayor será el aumento de la capacitancia de éste. Entre menor sea la distancia entre el objeto y la sonda, mayor será el aumento de capacitancia del objeto, (ver Figura N°13).



Figura N°13. Proceso del oscilador al sensado

Fuente: Lectura Sensórica y Actórica, Programa Integral TECSUP, 2013

Ventajas

Las ventajas de los sensores de proximidad capacitivos son:

- Detectan objetos metálicos y no metálicos, así como líquidos y sólidos.
- Pueden “ver a través” de ciertos materiales (cajas de productos).
- Son de estado sólido y tienen una larga vida útil.
- Disponen de muchas configuraciones de montaje.

Desventajas

Las desventajas de los sensores de proximidad capacitiva son:

- Distancia de detección corta (1 pulgada o menos) que varía en función del material detectado.
- Son muy sensibles a factores ambientales: la humedad en climas costeros o lluviosos puede afectar el resultado de la detección.
- No son selectivos con respecto al objeto detectado: es esencial controlar que es lo que se aproxima al sensor.

c) Sensores de proximidad ultrasónicos

Los sensores ultrasónicos emiten un pulso de sonido que se refleja en los objetos que entran en el campo de ondas. El sensor recibe el sonido, o “eco”, y genera una señal de salida, analógica o digital, que será utilizada por un accionador, un controlador o una computadora, (ver Figura N°14).



Figura 14. Sensores Ultrasónicos de salida analógica o discreta

Fuente: Allan Bradley, Boletín 873P

Los sensores de proximidad ultrasónicos tienen cuatro componentes básicos, (ver Figura N°15).

- Transductor / receptor
- Comparador
- Circuito detector
- Salida de estado solido

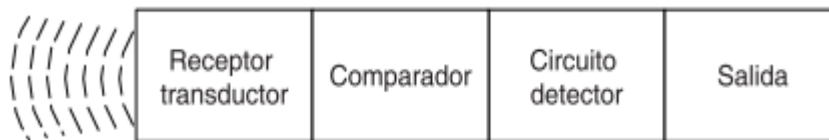


Figura N°15. Componentes básicos del sensor ultrasónico

Fuente: Lectura Sensórica y Actórica, Programa Integral TECSUP, 2013

Los materiales que absorben el sonido (espuma, algodón, caucho, etc.) son más difíciles de detectar que los materiales acústicamente reflectivos, como el acero, el plástico o el vidrio.

Si los logra detectar, estos materiales absorbentes pueden limitar la distancia de detección máxima, (ver figura N°16 y N°17).

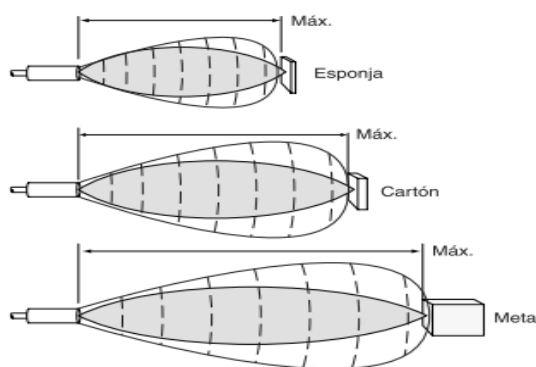


Figura N°16 Margen de detección y haz efectivo

Fuente: Lectura Sensórica y Actórica, Programa Integral Tecsup, 2013

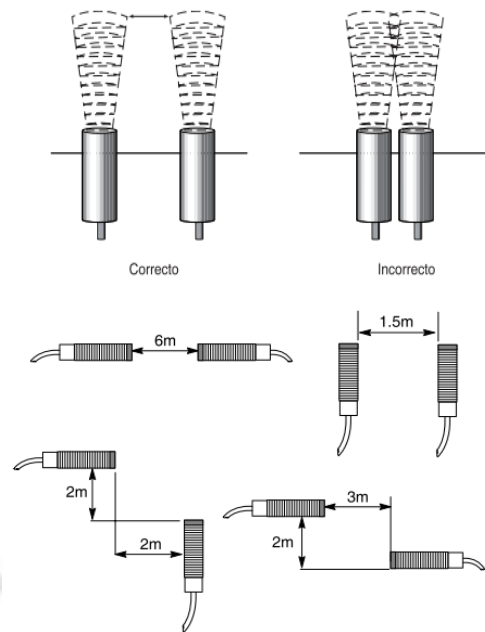


Figura N°17. Consideraciones de espacio

Fuente: Lectura Sensórica y Actórica, Programa Integral Tecsup, 2013

Generalmente, los sensores de proximidad ultrasónicos requieren que la cara del transductor este en un ángulo inferior a 3° con respecto a la superficie de objetos planos y lisos, (ver Figura N°18).

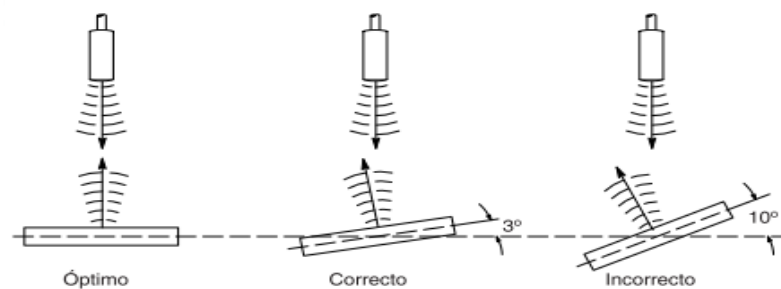


Figura N°18. Detección correcta e incorrecta del sensor

Fuente: Lectura Sensórica y Actórica, Programa Integral Tecsup, 2013

Ventajas

Las ventajas de los sensores de proximidad ultrasónicos son:

- Los sensores de proximidad ultrasónicos pueden detectar objetos grandes a una distancia de hasta 15 mts (49 pies).

- La respuesta de un sensor de proximidad ultrasónico no depende del color de la superficie ni de la reflectividad óptica del objeto.
- La precisión en cuanto a detección repetida de los sensores ultrasónicos con salidas digitales (encendido / apagado) es excelente.
- Se puede ignorar objetos de fondo incluso a distancias de detección largas ya que la histéresis de conmutación es relativamente baja.
- La respuesta de los sensores ultrasónicos analógicos es lineal con respecto a la distancia.

Desventajas

Las desventajas de los sensores de proximidad ultrasónicos son:

- Los sensores ultrasónicos deben ver una superficie (especialmente una superficie dura y plana) en perpendicular para recibir un eco amplio. Además, para que la detección sea exacta, se requiere una superficie mínima y específica para cada tipo de sensor.
- Aunque muestran una buena inmunidad al ruido de fondo, es probable que produzcan respuestas falsas a ruidos intensos, como el “silbido” producido por conductos de aire y válvulas de seguridad.
- Los sensores de proximidad ultrasónicos necesitan de una distancia de detección mínima.
- Los cambios en las características del ambiente, como la temperatura, la presión, la humedad, el aire y las partículas transmitidas por el aire, afectan la respuesta ultrasónica.
- Los objetos de baja intensidad, como la espuma y tela, tienden a absorber la energía sonora; estos materiales pueden ser difíciles de detectar a grandes distancias.
- Las superficies lisas reflejan la energía sonora mejor que las irregulares; sin embargo, el ángulo de detección para una lisa suele ser más crítico que el ángulo de detección para una irregular.

CAPITULO III INGENIERIA DEL PROYECTO

3.1 PARAMETROS DE DISEÑO

3.1.1 ANALIZANDO LA SITUACIÓN EN FUNCION A LOS REQUERIMIENTOS DEL DISEÑO

Se necesita diseñar una adecuada faja transportadora que se encargará de alimentar a 7 tolvas con una capacidad total de 1250 Ton, la capacidad de alimentación será de 600 Ton/hr, a su vez también se diseñará un sistema de transporte de descarga que se encargara de enviar el concentrado de cobre que se encuentra almacenado en una forma adecuada a los hornos de fundición,

Para esto se tendrá que tener bien en claro la distribución de la planta para poder diseñar las longitudes de las fajas de acuerdo a las características de espacio y ubicación de los equipos en la planta.

Se debe tener bien definido las propiedades más importantes del cobre, como la densidad del concentrado de cobre para que se le dé una adecuada pendiente al sistema de la faja transportadora, esto con el objetivo que no se deslice el concentrado de cobre durante su traslado.

Se buscara seleccionar y diseñar un sistema de transporte y almacenaje de concentrado de cobre que en lo posible trate de evitar paradas en planta por falta de mantenimiento, ya que sabemos que se trabaja en forma continua la producción de cobre, (24 horas al día), otra factor importante a considerar es cumplir con la capacidad requerida de producción y almacenaje indicada por los parámetros de producción de la Mina de fundición. También se debe tener muy en cuenta evitar pérdidas de producción, optimizando tiempos, evitando mala predisponían de los equipos

Con lo expuesto anteriormente se presentara una tabla que indique los requerimientos de diseño y las variables esenciales para cumplir esos requerimientos

Tabla 1. Parámetros en función a los requerimientos

	Requerimientos	Para Que	Que se necesita
1	<ul style="list-style-type: none"> Se necesita un sistema continuo de almacenaje y transporte de concentrado de cobre 	<ul style="list-style-type: none"> Evitar paradas en planta por fallas o mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> Sistema de faja tripper de alimentación, tolva, balanza y sistema de descarga con faja normal
2	<ul style="list-style-type: none"> Se necesita un adecuado transporte de concentrado de cobre, con una capacidad de de transporte de 600 Ton/hr, que permita una dosificación adecuada de concentrado de cobre 	<ul style="list-style-type: none"> Asegurar la capacidad de carga a transportar 	<ul style="list-style-type: none"> Con una faja dosificadora tripper
3	<ul style="list-style-type: none"> Se necesita control adecuado de llenado y descarga de concentrado de cobre 	<ul style="list-style-type: none"> Evitar pérdidas de producción optimizando los tiempo Se busca acelerar el proceso 	<ul style="list-style-type: none"> Sensores adecuados para la supervisión constante a tiempo real, con un control del proceso automatizado Distribución adecuada de almacenaje y transporte del concentrado de cobre de acuerdo a los planos

Fuente: Elaboración propia

3.1.2 PARAMETROS EN FUNCIÓN A LAS CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO

El sistema que se necesita diseñar debe cumplir ciertas formas de diseño generales con el fin de determinar cada uno de las características que se acoplen de la mejor manera al funcionamiento requerido. Para esto se especificara en una tabla cuales son las exigencias y deseos que se necesita para el diseño, en donde se presentara todas las características del diseño que se requieren para el sistema de transporte de cobre.

Tabla 2. Parámetros en función a las características del diseño

ítem	Característica	Descripción	Exigencia deseada
1	Generales	Capacidad de la faja 600 Tn/hr	Exigencia
1.1		Automatizar la maquina	Exigencia
1.2		Capacidad de tolvas	Exigencia
2	Construcción	Que sea de fácil ensamblaje, ligero, sencillo	Deseo
2.1		Que se evite tener piezas sin posibilidad de inspección interna (selladas), mantenimiento	Deseo
2.2		Que las partes o accesorios sean comerciales	Exigencia
2.3		Se evitará las vibraciones que afecten la estructura de la maquina	Exigencia
3	Geométrica	Que ocupe espacio reducido	Deseo
3.1		Que tenga la mínima cantidad de piezas, construcción modular	Deseo
3.2		Que tenga relación geométrica todas las maquina	Deseo
4	Montaje Transporte	Que sea de fácil ensamblaje con las maquinas	Deseo
4.1		Que sea de fácil transporte	Exigencia
5	Mantenimiento	Que el mantenimiento sea lo mas simple y corto	Exigencia
5.1		Que maneje piezas de recambio de fácil adquisición y construcción	Exigencia
5.2		Espacio suficiente para maniobrar	Deseo
6	Transmisión potencia	Que sea de fácil montaje	Deseo
6.1		Que sea de fácil mantenimiento	Exigencia
6.2		Que tenga guardas de protección	Exigencia
6.3		Que las partes sean comerciales	Exigencia
6.4		Que tenga mayor eficiencia, considerando perdidas de las fuentes de energía con respecto a las condiciones de trabajo	Exigencia
6.5		Adoptar una velocidad de operación que permita una adecuada operación de la maquina	Exigencia
7	Ergonomía	Que tenga dimensiones de fácil operación por parte del instalador y operador	Deseo
7.1		La disposición de la máquina accesible para su maniobrabilidad	Exigencia
8	Seguridad operacional	Que se eviten los riesgos de cortaduras	Exigencia
8.1		Normas de seguridad ya establecidas, parada de emergencia, aislamientos, cubiertas	Exigencia

Fuente: Elaboración propia

3.1.3 CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA LA FAJA TRANSPORTADORA

Se debe tener claro conocimiento de ciertos aspectos básicos como:

- **Material a transportar.-** Es necesario tener pleno conocimiento de las características del material a transportar tales como la densidad, el tamaño del terrón y su proporción con respecto al fino, humedad, si es aceitoso, si es adherible, si es higroscópico, cuan abrasivo es, si produce daños a la salud, su aspecto físico, si es angular, redondo, duro, frágil, si se ha compactado, su temperatura, etc.
- **Ratio de transporte.-** Servirá para determinar la capacidad de la faja teniendo en cuenta la rata promedio, los picos y su frecuencia.
- **Dimensionamiento.-** El tamaño del transportador de faja estará limitado por la tensión de la faja, y su configuración dependerá del tipo y ubicación de la alimentación, tipo de descarga, distancias e irregularidad del terreno, entre otros.
- **Fuentes de energía.-** El suministro de energía más usado es la electricidad, y sólo en áreas remotas donde no llegue ésta, se podrá usar motores de combustión interna. De la fuente eléctrica se debe conocer a fondo la variación en el voltaje, amperaje, capacidad de trasmisión de la línea, caída de voltaje, valores máximos de amperaje y voltaje, frecuencia de las interrupciones debido a tormentas eléctricas, etc.
- **Condiciones de operación.-** De mucha importancia a la hora del diseño son: las horas de servicio estimadas por día y por año, condiciones climáticas, velocidad y dirección predominante de los vientos, las características del material, calidad del entorno y proximidad a otros procesos que puedan afectar las partes del transportador etc.

3.1.4 ASPECTOS BÁSICOS MECÁNICOS A CONSIDERAR.

- Ancho de faja.- El ancho de la faja estará en función de la densidad y del tamaño del terrón a transportar
- Espaciamiento de los bastidores, se indica en tablas la selección del espaciamiento en condiciones normales.

- Sobre el accionamiento y las tensiones de la cinta. El tipo y selección del sistema de transmisión será seleccionado de acuerdo a la tensión de la cinta.
- Potencia requerida.- La potencia está en función del peso del material por ft, del peso de la correa por ft, la fricción entre partes, y la deflexión de la faja, además de algunos otros parámetros.
- Tipo de motor.- Una vez determinada la potencia requerida en el eje de accionamiento se podrá seleccionar el motor de acuerdo al tipo de servicio y tiempo de arranque solicitado, con el uso de variadores
- Poleas, compensadores, bastidores y sus rodillos, y demás elementos auxiliares se irán describiendo durante el desarrollo del trabajo.
- Curvas verticales.
- Cargado y descarga.

3.2 DISEÑO DE FAJA TRANSPORTADORA SISTEMA TRIPPER

3.2.1 DATOS PRELIMINARES DEL DISEÑO DE FAJA

- Capacidad de transporte, 600 Ton/hr
- Concentrado de cobre densidad 85 libras/pie³
- 03 turno de trabajo, 8 horas
- Longitud plana de 39.50 metros
- Longitud inclinada de 5.10 metros
- Pendiente de mecanismo tripper: 18°
- Capacidad de Tolva N°1=100 Ton, Tolva N° 2= 100 Ton
- Capacidad de Tolva N°3= 150 Ton, Tolva N°4=150 Ton
- Capacidad de Tolva N°5= 250 Ton, Tolva N°6= 250 Ton, Tolva N°7= 250 Ton
- Condiciones ambientales
- Condiciones de mantenimiento: moderado y regular
- Servicio de 24 horas al día
- Concentrado de cobre es abrasivo, su fluidez es promedia, forma granular y poco polvoriento
- Clima de trabajo es cálido y desértico, precipitaciones leves y escasas

3.2.1.1 Disposición del transportador

Para el diseño adecuado del transportador de alimentación se tendrá los siguientes criterios

- Transporte recto, propulsión delantera y tensor de contrapeso
- Distancia entre centros de poleas de 44.60m =145.40 pies
- Capacidad de diseño 600 Ton/Hr
- Peso promedio 85 Lbf/Pie³
- Altura total de faja tripper es de 1.40 m=4.60 pies
- Longitud horizontal 39.50m = 128.60 pies
- Longitud inclinada 5.10 m= 4.60 pies

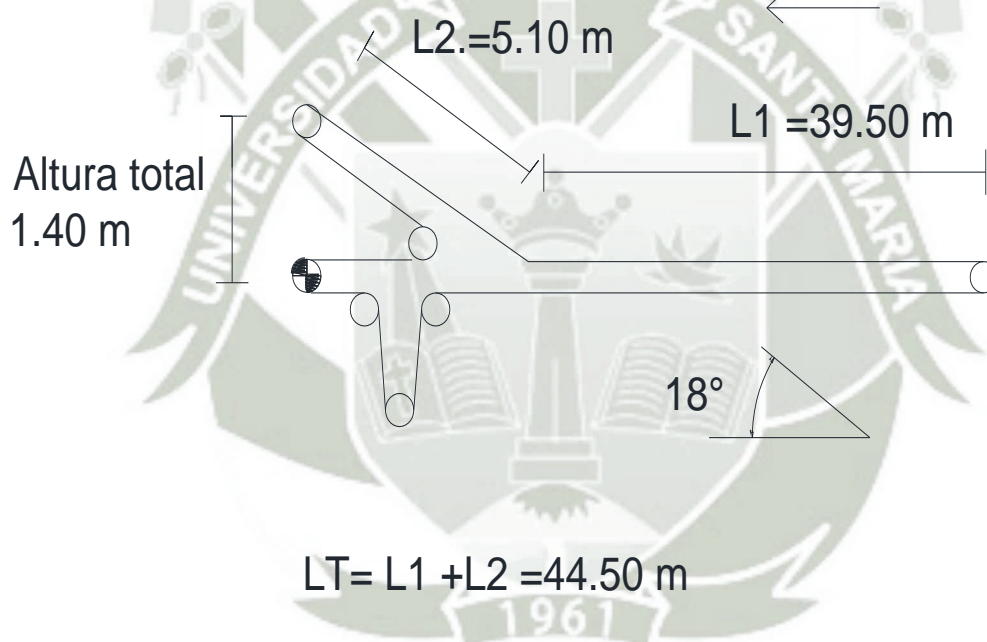


Figura N°19 Diagrama de sistema de alimentación de carga

Fuente: Elaboración propia

3.2.1.2 Selección del ángulo de sobrecarga y el ángulo de reposo

Ángulo de reposo recomendado ver Anexo N°1, (Tabla 3.3 CEMA), según el material a transportar de un $\alpha = 31^\circ$

Por recomendación del libro CEMA, Entonces el ángulo de sobrecarga es $<SC = \alpha - (5^\circ \text{ y } 15^\circ)$.

Chequeo de ángulo de sobrecarga

$$31^\circ - 5^\circ = 26^\circ$$

$$31^\circ - 10^\circ = 21^\circ$$

$$31^\circ - 15^\circ = 16^\circ$$

En Anexo N°2 (Tabla 3.1 Cema), para ángulo de reposo de 31° se recomienda un ángulo de sobrecarga de 20° , que se comprueba satisfactoriamente

Angulo de reposo $\alpha = 31^\circ$

Angulo de sobrecarga $\angle SC = 20^\circ$

3.2.1.3 Clasificación del material

De acuerdo al Anexo N°2 (Tabla 3.2 CEMA), se tiene:

MATERIAL	DENSIDAD Lbf/pul	ANGULO REPOSO	INCLINACIÓN MAXIMA	CODIGO
Concentrado De Cobre	75-85 Lbf/pie ³	31°	17°	D36

D: en trozos de $\frac{1}{2}$ "

3: Angulo de reposo entre $30-39^\circ$, fluidez promedio

6: abrasivo

3.2.1.4 Velocidad máxima recomendada y ancho de faja

De Anexo N°3 (Tabla 4.1 CEMA), para este tipo de material, concentrado de cobre, material abrasivo, en trozos algunos de más de $\frac{1}{2}$ ", fluidez promedio

Para 350 ppm, se tiene 18 pulgadas

Para 500 ppm se tiene 24 a 36 pulgadas

Para 600 ppm se tiene 36 pulgadas a mas

Se selecciona 30 pulgadas de ancho de faja para una velocidad promedio de 500 ppm, ya que si la velocidad es muy alta, se producirá un empolvamiento del material al realizar las diferentes descargas de la faja móvil volteadora, también al tener trozos el material y siendo la velocidad alta produce un desgaste indebido al chute de descarga de

la faja tripper, como la capacidad de la faja 600 Ton/hr, es un flujo prudencial, se tiene un ancho promedio de 30 pulgadas, con una velocidad de 500 ppm.

3.2.1.5 Capacidad equivalente de la faja

- $600 \frac{\text{Ton.Largas}}{\text{Hr}} \times \frac{2200 \text{Lbf}}{1\text{Ton.Larga}} \times \frac{1\text{TonCorta}}{2000 \text{Lbf}} = 660 \frac{\text{Toncortas}}{\text{Hora}}$
- Capacidad de transporte 660 Ton Cortas/Hora
- Densidad del material 85 Lbf/pie³
- $\text{Cap (pie}^3/\text{hr)} = 660 \frac{\text{Ton.Cortas}}{\text{hr}} \times \frac{2000\text{Lb}}{\text{Ton.Cortos}} \times \frac{1}{85 \text{Lbf / pie}^3}$
- $\text{Cap (pie}^3/\text{hr)} = 15529.41 \text{ pie}^3/\text{hr}$
- $\text{Capacidad (Equivalente)} = \text{Cap. transporte} \times \frac{100}{\text{Velocidad recomendada (ppm)}}$
- $\text{Capacidad (Equivalente)} = 15529.41 \times \frac{100}{500} = 3105.88 \text{ pie}^3 / \text{hr}$

Usando la capacidad equivalente encontrada, y haciendo referencia al Anexo N°3 (Tabla N°4.2 CEMA), se encuentra el ancho apropiado de la faja apropiado.

Que en nuestro caso en la tabla N°4.2, sabiendo que la faja es inclinada, para un ángulo de sobrecarga de 20° y un ángulo de abarquillada (ángulo de rodillos) de 20°, y buscando una capacidad parecida a nuestra capacidad equivalente de 3105.90 pie³/hr, se obtiene una capacidad de 3137 pie³/hr se tiene el ancho de faja de 30 pulgadas, que satisface el ítem anterior:

Ancho de Faja	Angulo de Reposo	Angulo de Sobrecarga	Capacidad equivalente (pie ³ /hr)	Capacidad (Tncortas/hr)	Faja Abarquillada standar
30"	31°	20°	3137	660 Ton/hr	20 °

- velocidad actual de la faja (ppm) = $Cap.transporte \times \frac{100}{Cap.equivalente}$
- Velocidad actual de faja (ppm) = $15529.40 \times \frac{100}{3137} = 495 \text{ ppm}$

Para una velocidad 495ppm, la capacidad máxima

Ancho de Faja	Angulo de Reposo	Angulo de Sobrecarga	Capacidad transporte (pie ³ /hr)	Capacidad (TonCortas/hr)
30"	31°	20°	15529.40	660 Tn/hr

3.2.2 SELECCIÓN DE POLINES

3.2.2.1 Clasificación de los polines:

- De Anexo N°4 (Tabla N°5.1 CEMA), con densidad de 85 lbs/pie³, seleccionamos C5III , servicio medio, diámetro del rodillo 5", C5 numero de serie de matriz III

Carga liviana	30 a 74 Lb/pie ³
Carga mediana	74 a 129 Lb/pie ³
Carga pesada	130 Lb/pie ³ a mas

3.2.2.2 Espaciamiento de Polines

- Según Anexo N°4 (Tabla 5.2 CEMA), para una densidad 85 Lbf/pie³

Ancho de Faja	Espaciamiento polines carga	Espaciamiento. Polines retorno
30"	Si =4.5 pies	10 pies

3.2.2.3 Selección de Polines

- Carga actual (I.L.)

$$IL = (W_b + W_m) Si$$

- W_b = peso de la faja para una densidad de 85 lbs/pie³, ancho 30” Anexo N°4 (Tabla 6.1 CEMA)

$$W_b = 7 \text{ Lbf/pie}$$

- W_m = Peso del material:

Q = Capacidad de transporte 660 Ton Cortas/Hora

$$W_m = \frac{33.33 \times Q}{\text{Vel. Faja}} = \frac{33.33 \times 660}{495} = 44.45 \text{ Lbf / pie}$$

- S_i = espaciamiento entre polines de avance = 4.5 pies

Finalmente

$$IL = (7 + 44.45) \times 4.5 = 231.50 \text{ Lb}$$

- Carga Ajustada (AL)

$$AL = IL \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4$$

Donde:

K_1 = Factor de Tamaño, Anexo N°5 (Tabla N°5.4 CEMA), densidad del material 85 lbf/pie³

$$K_1 = 1.0$$

K_2 = Factor de mantenimiento, Anexo N°5 (Tabla N°5.5 CEMA), para una condición moderada y mantenimiento regular

$$K_2 = 1.1$$

K_3 = Factor de servicio, Anexo N°5 (Tabla N°5.6 CEMA), servicio de 24 hr

$$K_3 = 1.2$$

K_4 = Factor de corrección de velocidad, Anexo N°5, (Tabla N°5.7 CEMA), se entra a tabla con el diámetro del rodillo de 5 pulg. Y con la velocidad de faja de 495ppm

$$K_4 = 0.95$$

Luego

$$AL = 231.50 \text{ lb} \times 1.0 \times 1.1 \times 1.2 \times 0.95 = 260.30 \text{ Lbf}$$

$$AL = 260.30 \text{ Lbf}$$

La capacidad de carga es como sigue según Anexo N°5 (Tabla N°5.8 CEMA), Para CEMA C

Se toma el ángulo de abarquillamiento mínimo 20° y ancho de faja de 30 pulg.

Ancho de faja	Inclinación polines	Polines de carga	Polines de retorno
30"	20°	900 Lbf	250 Lbf

Si cumple

3.2.3 CALCULO DE LA TENSION EFECTIVA (Te)

$$Te = L * K_t * [K_x + \frac{K_y * W_b + 0.015 * W_m}{L}] + W_m * (L * K_y + H) + T_{am} + T_{ac} + T_p$$

$$Te = T_x + T_yb + T_{ym} + T_m + T_b + T_{am} + T_{ac} + T_p$$

3.2.3.1 Factor de corrección de temperatura: K_t

De Anexo N°6 (Figura 6.1 CEMA), temperatura ambiente 20°C = 62°F

$$K_t = 1$$

3.2.3.2 Factor de fricción de la polea K_x

$$K_x = 0.00068 (W_b + W_m) + A_i / S_i$$

Donde:

$$W_b = 7 \text{ Lb/pie}$$

$$W_m = 44.45 \text{ Lb/ pie}$$

A_i = Fuerza requerida para superar la fuerza de fricción y la rotación de rodillos
Anexo N°6 (Figura N°6.2, pag.74 CEMA), para rodillos de 5" de diámetro CEMA C5, corresponde $A_i = 1.8$

S_i = 4.5 pies, espaciamento de polines de carga

Reemplazando:

$$K_x = 0.00068 (7 + 44.45) + 1.8 / 4.5 = 0.4349 \text{ Lbf/pie}$$

3.2.3.3 Factor de flexión de faja: K_y

- Faja plana: para un ángulo de inclinación de 0°, Anexo N°7, (Tabla 6.2 Cema)

$$W_b + W_m \geq 50 \text{ Lbf} \quad S_i = 4.5$$

$$W_b + W_m = 51.45 \text{ Lbf/pie}$$

Entonces: $K_{y1} = 0.035$ $L_1 = 39.23\text{m} = 128.65 \text{ pies}$

- Faja inclinada: para un ángulo de inclinación de tripper 18°, Anexo N°7, (Tabla N°6.2 CEMA)

$$W_b + W_m \geq 50 \text{ Lbf} \quad S_i = 4.5$$

$$W_b + W_m = 53.65 \text{ Lb/pie}$$

Entonces: $K_{y2} = 0.0275$ $L_2 = 5.12\text{m} = 16.77 \text{ pies}$

De Anexo N°7, (Tabla N°6.3 CEMA), se tiene K_{y2} , corregido 0.0297

$W_b + W_m$	S_i	K_{y2}	K_{y2} , corregido
51.45 Lbf	4.5	0.0275 Lbf/pie	0.0297 Lbf/pie

La fórmula estándar para la tensión, se tendrá que incrementar puesto que ya no solamente se tiene una longitud, sino dos, la longitud de la faja recta y la longitud de la faja inclinada, entonces la nueva fórmula de T_e será:

$$T_e = L_T * K_t (K_x + 0.015 * W_b) + \frac{L_1 * K_t * K_{y1} * W_b + L_2 * K_t * K_{y2} * W_b + W_m (L_1 * K_{y1} + L_2 * K_{y2}) + (W_m * H) + T_{am} + T_{ac} + T_p}{1}$$

Donde:

$$L_1 = 128.65 \text{ pies}, L_2 = 16.77 \text{ pies y } L_{total} = 145.40 \text{ pies}$$

$$L_1 + L_2 = 145.40 \text{ pies}$$

$$H = \text{altura total de la faja } 1.40\text{m} = 4.60 \text{ pies}$$

Desdoblando la formula T_e , se tiene

$$T_e = T_x + T_{yb} + T_{ym} + T_m + T_{an} + T_{ac} + T_p$$

- $T_x = L_t * K_x * K_t$
- $T_{yb} = T_{yc} + T_{yr} = (L_1 * K_{y1} * W_b * K_t + L_2 * K_{y2} * W_b * K_t) + (L_t * 0.015 * W_b * K_t)$
- $T_{ym} = L_1 * K_{y1} * W_m + L_2 * K_{y2} * W_m$
- $T_m = H * W_m$

3.2.3.4 Resistencia friccional de la polea de carga y retorno

$$T_x = L_t * K_x * K_t$$

$$T_x = 145.40 \text{ pies} * 0.4349 \text{ Lbf/pie} * 1 = 63.25 \text{ Lbf}$$

3.2.3.5 Resistencia de la faja a la flexión cuando se mueve sobre los rodillos

- Rodillos de avance

$$T_{yc} = L_1 * K_{y1} * W_b * K_{t1} + L_2 * K_{y2} * W_b * K_t$$

$$T_{yc} = 98.36 \text{ pie} * 0.035 * 7 \text{ Lbf/pie} * 1 + 16.77 \text{ pie} * 0.0297 * 7 \text{ Lbf/pie} * 1$$

$$T_{yc} = 31.52 \text{ Lbf} + 3.48 \text{ Lbf}$$

$$T_{yc} = 34.00 \text{ Lbf}$$

- Rodillos de retorno:

$$T_{yr} = L_t * 0.015 * W_b * K_t$$

$$T_{yr} = 145.4 \text{ pie} * 0.015 * 7 \text{ Lbf/pie} * 1$$

$$T_{yr} = 15.267 \text{ Lbf}$$

- Rodillos de avance y retorno:

$$T_{yb} = T_{yc} + T_{yr} = 34.00 \text{ Lbf} + 15.267 \text{ Lbf}$$

$$T_{yb} = 50.266 \text{ Lbf}$$

3.2.3.6 Resistencia del material a la flexión, cuando la faja corre sobre los rodillos de avance

$$T_{ym} = L_1 * K_{y1} * W_m + L_2 * K_{y2} * W_m$$

$$T_{ym} = 128.60 \text{ pie} * 0.035 * 44.44 \text{ Lbf/pie} + 16.77 \text{ pie} * 0.0297 * 44.45 \text{ Lbf/pie}$$

$$T_{ym} = 200.10 + 22.13 = 222.2 \text{ Lbf}$$

$$T_{ym} = 222.2 \text{ Lbf}$$

3.2.3.7 Fuerza necesaria para elevar el material

$$T_m = H * W_m$$

$$T_m = 4.60 \text{ pie} * 44.45 \text{ Lbf/pie} = 203.27 \text{ Lbf}$$

3.2.3.8 Fuerza necesaria para carga de la faja (F_b)

$$T_b = H * W_b$$

$$T_b = 4.60 \text{ pie} * 7 \text{ Lbf/pie} = 32.01 \text{ Lbf}$$

3.2.3.9 Fuerza de aceleración del material: T_{am}

Anexo N°7 (Figura 6.3 Cema), para una velocidad 100ppm, se tiene 128 lb

$$T_{am}(1000 \text{ Ton corta/hr}) \text{ -----} 128 \text{ Lbf}$$

$$660 \text{ Ton cortas/hora} \text{ -----} X$$

$$T_{am} = 84.50 \text{ Lbf}$$

3.2.3.10 Resistencia generada por los accesorios del transportador (T_{ac})

a) Resistencia producida por los raspadores: T_{bc}

Raspador en la polea de cola : T_{bc}

Anexo N°7 (Tabla N°6.6 CEMA), Se considera 5 Lbf/pulg de ancho de faja, ancho de faja 30 “

$$T_{bc} = 30 * 5 = 150 \text{ Lbf}$$

b) Resistencia producida por los laterales: T_{sb} (faldones)

- Factor de fricción por los laterales: $\frac{2dm}{288} \times \frac{1 - \text{sen} \alpha}{1 + \text{sen} \alpha}$

$$C_s = \frac{2 \times 85}{288} \times \frac{1 - \text{sen} \alpha}{1 + \text{sen} \alpha} = 0.1819$$

dm =densidad media

α = angulo de reposo, 31°

- L_b = longitud de faldones

2 pies-----100 ppm (recomendable)

L_b ----- 495ppm

$$L_b = 9.9 \text{ pies}$$

- h_s = profundidad del material en contacto 10% de ancho de fajas =5.4”
- $T_{sb} = L_b (C_s h_s + 6) = 9.9 * (0.1819 * 3 + 6) = 64.8 \text{ Lbf}$

c) Resistencia producida por deflector de carga: T_{pl}

$$T_{pl} = 0$$

d) Suma de resistencia

$$T_{ac} = T_{bc} + T_{sb} + T_{pl}$$

$$T_{ac} = 150\text{Lbf} + 63.52\text{Lbf} + 0 = 214.12 \text{ Lbf}$$

$$T_{ac} = 214.12\text{Lbf}$$

3.2.3.11 Resistencia debido a la flexión de faja alrededor de la polea (T_p)

Anexo N°7, (Tabla N° 6.5 CEMA), se puede seleccionar según el tipo de polea

Lugar de Polea	Tipo de polea	Ang. Arrollamiento	Tensión (Lbf/pulg)
Ajustadas	Accionamiento	150 – 240	200
Flojos	De cabeza y cola	150 - 240	150
Otras	De volteo	150 – 240	100

$$T_{p1} = 200 \text{ Lbf/polea} \times \text{N}^\circ \text{ de poleas} \quad (\text{N}^\circ \text{ poleas} = 1 \text{ polea de accionamiento})$$

$$T_{p1} = 200 \text{ Lbf}$$

$$T_{p2} = 150 \text{ Lbf/polea} \times \text{N}^\circ \text{ de poleas} \quad (\text{N}^\circ \text{ poleas} = 1 \text{ polea de cola})$$

$$T_{p2} = 150 \text{ Lbf}$$

$$T_{p3} = 100 \text{ Lbf/polea} \times \text{N}^\circ \text{ de poleas} \quad (\text{N}^\circ \text{ poleas} = 5), 2 \text{ poleas tripper de volteo, 3 de contrapeso}$$

$$T_{p3} = 500 \text{ Lbf}$$

$$T_p = T_{p1} + T_{p2} + T_{p3} =$$

$$T_p = 200\text{Lbf} + 150\text{Lbf} + 500\text{Lbf}$$

$$T_p = 850 \text{ Lbf}$$

3.2.3.12 Aplicando la fórmula de tensión efectiva

- Resistencia friccional de la polea de carga de retorno $T_x = 63.23 \text{ Lbf}$
- Resistencia de la faja a la flexión cuando se mueve sobre los rodillos $T_{yb} = 50.26 \text{ Lbf}$
- R.del material a la flexión cuando la faja corre sobre los rodillos de avance $T_{ym} = 222.20 \text{ Lbf}$
- Fuerza necesaria para elevar el material $T_m = 203.27 \text{ Lbf}$
- Fuerza de aceleración del material $T_{am} = 84.50 \text{ Lbf}$
- Resistencia generada por los accesorios del transportador $T_{ac} = 214.12 \text{ Lbf}$
- Resistencia Debido a la flexión de faja alrededor de la polea $T_p = 850 \text{ Lbf}$

$$T_e = L_T * K_t (K_x + 0.015 * W_b) + L_1 * K_t * K_{y1} * W_b + L_2 * K_t * K_{y2} * W_b + W_m (L_1 * K_{y1} + L_2 * K_{y2}) + (W_m * H) + T_{am} + T_{ac} + T_p$$

$$T_e = T_x + T_{yb} + T_{ym} + T_m + T_{am} + T_{ac} + T_p$$

$$T_e = 63.234 \text{ Lbf} + 50.27 \text{ Lbf} + 222.20 \text{ Lbf} + 203.26 \text{ Lbf} + 84.48 \text{ Lbf} + 214.12 \text{ Lbf} + 850$$

$$T_e = 1687.56 \text{ Lbf}$$

3.2.4 DETERMINACION DE TENSIONES Y DEL TIPO DE POLEA

3.2.4.1 Determinación del tipo de polea

- Coeficiente de envoltura (C_w)
Anexo N°8 (Tabla N°6.8 CEMA), escogemos simple con polea de reenvió y ángulo de arrollamiento de $\theta = 210^\circ$
Escogemos el ángulo del medio, porque a mayor ángulo de contacto entre polea y faja, mejor adherencia, pero disminuye la potencia, el tensor es manual

Para polea cubierta $C_w = 0.7$ tensor manual

- Hundimiento de la faja
Anexo N°8 (Tabla N°6.10 CEMA). Para un ángulo de abarquillamiento de 20° , (inclinación de rodillos), se elige este porque es el ángulo mínimo
Hundimiento 3%

3.2.4.2 Tensión en el punto de mínima tensión (T_o)

Para 3% de hundimiento

$$T_o = 4.2 \times S_i (W_b + W_m) =$$

$$T_o = 4.2 \times 4.5 \text{pie} (17 \text{ Lbf/pie} + 44.44 \text{ Lbf/pie}) = 972.22 \text{Lbf}$$

3.2.4.3 Tensión en el lado flojo T_2

Tomar el mayor $T_2 = C_w \times T_e$

$$T_2 = 0.7 \times 1687.57 \text{ Lbf}$$

$$T_2 = 1181.30 \text{Lbf}$$

$$T_2 = T_o + T_b + T_{yr}$$

$$T_2 = 972.21 \text{Lbf} + 32.018 \text{Lbf} + 15.26 \text{ Lbf}$$

$$T_2 = 1019.50 \text{ Lbf}$$

Luego

$$T_2 = 1181.30 \text{ Lbf}$$

3.2.4.4 Tensión en el lado apretado T_1

$$T_1 = T_e + T_2$$

$$T_1 = 1687.57 \text{ Lbf} + 1181.30 \text{ Lbf} = 2868.87 \text{ Lbf}$$

$$T_1 = 2868.87 \text{ Lbf}$$

3.2.4.5 Tensión de arranque ($T_{1 \text{ ARRANQUE}}$)

$$T_{faja} = T_e - T_m = 1687.57 \text{Lbf} - 203.27 \text{Lbf} = 1484.30 \text{ Lbf}$$

$$T_{faja} = 1484.302 \text{ Lbf}$$

T_m = fuerza necesaria para elevar el material $T_{1(\text{arranque})} = 2 T_{faja} + T_m + T_2$

$$T_{1(\text{arranque})} = 2 \times 1484.30 + 203.27 + 1181.30 \text{ Lbf} = 4353.17 \text{ Lbf}$$

$$T_{1(\text{arranque})} = 4353.17 \text{ Lbf}$$

RESUMEN DE TENSIONES

$$T_e = 1687.57 \text{ Lbf}$$

$$T_2 = 1181.3 \text{ Lbf}$$

$$T_1 = 2868.87 \text{ Lbf}$$

$$T_{1(\text{arranque})} = 4353.172 \text{ Lbf}$$

3.2.5 CALCULO DE POTENCIA DE MOTOR

a) Potencia requerida faja

$$P = \frac{T_e \times V}{33000}$$

$$P = \frac{1687.57 \text{ Lbf} \times 495 \text{ pies} / \text{min}}{33000} = 25.31 \text{ HP}$$

$$P = 26 \text{ HP}$$

b) Potencia necesaria para vencer la fricción producida en la polea de accionamiento

$$P = 200 \times V / 33000$$

$$P = 200 \times 495 / 33000 = 3 \text{ HP}$$

c) Potencia requerida

$$P_{(\text{requerida})} = 26 \text{ HP} + 3 \text{ HP} = 29 \text{ HP}$$

Asumiendo una eficiencia de transmisión

$$P_{(\text{requerida})} = 29 \text{ HP} / 0.9 = 32.2 \text{ HP}$$

$$P_{(\text{requerida})} = 33 \text{ HP}$$

Potencia mecánica real: factor de seguridad de 1.25 para 24 hr de duración

$$P_{\text{real}} = 1.25 \times 33 = 41.25 \text{ HP}$$

$$P_{\text{real}} = 45 \text{ HP}$$

3.2.6 SELECCIÓN DE FAJA Y DIAMETRO DE POLEAS

Tensión de la faja T_f

$$T_f = T_1 / \text{ancho de faja en pulga}$$

$$T_f = 2868.87 \text{ Lbf} / 30$$

$$T_f = 95.63 \text{ Lbf} / \text{pulg de ancho de la faja}$$

a) Grado de cubierta:

Anexo N°9 (Tabla N°7.1 CEMA)

Grado de cubierta: grado 2, para servicio general, materiales clasificados con acción cortante limitada, principalmente abrasión. Para operaciones de servicio pesado

b) Tipo de faja y número de pliegues:

Anexo N°9 (Tabla N°7.2 CEMA)

Por criterio se elige pliegue múltiple 35 empalme vulcanizado normal RM 35

$$\# \text{ Pliegues} = \frac{T_f}{35 \text{ lb} / \text{ pulg} \times \text{ pliegue}}$$

$$\# \text{ Pliegues} = P = \frac{95.624 \text{ Lb} / \text{ pulg de ancho de faja}}{35 / \text{ pulg} \times \text{ pliegue}} = 2.73 = 3 \text{ pliegues}$$

c) Máximo y mínimo número de pliegues

Se utiliza el ángulo de abarquillamiento mínimo 20°

Anexo N°10 (Tabla N°7.4 y N°7.9 CEMA)

Tabla N°7.4, CEMA

Tabla N°7.9, CEMA

Ancho de faja	# Máximo de pliegues	# Mínimo de pliegues
30	7	4

Entonces se elige el mínimo, que es 4, está bien

d) Diámetro de polea de accionamiento mínimo para faja de pliegue múltiple, ancho de polea, espesor cubierta superior e inferior

Anexo N°11 (Tabla N° 7.6, N°7.8, N°7.13 y N°7.14 CEMA)

Tabla N°7.6

Tabla N° 7.8

Tabla N° 7.13

Tabla 7.14

Ancho faja	# Pliegues	Diam. polea Mínimo(pul)	Ancho de polea (pul)	Espesor de Cubierta sup	Espesor de cubierta Inferior
30	4	20	32	1/8"	1/16"

$$\% \text{ Tensión} = T_f / \text{N}^\circ \text{ de pliegue} / \text{pliegue}$$

$$\% \text{ Tensión} = 95.624 / 35 / 4 = 0.683 = 68.3\%$$

3.2.7 Resumen de selección y diseño de faja de carga

Tabla N°3. Resumen de selección y diseño de faja de carga

	Descripción	Cantidad
1	Motor Asíncrono trifásico Pot 45 HP	1
2	Reductor de velocidad helicoidal de tornillo rango bajo, velocidad 500 RPM	1
3	Faja transportadora L= 100 m y 30" de ancho de faja Con cubierta de caucho, de 4 pliegues	1
4	Polines transportadores (conjunto) $\varnothing = 5''$, cantidad=31 unid. Angulo de abarquillamiento de 20°	1
5	Polines de retorno (conjunto) $\varnothing = 5''$, cantidad 14 unid.	1
6	Polines de reenvío (conjunto) cantidad 3 de contrapeso y 2 de faja tripper	1
7	Polea Motriz (conjunto) D = 20" y b = ancho 32"	1
8	Polea de retorno (conjunto) D = 20" y b = ancho 32"	1
9	Eje de polea (D = 2 ½ y L= 40"	1
10	Equipo protector(espesor de cubierta 1/8")	1

Fuente: Elaboración propia



3.3 DISEÑO DE SISTEMA TRIPPER

3.3.1 Selección del tren móvil

- Cinta transportadora: 30" de ancho
- Tensión de faja de la tripper: $T_1 = 2868.87$ Lbf

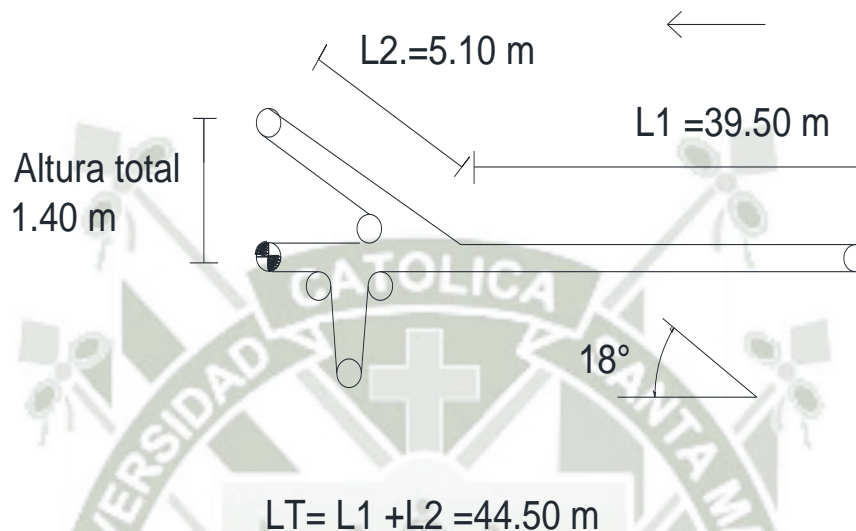


Figura N°20: Diagrama de faja tipo Tripper

Fuente: Elaboración propia

- Requerimiento del ángulo del chute de descarga:
 1. Para materiales muy libres que fluye como granos y frijoles, **30° a 35°**
 2. Para materiales libres de afluentes, limpios de grava y limpios de carbón dimensionado, **35° a 40°**
 3. Para materiales pues moderadamente libres que fluye con humedad, roca triturada, carbón y minerales, **40° a 50, con un ángulo de 40°**
 4. Para materiales lerdos similares para húmedo carbón o mojado y minerales que tienen mucha arcilla, **50° a 60°**

Según el material a transportar concentrado de cobre en estado seco y limpio se utiliza un ángulo de chute de descarga de 40 a 50°

Se procede a utilizar esta formula

$$\frac{2869 \text{ libras por tension de faja}}{30" \text{ ancho de faja}} = 95.65 \text{ libras por pulgada de ancho de faja}$$

De Anexo N°12 (Tabla 1 Diámetro mínimo de polea Link Belt), por ser un mineral a transportar utilizaremos faja de carcasa sintética y con la tensión de 95.65 por pulgada de ancho de faja se obtiene el diámetro mínimo recomendable de polea, siendo de 16” para esta tensión

De Anexo N°12 (Tabla N°2 Selección de serie de faja tripper Link Belt), entramos con ancho de la faja de 30” y tensión de faja 2869 libras por tensión de faja. Se observa que la máxima tensión es 5000 libras por tripper, que corresponde un diámetro de polea de 24”, con un ángulo de 40°

En esta tabla, tenemos 3 tipos de tripper en la serie 51

- El cinturón de faja propulsado 51B3024
- El cable propulsado 51C3024
- El motor propulsado 51M3024

Elegimos el motor propulsado **51M3024** por su mayor eficiencia de trabajo en grandes distancias, en Anexo N°13, (Tabla de faja tripper Link Belt) tenemos las dimensiones de diseño del sistema tripper.

En Anexo N°14 (Tabla de chute de faja tripper Link Belt), con el tipo de faja tripper 3024 y con el ángulo de descarga del chute 40 grados se tiene las dimensiones del diseño de la faja tripper y por las condiciones de trabajo elegimos tipo de **chute B**.

3.3.2 Peso del tren móvil

a) Peso total faja y material

- **Peso de faja 7 Lbf/pie**

Longitud total 10.22 m = 33.5 pies

$$W_b = 7 \text{ Lbf/pie}$$

$$33.5 \text{ pies} \times 7 \text{ Lbf/pie} = 234.5 \text{ Lbf}$$

- **Peso del material 44.44 Lbf/pie**

Longitud total 5.10 m = 16.75 pies

$$W_m = 44.45 \text{ Lbf/pie}$$

$$16.75 \text{ pies} \times 44.45 \text{ lb/pie} = 745.25 \text{ Lbf}$$

- **Peso de la faja y material**

$$\text{Peso de faja y material} = 979.75 \text{ Lbf}$$

Donde:

K_1 = Factor de Tamaño Anexo N°5 (tabla N°5.4 CEMA), densidad del material 85 Lb/pie³

$$K_1 = 1.0$$

K_2 = Factor de mantenimiento Anexo N°5, (Tabla N°5.5 CEMA) para una condición moderada y mantenimiento regular

$$K_2 = 1.1$$

K_3 = Factor de servicio, Anexo N°5, (Tabla N°5.6 CEMA), servicio de 24 hr

$$K_3 = 1.2$$

K_4 = Factor de corrección de velocidad, Anexo N°5, (Tabla N°5.7 CEMA)

$$K_4 = 0.95$$

Finalmente:

$$\text{Peso total} = (979.75 \text{ Lbf} \times 1.0 \times 1.1 \times 1.2 \times 0.95) = 1228.60 \text{ Lbf}$$

Peso producida por los raspadores, por los laterales (faldones), por deflector de carga, por la cubierta superior e inferior y estructura se da 300 libras más,

Peso total de faja y material 1528.60 Lbf

b) Peso de los polines

Anexo N°15 (Tabla N°5.13 CEMA), De los polines seleccionados C5III, para un ancho de faja de 30"

Se tiene 26.8 libras peso de cada rodillo para rodillos abarquillados

La longitud abarquillada con 20°, es de 5.10 metros =16.75 pies, sabemos que el espaciamiento entre polines de carga es de 4.5 pies, entonces para esa longitud se tiene 3.7 polines, redondeando tenemos 4 polines.

Peso de rodillos de carga $26.8 \times 4 = 134$ Lbf

c) Peso del motor y poleas

En el ítem 3.2.5 se seleccionó un motor de 45 HP

De acuerdo a tablas en Motores de inducción asíncronos trifásicos un motor de 50 HP tiene un peso aproximado de 425 Lbf

d) Peso de polea

Diámetro de polea 24", ancho de polea 32"

$$T_{p1} = 200 \text{ Lbf/polea} \times \text{N}^\circ \text{ de poleas} \quad (\text{N}^\circ \text{ poleas} = 0 \text{ polea de accionamiento})$$

$$T_{p1} = \text{no aplica}$$

$$T_{p2} = 100 \text{ Lbf/polea} \times \text{N}^\circ \text{ de poleas} \quad (\text{N}^\circ \text{ poleas} = 2), 2 \text{ poleas de volteo}$$

$$\text{Peso de poleas} = 200 \text{ Lbf}$$

Con Factor seguridad (1.5) considerando ejes, chumaceras, frenos y otros

$$\text{Peso de poleas} = 300 \text{ Lbf}$$

e) Peso de Chute

En Anexo N°14 (Tabla de chute de faja tripper LINK BELT), tenemos para la serie 3024, tipo de chute B

$$\text{Peso de chute} = 405 \text{ Lbf}$$

f) Peso de la estructura tripper

Se considera la estructura soporte de la faja y bastidor del carro (peso propio del carro), se da una aproximación de 1200 Lbf

$$\text{Peso por la estructura} = 1200 \text{ Lbf}$$

Finalmente el peso total del tren móvil es $3992.60 \text{ Lbf} = 1814.80 \text{ kg}$

Se da un factor de seguridad de 1.5, se tiene:

$$\text{Peso total tren móvil} = 5988.9 \text{ Lbf} = 2722.20 \text{ kgf}$$

3.3.3 Velocidad del carro móvil de la tripper

El tren móvil que movilizara la faja tripper tendrá el diseño como de un puente grúa en forma de birriel (con dos vigas donde se apoya el carro móvil tripper),

Entonces se empezara el cálculo conociendo el tipo de tren móvil y el tipo de funcionamiento y carga en base a estos datos se tomara la velocidad longitudinal que tendrá la faja tripper, respecto al camino longitudinal de rieles que tendrá. El tipo de carga del puente grúa se instalará en un taller mecánico de poca carga, con un tiempo de funcionamiento largo, teniendo la Tabla 1 y 2. Del manual de proyectista de estructuras metálicas (R. Nonnast), tenemos

Tabla N°4. Tipo de puente grúa

N°	Tipo de puente grúa	Grupo
1	Puente grúa con movimiento de traslación a mano	I
2	Puentes grúa con movimiento de traslación eléctrico Para patios de almacenamientos	I-II
3	Puentes grúa de poca carga para talleres y almacenes	II-III
4	Puentes grúa como los anteriores pero con carga Grande	II
5	Puentes grúa para locomotoras	II
6	Puentes grúa para astilleros	II-III
Puentes grúas especialmente para siderúrgicas		
7	Puentes grúa para talleres de fundición	II-III
8	Puentes grúa para talleres de laminación	II-IV
9	Puentes grúa para hornos de acero	III-IV
10	Puentes grúa para hornos de fosa	III-IV

Fuente: Whintig corporation

Tabla N°5. Cargas y tiempo de funcionamiento puente grua

Grupo	Tiempo de funcionamiento	Tipo de Carga	Choques
I	Poco	pequeña	Normal
II	Mucho poco poco	pequeña grande pequeña	normal fuertes fuertes
III	Mucho mucho poco	pequeña pequeña grande	normal fuertes fuerte
IV	Mucho	grande	fuertes

Fuente: Whintig corporation

Se elige de la tabla 1 el número 3 y de tabla 2 el grupo III.

Puesto que según las características de la faja tripper se adapta a estas condiciones del puente grúa. Se elige ahora la velocidad en función a la carga

**Tabla N°6. Velocidades de las grúas-puente aconsejadas
(Metros/minuto)**

Carga en Tn	VELOCIDADES DE ELEVACIÓN			VELOCIDADES DE TRASLACIÓN DEL CARRO			VELOCIDADES DE TRASLACIÓN DEL PUENTE		
	Lenta	media	rápida	lenta	media	rápida	lenta	media	rápida
2,70	7,60	15,25	24,40	30,50	45,75	61	45,75	91,50	122
4,50	7,60	12,20	18,30	30,50	45,75	61	45,75	91,50	122
6,80	9,14	16,77	27,47	30,50	45,75	61	45,75	91,50	122
9,00	9,14	16,77	27,45	30,50	45,75	61	45,75	91,50	122
12,00	4,57	8,22	13,70	30,50	45,75	61	45,75	91,50	122
18,00	4,57	8,54	10,96	30,50	45,75	61	45,75	91,50	122
22,50	3,05	5,48	7,30	30,50	45,75	61	45,75	91,50	122

Fuente: Whintig corporation

Escogemos para una grúa puente grupo III, sabiendo que las distancias de translación del carro son cortas, se tiene una velocidad de 30.5 m/min con una capacidad de carga del sistema tripper de 2.7 Tn.

3.3.4 Diseño y análisis del motor y ruedas del carro de la faja tripper

El análisis de cargas del tren móvil, consideramos como factor de seguridad de 3, para prevenir cualquier imprevisto. Entonces si tenemos que el peso de la faja tripper es de 2.7 Ton, multiplicado por su factor de seguridad nos da 8.1 Tn.

Esta carga será importante para el mecanismo de translación del carro o tren móvil.

Ruedas del Carro: Al actuar la carga aproximadamente centrada respecto a las ruedas del carro, se admitirán presiones iguales en las 4 ruedas, entoces por cada rueda se tiene una carga de $8.1\text{Ton}/4 = 2.025 \text{ Ton}$

Diámetro de la rueda (D); se calcula según la siguiente fórmula:

$$D = \frac{R}{(b - 2r) K}$$

Donde:

R = Presión de la rueda = $(8.1)/4 = 2.025 \text{ Tn}$

b = Ancho de cabeza del riel a usarse = 3.7 cm

r = Radio de la cabeza del riel = 0.4 cm

b, r; escogiendo el riel más liviano: KS22 DIN 536

k = 60 kg/min Coeficiente de carga de la rueda sobre el riel, para una plena carga ocasional de Utilización frecuente, con velocidad de marcha menor que 60 m/min.

Reemplazando:

$$D = 11.63 \text{ cm}$$

Se elige: D = 12 cm = 0.12m; ya que es la rueda más recomendable y de menores dimensiones recomendadas para puente tripper

Motor para la traslación del carro:

Resistencia a la marcha o rodadura: 28 kg/Ton, (dato estándar)

Fuerza de tracción (F_p) = $F \times P_{pp} = 8.1 \text{ Ton} \times 28 \text{ kg/Ton} = 226.80 \text{ kg}$

Velocidad de traslación:

Adaptaremos: V = 30.5 m/min y diámetro 0.12 m de la rueda

Rotación de la rueda:

$$n_r = V/(\pi D) = 97.08 \text{ RPM}$$

Relación de transmisión del mecanismo

$$\phi = n_r/n_1$$

Donde:

n_1 = rotación del motor, escogiendo un motor de:
900 rpm

Reemplazando:

$$\phi = 100/900 \approx 1:9$$

Potencia del motor (N)

$$\text{Pot} = \frac{PV}{4500) n_s}$$

Potencia del motor (Pot):

Donde:

$$P = Fp = 226.8 \text{ kg}$$

$$V = \text{Velocidad de traslación} = 30.5 \text{ m/min}$$

$$N_s = \text{Rendimiento del sistema} = 0.9$$

Reemplazando:

$$\text{Pot} = 1.7 = 2 \text{ HP}$$

3.3.5 Resumen de selección y diseño de sistema tripper

Tabla N°7. Resumen de selección y diseño de faja tripper

	Descripción	Cantidad
1	Motor de traslación del carro Asíncrono trifásico Pot 2 HP	1
2	Faja tripper serie 51 Motor propulsado 51B3024	1
3	Poleas de reenvío de faja tripper, D = 16" y b = ancho 32"	1
4	Chute de faja tripper 3024, con Angulo de descarga de 40°, tipo B	1
5	Ruedas del carro tripper Ø = 12 cm, ancho 3.7 cm	1
6	Riel de carro tripper KS22 DIN 536	1

Fuente: Elaboración propia

3.4. DISEÑO DE FAJA PLANA DE DESCARGA DE LA TOLVA 1, 2, 3, 4, 5, 6,7

3.4.1 DATOS PRELIMINARES DEL DISEÑO DE FAJA DESCARGA

- Capacidad de transporte, 600 Ton/hr
- Concentrado de cobre densidad 85 Lbf/pie³
- 03 turno de trabajo, 8 horas
- Longitud plana de 45.00 metros
- Altura total 1.40 metros
- Pendiente de faja continua: 3°
- Capacidad de Tolva N°1=100 Ton, Tolva N°2 =100 Ton
- Capacidad de Tolva N°3= 150 Ton, Tolva N°4 =150 Ton
- Capacidad de Tolva N°5= 250 Ton, Tolva N°6= 250 Ton, Tolva N°7= 250 Ton
- Condiciones de mantenimiento: moderado y regular
- Servicio de 24 horas al día
- Concentrado de cobre es abrasivo, su fluidez es promedia, forma granular y poco polvoriento
- Clima de trabajo es cálido y desértico, precipitaciones leves y escasas

3.4.1.1 Disposición del transportador

Para el diseño adecuado del transportador de descarga se tendrá los siguientes criterios:

- Transporte recto, propulsión delantera y tensor de contrapeso
- Distancia entre centros de poleas de 45.00 m =145.40 pies
- Capacidad de diseño 600 Ton/hr
- Peso promedio 85 Lbf/pie³
- Altura total de faja tripper es de 1.40 m=4.60 pies

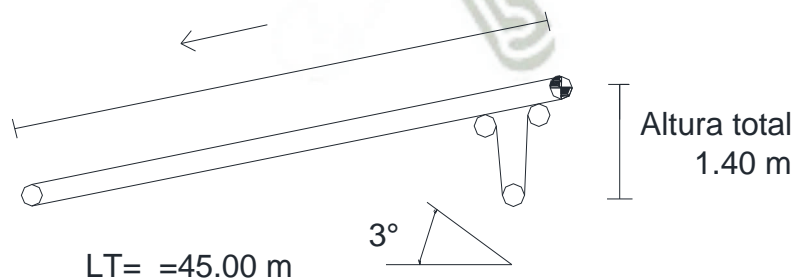


Figura N°21. Diagrama de descarga del transportador

Fuente: de elaboración propia

3.4.1.2 Selección del ángulo de sobrecarga y el ángulo de reposo

Ángulo de reposo recomendado ver Anexo N°1, (Tabla N°3.3 CEMA) según el material a transportar de un $\alpha = 31^\circ$. Por recomendación del libro CEMA, entonces el ángulo de sobrecarga es $\angle SC = \alpha - (5 \text{ y } 15)$

Chequeo de ángulo de sobrecarga

$$31^\circ - 5^\circ = 26^\circ$$

$$31^\circ - 10^\circ = 21^\circ$$

$$31^\circ - 15^\circ = 16^\circ$$

En Anexo N°2 (Tabla N°3.1 CEMA), para ángulo de reposo de 31° se recomienda un ángulo de sobrecarga de 20° , que se comprueba satisfactoriamente

Angulo de reposo $\alpha = 31^\circ$

Angulo de sobrecarga $\angle SC = 20^\circ$

3.4.1.3 Clasificación del material

De acuerdo al Anexo N°2 (Tabla N°3.2 CEMA), se tiene:

MATERIAL	DENSIDAD Lbf/pul	ANGULO REPOSO	INCLINACIÓN MAXIMA	CODIGO
Concentrado De Cobre	75-85 lbs/pie ³	31	17	D36

D: en trozos de $\frac{1}{2}$ "

3: Angulo de reposo entre $30-39^\circ$, fluidez promedio

7: abrasivo

3.4.1.4 Velocidad máxima recomendada y ancho de faja

D e Anexo N°3 (Tabla N°4.1 CEMA), para este tipo de material, concentrado de cobre, material abrasivo, en trozos algunos de mas de $\frac{1}{2}$ ", fluidez promedia

Para 350 ppm, se tiene 18 pulgadas

Para 500 ppm se tiene 24 a 36 pulgadas

Para 600 ppm se tiene 36 pulgadas a más

Se selecciona 30 pulgadas de ancho de faja para una velocidad promedio de 500 ppm, ya que si la velocidad es muy alta, se producirá un empolvamiento del material al realizar las diferentes descargas de la faja móvil volteadora, también al tener trozos el material y siendo la velocidad alta produce un desgaste indebido al chute de descarga de la faja tripper, como la capacidad de la faja 600 Ton/hr, es un flujo prudencial, se tiene un ancho promedio de 30 pulgadas, con una velocidad de 500 ppm.

3.4.1.5 Capacidad equivalente de la faja

- $600 \frac{\text{Ton.Largas}}{\text{hr}} \times \frac{2200 \text{ Lb}}{1 \text{Ton.Larga}} \times \frac{1 \text{Tn Corta}}{2000 \text{ Lbs}} = 660 \frac{\text{Ton Cortas}}{\text{hora}}$
- Capacidad de transporte 660 Ton Cortas/hora
- Densidad del material 85 Lbs/pie³
- $\text{Cap (pie}^3/\text{hr)} = 660 \frac{\text{Ton.Cortas}}{\text{hr}} \times \frac{2000 \text{Lb}}{\text{Ton.Cortos}} \times \frac{1}{85 \text{ Lbs / pie}^3}$
- $\text{Cap (pie}^3/\text{hr)} = 15529.40 \text{ pie}^3/\text{hr}$
- $\text{Capacidad (Equivalente)} = \text{Cap. transporte} \times \frac{100}{\text{Velocidad recomendada (ppm)}}$
- $\text{Capacidad (Equivalente)} = 15529.40 \times \frac{100}{500} = 3105.88 \text{ pie}^3 / \text{hr}$

Usando la capacidad equivalente encontrada, y haciendo referencia al Anexo N°3 (Tabla N°4.2 CEMA), se encuentra el ancho apropiado de la faja apropiado.

Que en nuestro caso en la tabla N°4.2, sabiendo que la faja es inclinada, para un ángulo de sobrecarga de 20° y un ángulo de abarquillada (ángulo de rodillos) de 20°, y buscando una capacidad parecida a nuestra capacidad equivalente de 3105.88 pie³/hr, se obtiene una capacidad de 3137 pie³/hr se tiene el ancho de faja de 30 pulgadas, que satisface el ítem anterior:

Ancho de Faja	Angulo de Reposo	Angulo de Sobrecarga	Capacidad equivalente (pie ³ /hr)	Capacidad (Tncortas/hr)	Faja Abarquillada standar
30''	31°	20°	3137	660 Ton/hr	20 °

- velocidad actual de la faja (ppm) = $Cap.transporte \times \frac{100}{Cap.equivalente}$
- Velocidad actual de faja (ppm) = $15529.40 \text{ pie}^3 / \text{hr} \times \frac{100}{3137 \text{ pie}^3 / \text{hr}} = 495 \text{ ppm}$

Para una velocidad 495ppm, la capacidad máxima

Ancho de Faja	Angulo de Reposo	Angulo de Sobrecarga	Capacidad transporte (pie ³ /hr)	Capacidad (Tncortas/hr)
30''	31°	20°	15529.40	660 Ton/hr

3.4.2 SELECCIÓN DE POLINES

3.4.2.1 Clasificación de los polines:

- De Anexo N°4 (Tabla N°5.1 CEMA), con densidad de 85 lbs/pie³, seleccionamos C5III , servicio medio, diámetro del rodillo 5'', C5 número de serie de matriz III

Carga liviana	30 a 74 Lbf/pie ³
Carga mediana	74 a 129 Lbf/pie ³
Carga pesada	130 Lbf/pie ³ a más

3.4.2.2 Espaciamento de Polines

- Según Anexo N°4 (Tabla N°5.2 CEMA), para una densidad 85 Lbs/pie³

Ancho de Faja	Espaciamento polines carga	Espaciamento polines retorno
30''	Si =4.5 pies	10 pies

3.4.2.3 Selección de Polines

- Carga actual (I.L.)

$$IL = (W_b + W_m) Si$$

- W_b = peso de la faja para una densidad de 85 lbs/pie³, ancho 30" Anexo N°4 (Tabla 6.1 CEMA)

$$W_b = 7 \text{ Lbf/pie}$$

- W_m = Peso del material:

Q = Capacidad de transporte 660 ton cortas/hora

$$W_m = \frac{33.33 \times Q}{Vel.Faja} = \frac{33.33 \times 660}{495} = 44.44 \text{ Lbf / pie}$$

- Si = espaciamiento entre polines de avance = 4.5 pies

Finalmente

$$IL = (7 + 44.44) \times 4.5 = 231.50 \text{ Lbf}$$

- Carga Ajustada (AL)

$$AL = IL \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4$$

Donde:

K_1 = Factor de Tamaño, Anexo N°5 (Tabla N°5.4 CEMA), densidad del material 85 Lbf/pie³

$$K_1 = 1.0$$

K_2 = Factor de mantenimiento, Anexo N°5 (Tabla N°5.5 CEMA), para una condición moderada y mantenimiento regular

$$K_2 = 1.1$$

K_3 = Factor de servicio, Anexo N°5 (Tabla N°5.6 CEMA), servicio de 24 hr

$$K_3 = 1.2$$

K_4 = Factor de corrección de velocidad, Anexo N°5, (Tabla N°5.7 CEMA), se entra a tabla con el diámetro del rodillo de 5 pulg. Y con la velocidad de faja de 495ppm

$$K_4 = 0.95$$

Luego

$$AL = (231.48 \text{ Lbf} \times 1.0 \times 1.1 \times 1.2 \times 0.95) = 260.27 \text{ Lbf}$$

$$AL = 260.27 \text{ Lbf}$$

La capacidad de carga es como sigue según Anexo N°5 (Tabla N°5.8 CEMA), Para CEMA C

Se toma el ángulo de abarquillamiento mínimo 20° y ancho de faja de 30 pulg.

Ancho de faja	Inclinación polines	Polines de carga	Polines de retorno
30”	20°	900 Lbf	250 Lbf

Si cumple

3.4.3 CALCULO DE LA TENSION EFECTIVA (Te)

$$Te = L * K_t * [K_x + \frac{K_y * W_b + 0.015 * W_m}{L}] + W_m * (L * K_y + H) + T_{am} + T_{ac} + T_p$$

$$Te = T_x + T_yb + T_{ym} + T_m + T_b + T_{an} + T_{ac} + T_p$$

3.4.3.1 Factor de corrección de temperatura: K_t

De Anexo N°6 (Figura 6.1 Cema), temperatura ambiente 20°C = 62°F

$$K_t = 1$$

3.4.3.2 Factor de fricción de la polea K_x

$$K_x = 0.00068 (W_b + W_m) + A_i / S_i$$

Donde:

$$W_b = 7 \text{ Lbf/pie}$$

$$W_m = 44.44 \text{ Lbf/pie}$$

A_i = Fuerza requerida para superar la fuerza de fricción y la rotación de rodillos

Anexo N°6 (Figura N°6.2, pag.74 CEMA), para rodillos de 5 “ de diámetro CEMA C5, corresponde A_i = 1.8

S_i = 4.5 pies, espaciamento de polines de carga

Reemplazando:

$$K_x = 0.00068 (17 + 44.44) + 1.8/4.5 = 0.4349$$

3.4.3.3 Factor de flexión de faja: K_y

- Faja inclinada: para un ángulo de inclinación de tripper 3°, Anexo N°7, (Tabla N°6.2 CEMA)

$$W_b + W_m \geq 50 \quad S_i = 4.5$$

$$W_b + W_m = 53.70 \text{ Lb/pie}$$

$$\text{Entonces: } K_{y2} = 0.033(\text{Si}=4) \quad L_2=44.151\text{m}=144.757 \text{ pies}$$

De Anexo N°7, (Tabla N°6.3 CEMA), se tiene K_{y2} , corregido 0.0335

$W_b + W_m$	Si	K_{y2}	K_{y2} , corregido
51.44 Lbf	4.5	0.033	0.0335

La fórmula de T_e será:

$$T_e = L_T * K_t (K_x + 0.015 * W_b) + L_1 * K_t * K_{y1} * W_b + L_2 * K_t * K_{y2} * W_b + W_m (L_1 * K_{y1} + L_2 * K_{y2}) + (W_m * H) + T_{am} + T_{ac} + T_p$$

Donde:

$$L_1=0, L_2=144.76 \text{ pies y } L_{\text{total}}= 144.75 \text{ pies}$$

$$L_1 + L_2= 144.76 \text{ pies}$$

$$H = \text{altura total de la faja } 2.30\text{m} = 7.58 \text{ pies}$$

Desdoblando la fórmula T_e , se tiene

$$T_e = T_x + T_{yb} + T_{ym} + T_m + T_{an} + T_{ac} + T_p$$

- $T_x = L_t * K_x * K_t$
- $T_{yb} = T_{yc} + T_{yr} = (L_1 * K_{y1} * W_b * K_t + L_2 * K_{y2} * W_b * K_t) + (L_t * 0.015 * W_b * K_t)$
- $T_{ym} = L_1 * K_{y1} * W_m + L_2 * K_{y2} * W_m$
- $T_m = H * W_m$

3.4.3.4 Resistencia friccional de la polea de carga y retorno

$$T_x = L_t * K_x * K_t$$

$$T_x = 144.75 \text{ pie} * 0.43 \text{ Lbf/pie} * 1 = 63.00 \text{ Lbf}$$

3.4.3.5 Resistencia de la faja a la flexión cuando se mueve sobre los rodillos

- Rodillos de avance

$$T_{yc} = L_1 * K_{y1} * W_b * K_{t1} + L_2 * K_{y2} * W_b * K_t$$

$$T_{yc} = 0 * 0.035 * 7 \text{ Lbf/pie} * 1 + 144.75 \text{ pie} * 0.0335 * 7 \text{ Lbf/pie} * 1$$

$$T_{yc} = 0 + 33.94 \text{ Lbf}$$

$$T_{yc} = 33.94 \text{ Lbf}$$

- Rodillos de retorno:

$$T_{yr} = L_t * 0.015 * W_b * K_t$$

$$T_{yr} = 144.75 \text{ pie} * 0.015 * 7 \text{ Lbf/pie} * 1$$

$$T_{yr} = 15.199 \text{ Lbf}$$

- Rodillos de avance y retorno:

$$T_{yb} = T_{yc} + T_{yr} = 33.94 \text{ Lbf} + 15.199 \text{ Lbf}$$

$$T_{yb} = 49.145 \text{ Lbf}$$

3.4.3.6 Resistencia del material a la flexión, cuando la faja corre sobre los rodillos de avance

$$T_{ym} = L_1 * K_{y1} * W_m + L_2 * K_{y2} * W_m$$

$$T_{ym} = 0 + 144.757 \text{ pie} * 0.0335 * 44.44 \text{ Lbf/pie}$$

$$T_{ym} = 0 + 215.505 \text{ Lbf} = 215.505 \text{ Lbf}$$

$T_{ym} = 215.505 \text{ Lbf}$

3.4.3.7 Fuerza necesaria para elevar el material

$$T_m = H * W_m$$

$$T_m = 7.577 \text{ pie} * 44.44 \text{ Lbf/pie} = 336.72 \text{ Lbf}$$

3.4.3.8 Fuerza necesaria para carga de la faja (F_b)

$$T_b = H * W_b$$

$$T_b = 7.57 \text{ pie} * 7 \text{ Lbf/pie} = 53.00 \text{ Lbf}$$

3.4.3.9 Fuerza de aceleración del material: T_{am}

Anexo N°7 (Figura N°6.3 CEMA), para una velocidad 100ppm, se tiene 128 Lbf

$$T_{am}(1000 \text{ Tn/hr}) \text{-----} 128 \text{ Lbf}$$

$$660 \text{ ton cortas/hora} \text{-----} X$$

$$T_{am} = 84.48 \text{ Lbf}$$

3.4.3.10 Resistencia generada por los accesorios del transportador (T_{ac})

a) Resistencia producida por los raspadores: T_{bc}

Raspador en la polea de cola : T_{bc}

Anexo N°7 (Tabla N°6.6 CEMA), Se considera 5 Lbf/pulg de ancho de faja, ancho de faja 30 “

$$T_{bc} = 30 \text{ pulg} * 5 \text{ Lbf/pulg} = 150 \text{ Lbf}$$

b) Resistencia producida por los laterales: T_{sb} (faldones)

- factor de fricción por los laterales: $\frac{2dm}{288} \times \frac{1 - \text{sen}\alpha}{1 + \text{sen}\alpha}$

$$C_s = \frac{2 \times 85}{288} \times \frac{1 - \text{sen}\alpha}{1 + \text{sen}\alpha} = 0.1819$$

dm =densidad media

α = angulo de reposo, 31°

- L_b = longitud de faldones

2 pies-----100 ppm (recomendable)

L_b ----- 495ppm

$$L_b = 9.9 \text{ pie}$$

- hs = profundidad del material en contacto 10% de ancho de fajas =5.4”

- $T_{sb} = L_b (C_s h_s + 6) = 9.9 * (0.1819 * 3 + 6) = 64.8 \text{ Lbf}$

c) Resistencia producida por deflector de carga: T_{pl}

$$T_{pl} = 0$$

d) Suma de resistencia

$$T_{ac} = T_{bc} + T_{sb} + T_{pl}$$

$$T_{ac} = 150 \text{ Lbf} + 64.1223 \text{ Lbf} + 0 = 214.1223 \text{ Lbf}$$

$$T_{ac} = 214.12 \text{ Lbf}$$

3.4.3.11 Resistencia Debido a la flexión de faja alrededor de la polea (T_p)

Anexo N°7, (Tabla N°6.5 CEMA), se puede seleccionar según el tipo de polea

Lugar de Polea	Tipo de polea	Ang. Arrollamiento	Tensión (Lbf/pulg)
Ajustadas	Accionamiento	150 – 240	200
Flojos	De cabeza y cola	150 - 240	150
Otras	De volteo	150 – 240	100

$$T_{p1} = 200 \text{ Lbf/polea} \times \text{N}^\circ \text{ de poleas} \quad (\text{N}^\circ \text{ poleas} = 1 \text{ polea de accionamiento})$$

$$T_{p1} = 200 \text{ Lbf}$$

$$T_{p2} = 150 \text{ Lbf/polea} \times \text{N}^\circ \text{ de poleas} \quad (\text{N}^\circ \text{ poleas} = 1 \text{ polea de cola})$$

$$T_{p2} = 150 \text{ Lbf}$$

$$T_{p3} = 100 \text{ Lbf/polea} \times \text{N}^\circ \text{ de poleas} \quad (\text{N}^\circ \text{ poleas} = 3, \text{ poleas de contrapeso})$$

$$T_{p3} = 300 \text{ Lbf}$$

$$T_p = T_{p1} + T_{p2} + T_{p3} =$$

$$T_p = 200\text{Lbf} + 150\text{Lbf} + 300\text{Lbf}$$

$$T_p = 650.00 \text{ Lbf}$$

3.4.3.12 Aplicando la fórmula de tensión efectiva

- Resistencia friccional de la polea de carga de retorno $T_x = 62.955 \text{ Lbf}$
- Resistencia de la faja a la flexión cuando se mueve sobre los rodillos $T_{yb} = 49.145 \text{ Lbf}$
- R.del material a la flexión cuando la faja corre sobre los rodillos de avance $T_{ym} = 215.505 \text{ Lbf}$
- Fuerza necesaria para elevar el material $T_m = 336.722 \text{ Lbf}$
- Fuerza de aceleración del material $T_{am} = 84.48 \text{ Lbf}$
- Resistencia generada por los accesorios del transportador $T_{ac} = 214.12 \text{ Lbf}$
- Resistencia Debido a la flexión de faja alrededor de la polea $T_p = 650 \text{ Lbf}$

$$T_e = L_T * K_t (K_x + 0.015 * W_b) + L_1 * K_t * K_{y1} * W_b + L_2 * K_t * K_{y2} * W_b + W_m (L_1 * K_{y1} + L_2 * K_{y2}) + (W_m * H) + T_{am} + T_{ac} + T_p$$

$$T_e = T_x + T_{yb} + T_{ym} + T_m + T_{am} + T_{ac} + T_p$$

$$T_e = 62.955 \text{ Lbf} + 49.145 \text{ Lbf} + 215.505 \text{ Lbf} + 336.722 \text{ Lbf} + 84.48 \text{ lb} + 214.12 \text{ Lbf} + 650$$

$$T_e = 1612.93 \text{ Lbf}$$

3.4.4 DETERMINACION DE TENSIONES Y DEL TIPO DE POLEA

3.4.4.1 Determinación del tipo de polea

- Coeficiente de envoltura (C_w)

Anexo N°8 (Tabla N°6.8 CEMA), escogemos simple con polea de reenvió y ángulo de arrollamiento de $\Theta = 210^\circ$

Escogemos el angulo del medio, porque a mayor ángulo de contacto entre polea y faja, mejor adherencia, pero disminuye la potencia, el tensor es manual

Para polea cubierta $C_w = 0.7$ tensor manual

- Hundimiento de la faja

Anexo N°8 (Tabla N°6.10 CEMA) . Para un ángulo de abarquillamiento de 20° , (inclinación de rodillos), se elige este porque es el ángulo mínimo

Hundimiento 3%

3.4.4.2 Tensión en el punto de mínima tensión (T_o)

Para 3% de hundimiento

$$T_o = 4.2 \times S_i (W_b + W_m) =$$

$$T_o = 4.2 \times 4.5 (17 + 44.44) = 972.21 \text{ Lbf}$$

3.4.4.3 Tensión en el lado flojo T_2

Tomar el mayor $T_2 = C_w \times T_e$

$$T_2 = 0.7 \times 1612.93 \text{ Lbf}$$

$$T_2 = T_o + T_b + T_{yr}$$

$$T_2 = 972.21 + 53.039 + 15.199$$

$$T_2 = 1129.05 \text{ Lbf}$$

$$T_2 = 1040.454 \text{ Lbf}$$

Luego

$$T_2 = 1129.05 \text{ Lbf}$$

3.4.4.4 Tensión en el lado apretado T_1

$$T_1 = T_e + T_2$$

$$T_1 = 1612.93 \text{ Lbf} + 1129.05 \text{ Lbf} = 2741.98 \text{ Lbf}$$

$$T_1 = 2741.98 \text{ Lbf}$$

3.4.4.5 Tension de arranque (T_1 ARRANQUE)

$$T_{faja} = T_e - T_m = 1612.93 - 336.722 \text{ Lbf} = 1276.208 \text{ lb}$$

$$T_{faja} = 1276.208 \text{ Lbf}$$

T_m = fuerza necesaria para elevar el material

$$T_{1(\text{arranque})} = 2 T_{faja} + T_m + T_2$$

$$T_{1(\text{arranque})} = 2 \times 1276.208 \text{ Lbf} + 336.722 \text{ Lbf} + 1129.05 \text{ Lbf} = 4018.188 \text{ Lbf}$$

$$T_{1(\text{arranque})} = 4018.188 \text{ Lbf}$$

RESUMEN DE TENSIONES

$$T_e = 1612.93 \text{ Lbf}$$

$$T_2 = 1129.05 \text{ Lbf}$$

$$T_1 = 2741.98 \text{ Lbf}$$

$$T_{1(\text{arranque})} = 4018.188 \text{ Lbf}$$

3.4.5 CALCULO DE POTENCIA DE MOTOR

a) Potencia requerida faja

$$P = \frac{T_e \times V}{33000}$$

$$P = \frac{1612.93 \text{ Lbf} \times 495 \text{ pie} / \text{min}}{33000} = 24.19 \text{ HP}$$

$$P = 25 \text{ HP}$$

b) Potencia necesaria para vencer la fricción producida en la polea de accionamiento

$$P = 200 \times V / 33000$$

$$P = 200 \times 495 \text{ pie} / \text{min} / 33000 = 3 \text{ HP}$$

c) Potencia requerida

$$P_{\text{(requerida)}} = 25 \text{ HP} + 3 \text{ HP} = 28 \text{ HP}$$

Asumiendo una eficiencia de transmisión

$$P_{\text{(requerida)}} = 28 / 0.9 = 31.1 \text{ HP}$$

$$P_{\text{(requerida)}} = 32 \text{ HP}$$

Potencia mecánica real: factor de seguridad de 1.25 para 24 hr de duración

$$P_{\text{real}} = 1.25 \times 32 = 40 \text{ HP}$$

$$P_{\text{real}} = 40 \text{ HP}$$

3.4.6 SELECCIÓN DE FAJA Y DIAMETRO DE POLEAS

Tensión de la faja T_f

$$T_f = T_1 / \text{ancho de faja en pulga}$$

$$T_f = 2741.98 \text{ Lbf} / 30$$

$$T_f = 91.39 \text{ Lbf} / \text{pulg de ancho de la faja}$$

a) Grado de cubierta:

Anexo N°9 (Tabla N°7.1 CEMA)

Grado de cubierta: grado 2, para servicio general, materiales clasificados con acción cortante limitada, principalmente abrasión. Para operaciones de servicio pesado

b) Tipo de faja y número de pliegues:

Anexo N°9 (Tabla N°7.2 CEMA)

Por criterio se elige pliegue múltiple 35 empalme vulcanizado normal RM 35

$$\# \text{ Pliegues} = \frac{T_f}{35 \text{ lb / pulg} \times \text{pliegue}}$$

$$\# \text{ Pliegues} = P = \frac{91.39 \text{ lb / pulg de ancho de faja}}{35 / \text{ pulg} \times \text{pliegue}} = 2.6 = 3 \text{ pliegues}$$

c) Máximo y mínimo número de pliegues

Se utiliza el ángulo de abarquillamiento mínimo 20°

Anexo N°10 (Tabla N°7.4 y N°7.9 CEMA)

Tabla N°7.4, CEMA

Tabla N°7.9 CEMA

Ancho de faja	# Máximo de pliegues	# Mínimo de pliegues
30	8	4

Entonces se elige el mínimo, que es 4, está bien

d) Diámetro de polea de accionamiento mínimo para faja de pliegue múltiple, ancho de polea, espesor cubierta superior e inferior

Anexo N°11 (Tabla N°7.6, N°7.8, N°7.13 y N°7.14 CEMA)

Tabla N°7.6

Tabla N°7.8

Tabla N°7.13

Tabla N°7.14

Ancho faja	# Pliegues	Diam. polea Mínimo(pul)	Ancho de polea (pul)	Espesor de Cubierta sup	Espesor de cubierta Inferior
30	4	20	32	1/8"	1/16"

%Tensión = T_f / N° de pliegue/pliegue

%Tensión = $89.75 / 35 / 4 = 0.64 = 64\%$

3.4.7 RESUMEN DE SELECCIÓN DE FAJAS ESTACIONARIAS

Tabla N°8. Resumen de selección y diseño de faja de descarga

	Descripción	Cantidad
1	Motor Asincrono trifasico Pot 40 HP	1
2	Reductor de velocidad helicoidal de tornillo rango bajo, velocidad de 500 PPM	1
3	Faja transportadora L= 90 m y 30" de ancho de faja Con cubierta de caucho, de 4 pliegues	1
4	Polines transportadores (conjunto) $\varnothing = 5''$, cantidad=28 unid. Angulo de abarquillamiento de 20°	1
5	Polines de retorno (conjunto) $\varnothing = 5''$, cantidad 14 unid.	1
6	Polines de reenvio (conjunto) cantidad 3 de contrapeso	1
7	Polea Motriz (conjunto) D = 20" y b = ancho 32"	1
8	Polea de retorno (conjunto) D = 20" y b = ancho 32"	1
9	Eje de polea (D = 2 1/2 y L= 40"	1
10	Equipo protector(espesor de cubierta 1/8")	1

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO IV CONTROL Y AUTOMATIZACION

4.1 SISTEMA DE CONTROL

En todo proceso es necesario contar con tecnologías y con ello contar con un sistema de control automático para lograr de esta manera un mejor funcionamiento en los procesos, reduciendo costos y aumentando la productividad.

En un sistema de control se tiene lo siguiente:

- Variables de entrada: indican que es lo que debe hacer el sistema
- Variables de salida: son el efecto producido por el sistema
- Perturbaciones: son variables ajenas al sistema pero que pueden influir en su funcionamiento y no podemos controlar
- Variables de control: son variables internas del sistema que se emplean para su funcionamiento.

El elemento que lleva a cabo todo el sistema de control es el controlador.

4.2 CONTROLADOR

El controlador es el elemento donde se encuentra programada la lógica de control que gobierna el accionamiento de los actuadores para un determinado funcionamiento requerido. Las plataformas de control industrial son las siguientes: Controlador lógico programable (PLC), Controlador de automatización programable (PAC) y Controladores basados en PC (PCbA).

Un PLC (Controlador Lógico Programable) o Automata Programable es toda máquina electrónica, diseñada para controlar en tiempo real y en medio industrial todo tipo de procesos secuenciales. Su manejo y programación puede ser realizada por personal eléctrico o electrónico sin conocimientos informáticos. Realiza funciones lógicas: series, paralelos, temporizaciones, contajes y otras más potentes como cálculos, regulaciones entre otras.

Un PAC (Programmable Automation Controller) es una tecnología industrial orientada al control automatizado avanzado, al diseño de equipos para laboratorios y a la

medición de magnitudes análogas. El PAC se refiere al conjunto formado por un controlador, módulos de entradas y salidas, y uno o múltiples buses de datos que lo interconectan todo. Este controlador combina eficientemente la fiabilidad de control de un autómatas o PLC junto a la flexibilidad de monitorización, cálculo y desempeño de un computador industrial.

Los controladores basados en PC emplean un controlador de software instalado en un equipo industrial permitiendo a los usuarios integrar la programación de alto nivel del equipo o la funcionalidad de otro PC con el control de la automatización del sistema.

En la figura se muestra la comparación de estas plataformas de control industrial mencionadas realizadas por National Instruments, (ver Figura N°22).

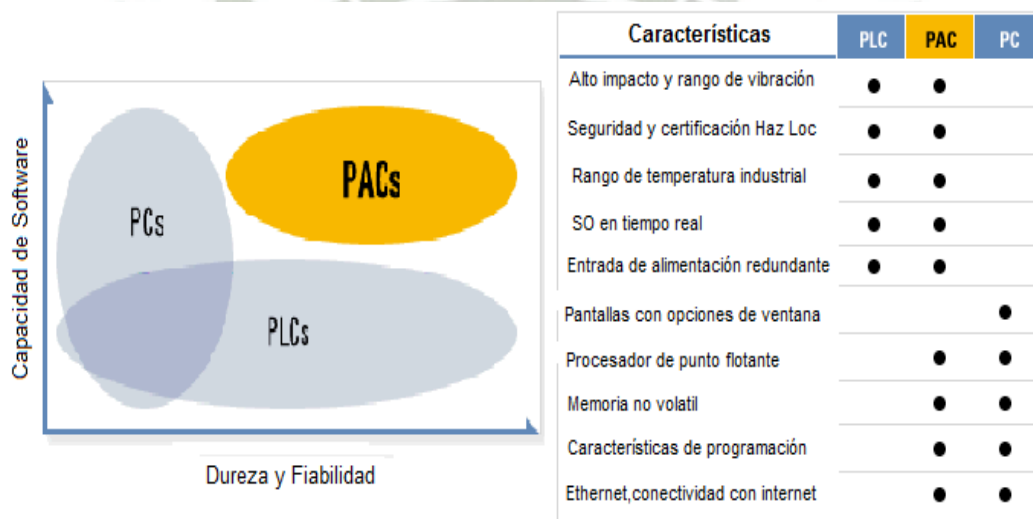


Figura N°22. Comparación entre un PLC, un PCbA y PAC

Fuente: Tutorial, National Instruments, 2007

4.3. PLAN DE AUTOMATIZACION

La propuesta tiene como alcance programar un sistema de automatización para el Transporte de concentrado de cobre mediante una faja tripper, de tal manera que el funcionamiento y control del sistema sea automatizado.

4.3.1. PLAN DE AUTOMATIZACION PARA LAS OPERACIONES

El proceso a automatizar cuenta con diversas operaciones que fueron analizadas y se llegó a obtener el proceso más conveniente en un diagrama ladder, y serán realizadas por elementos tecnológicos, simuladas en un scada interactivo.

Entonces el plan de automatización para dichas operaciones son las siguientes:

- Control de motores: Para el control de los motores (arranque y parada) será controlado por el PLC que seguirá la lógica de control programada determinando el momento exacto para su accionamiento.
- Estado de las Tolvas de Almacenaje: Para poder saber el estado (lleno o vacío), es decir, control de nivel de las tolvas de almacenaje se propone emplear sensores de ultrasonido, que serán simuladas por contadores en el diagrama ladder cuyas mediciones en los umbrales máximo y mínimo serán comparados con niveles alto y bajo.
- Estado de carga de las Tolvas de Almacenaje: para poder activar la carga en una tolva seleccionada se necesita que la electroválvula de descarga de la tolva a descargar esté cerrada y se accione la faja de alimentación para que pueda ingresar el material a la faja tripper. La faja tripper debe encontrarse posicionada en la tolva correspondiente y esta encontrarse vacía.
- Estado de descarga de las Tolvas de Almacenaje: Para poder activar el vaciado se propone emplear electroválvulas que serían accionadas por el PLC, que serán simuladas por bobinas en el diagrama ladder, dicho vaciado será a descarga total.

4.3.2. FUNCIONAMIENTO AUTOMATICO DE LAS OPERACIONES

El diseño del sistema propuesto plantea el funcionamiento automático del almacenamiento y descarga del concentrado de cobre, hasta tener almacenado en forma apropiada todas las tolvas de almacenaje.

Para cumplir con tal objetivo se empleará un controlador PLC que trabajará con los sensores y actuadores simulados en el programa ladder, como se describe a continuación:

Una vez que el operador seleccione la descarga de alguna tolva de almacenaje automáticamente la electroválvula se abrirá y empezará la descarga por completo.

Inmediatamente ordenada la descarga de la tolva de almacenaje seleccionada, la faja secundaria se acciona por orden del PLC quien activa al motor su arranque.

Una vez descargada la tolva de almacenaje el PLC nuevamente ordena que esta vez la faja secundaria se detenga, esto gracias al sensado de ultrasonido en la tolva de almacenaje quien es el encargado de indicar al PLC que la orden se cumplió por lo tanto que se detenga la faja.

Una vez que se culminó la descarga, la electroválvula se cierra y el carro tripper regresa a su posición de inicio para iniciar nuevamente el llenado de la tolva descargada de forma automática, hasta sensar todas las tolvas de almacenaje y determinar que estas se encuentran llenas completamente.

Para el llenado de la tolva que se acaba de descargar, el PLC ordena el arranque del motor del carro tripper hasta posicionarse en la primera tolva que encuentre descargada, se posiciona de forma exacta gracias a un sensor de proximidad, una vez que este se haya detenido automáticamente el PLC ordena el arranque de la faja principal para el inicio del llenado de la tolva a su máxima capacidad.

Una vez completado el llenado de la tolva quien es sensado por el sensor de ultrasonido, el PLC ordena detener a la faja principal, es decir, desactivará la marcha del motor y automáticamente el carro tripper regresa a su posición de inicio para volver a posicionarse en la siguiente tolva a llenar.

Este ciclo se repite hasta que todas las tolvas de almacenaje se encuentren llenas totalmente.

El carro tripper se detiene en su posición de inicio y posición final gracias a los sensores de posición de carrera.

Antes de que la faja principal o secundaria se detengan por completo, el PLC ordena que esta siga funcionando por un corto tiempo adicional, para conseguir que la faja se descargue totalmente.

Solo se podrá descargar una tolva a la vez, para evitar la acumulación de concentrado de cobre en la faja secundaria, evitando derrame de material.

4.3.3. ENTRADAS Y SALIDAS A CONSIDERAR EN EL SISTEMA DE AUTOMATIZACION

Tabla N°9 Entradas y salidas a considerar en el sistema de automatización

ACTIVIDAD	TECNOLOGIA PROPUESTA	CONTROL	MONITOREO
Control de nivel de las tolvas de almacenaje	Sensor de Ultrasonido	PLC	Scada
Accionamiento de compuertas de descarga	Electroválvula	PLC	
Control de los motores de las fajas (principal y secundaria) y Faja Tripper	Motor	PLC	
Posicionamiento de la faja tripper	Sensor de proximidad (inductivo) y Sensores de final de carrera	PLC	

Fuente: Elaboración propia

4.3.4. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA

Al tener seleccionadas las tecnologías de control que se desarrollaran para el sistema de control (ver Tabla N° 9), se presenta el diagrama de bloques de los subsistemas involucrados (Ver Figura N° 23) los cuales consideran parte de hardware y software que serán desarrollados en las siguientes páginas.

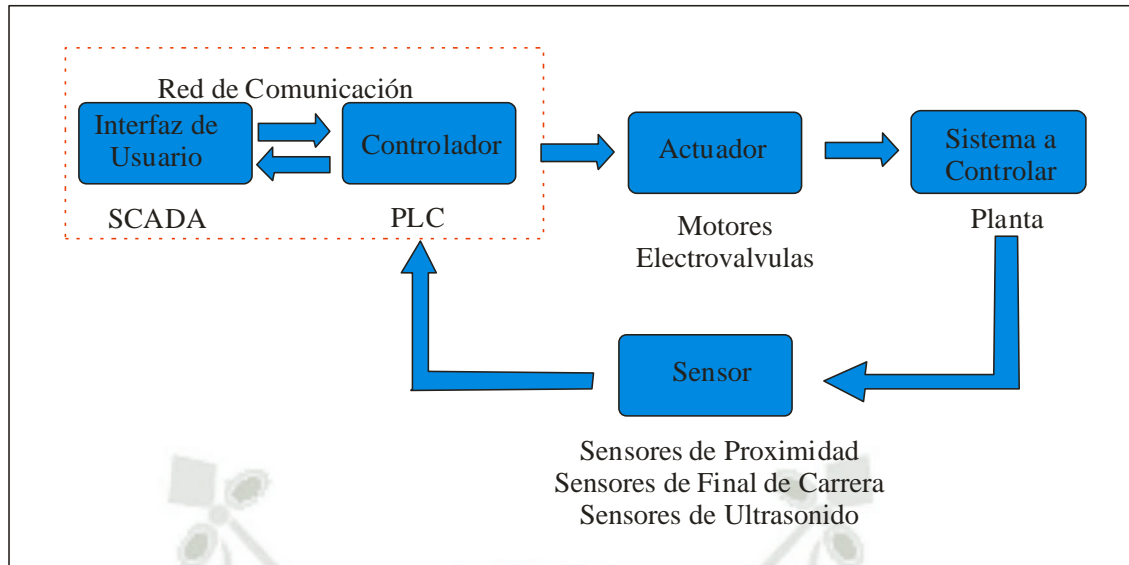


Figura N°23. Diagrama de Bloques del Sistema de Automatización de Operaciones

Fuente: Elaboración propia

4.4. DISPOSITIVOS DE ENTRADA

4.4.1 SENSORES

Las entradas del sistema están compuestas por sensores, es así que para el presente diseño utilizara tres tipos de estos dispositivos: Sensores ultrasónicos, Sensores de proximidad y Sensores de Final de carrera; en donde los sensores de ultrasonido indicaran el nivel de concentrado de cobre en las tolvas de almacenaje en un rango de 0 a 100% al PLC quien procesara la información. Para los sensores de proximidad enviaran una señal de detección o no detección (1 o 0) del móvil Tripper para su posicionamiento para la descarga y de la misma manera los sensores de final de carrera, los cuales serán simulados mediante rutinas ladder.

4.4.2 SCADA

Con el sistema scada se interactúa con el sistema mediante botoneras Start, Stop, Parada de Emergencia y Descarga automática de todos los silos.

4.5 DISPOSITIVOS DE SALIDA

4.5.1 MOTORES

Los motores serán los encargados de activar o desactivar el funcionamiento de las fajas de carga y descarga. La acción de los motores dependerá de la señal enviada por el controlador. Su simulación será accionada por bobinas en el diagrama ladder.

4.5.2 ELECTROVALVULAS DE DESCARGA

Las electroválvulas de descarga serán las encargadas de habilitar la descarga del material contenido en las tolvas de almacenaje. La acción de las electroválvulas dependerá de la señal enviada por el controlador. Su simulación será accionada por bobinas en el diagrama ladder.

4.6 CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE

Los productos SLC 500 de la marca Allen Bradley constituyen la familia modular de controladores lógicos programables (PLC) basados en un chasis en donde se van integrando los distintos elementos modulares como son: procesador, E/S digitales, E/S analógicas y dispositivos periféricos. Asimismo dispone de módulos de comunicación para distintas configuraciones en las diversas redes industriales tales como: Ethernet, ControlNet, DeviceNet, DH-485, RIO, etc. El software para programar y configurar los productos SLC 500 es el software de programación de lenguaje Ladder RSLogix 500. Los componentes básicos de un PLC Allen Bradley SLC 500 son: un modulo procesador (CPU), un modulo I/O, una fuente de poder y un chasis o rack como se puede apreciar en la Figura N°24.

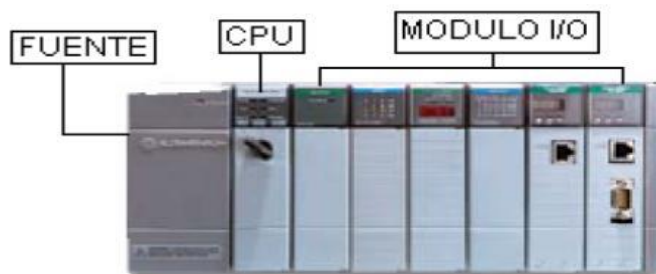


Figura N°24. Componentes básicos de un PLC Allen Bradley SLC 500

Fuente: Texto Automatización con PLC, TECSUP

4.6.1 SELECCIÓN DEL PROCESADOR

Para la selección del procesador del PLC SLC 500 se tiene que tener en cuenta la complejidad de lo que se va a controlar, los requerimientos de la programación, el número de I/O que se va a manejar y el tipo de comunicación que se va a emplear.

Tomando en cuenta las características mencionadas se selecciona el procesador SLC 5/04 pues este tipo de procesador se caracteriza principalmente por ofrecer soluciones positivas a las aplicaciones de proceso continuo como el que se realiza en el proceso de operaciones. Asimismo posee opciones adicionales de comunicación y tiene un rendimiento efectivo y rápido.

Las especificaciones generales del procesador 1747-L542B (SLC 5/04 – 32K) se presenta en el Anexo N°16, (ver Figura N°25)..

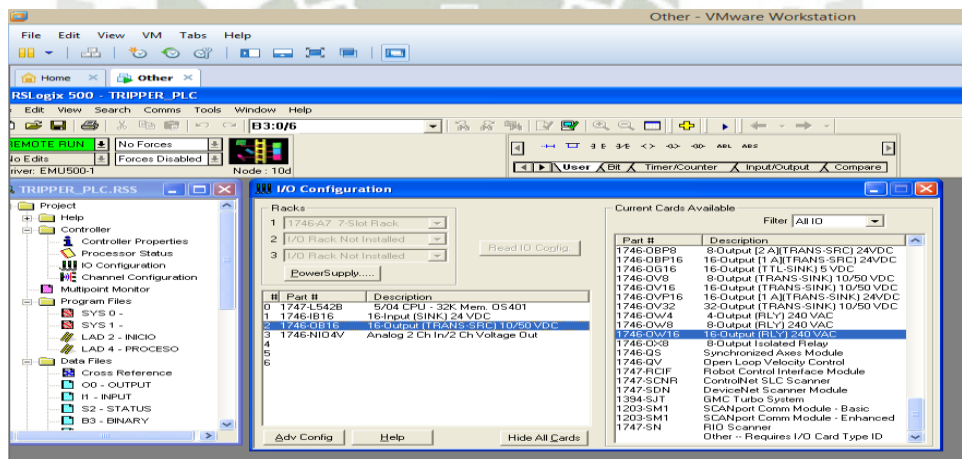


Figura N°25. Selección del procesador de modulo

Fuente: Elaboración propia, Software RSLogix 500

4.6.2 SELECCIÓN DE MODULOS DE ENTRADA

Los módulos de entrada son los medios por los cuales el PLC va a leer el estado de los sensores de ultrasonido, sensores de proximidad y sensores de final de carrera que se encontraran en el sistema. El número de entradas se determina en función al número de sensores utilizados en la Operación. En la tabla Nro. 10 se muestra el número de entradas de cada área a controlar.

Tabla N°10 Requerimientos de entrada

Area	Nro Entradas
Sensores de proximidad (inductivos) – (digital)	4
Sensores de final de carrera (digital)	2
Sensor de nivel ultrasónico (analógicas)	4
Total	10

Fuente: Elaboración propia

Basándose en el requerimiento se utilizara 1 módulos de 16 entradas y 2 módulos de entradas/salidas analógicas. Dado que el tipo de salida de los sensores es digital (1 o 0) se elige el modulo de entrada digital 1746-IB16 y analógicas se eligen 2 |módulos entrada/salida 1746-NIO4V cuyas características se muestra en el Anexo N°16.

4.6.3 SELECCIÓN DE MODULOS DE SALIDA

Los módulos de salida son los medios por los cuales el PLC enviará las señales de control para el funcionamiento de las Operaciones. Estos módulos serían conectados a los contactores para el control de los motores y a los solenoides de las electroválvulas. Se tiene que tener en cuenta que los solenoides y los contactores son energizados con una tensión de 24Vdc. En consecuencia se requiere de salidas de tipo contacto relé, asimismo el número de salidas se determina en función al número de contactores y al número de solenoides que se emplearan para el funcionamiento automático de las Operaciones. En la tabla Nro. 11 se muestra el número de salidas de cada área a controlar. Estas serán simuladas en el sistema ladder.

Tabla N°11. Requerimientos de salida

	Nro. Salidas
Proceso	Tipo Relé
Accionamiento de motor de faja principal y secundaria	2
Accionamiento de motor de Carro Tripper	2
Descarga de material de las tolvas (electroválvulas)	4
Total	8

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al requerimiento planteado se empleara 1 módulos de salida tipo Relé 1746-OW16 de 16 salidas para el control de los solenoides de las electroválvulas y salida a los contactores que gobiernan a los motores. Los módulos a emplear tienen las siguientes características presentadas en el Anexo N°16.

4.6.4 SELECCIÓN DE CHASIS

Para la selección del chasis se tiene que tomar en cuenta el número de módulos que se va a emplear y futuras expansiones. El sistema SLC 500 ofrece chasis de 4 slots, 7 slots, 10 slots y 13 slots. Se tiene que tener en cuenta que cada chasis debe tener una fuente de alimentación y esta debe ser montada a la izquierda del chasis, asimismo el primer slot del chasis está reservado para el procesador, y las siguientes slots para los módulos de I/O. Debido a que se requieren un slot para el procesador, 1 slots para el modulo de entrada (1746-IB16), 1 slot para modulo de salida tipo relé (1746-OB16) y 2 slots para módulos de entrada/salida analógica (1746-NI04V) se empleara un chasis de 7 slots, de los cuales se utilizara 5 slots.

La distribución de cada slot en el chasis se detalla en la tabla Nro. 12. Se selecciona el chasis 1746-A7 dejando libre 2 slots para futuras expansiones.

Tabla N°12. Distribución de los slots para el chasis

Chasis de 7 slots - PLC SLC 500	
Componente	SLOT
Procesador SLC 5/04	0
1746-IB16 (digital)	1
1746-OW16 (tipo rele)	2
1746-NIO4V (analógico)	3
1746-NIO4V (analógico)	4

Fuente: Elaboración propia

4.6.5 SELECCIÓN DE FUENTE DE PODER

El sistema modular SLC 500 necesita una fuente de alimentación que de energía al procesador y a los módulos de entrada y salida. Se tiene que tener en cuenta que una carga excesiva de las salidas de la fuente de alimentación puede provocar una desactivación o un fallo prematuro de la fuente de alimentación; para evitar ese problema se va a seleccionar una fuente de alimentación en base a cantidad de corriente total consumida por los diferentes elementos que tiene el chasis y asimismo se tiene que considerar futuras expansiones. En la tabla Nro. 12 se especifica el consumo de corriente de cada uno de los componentes integrados en el chasis. Asimismo en la tabla Nro 13 se detalla las capacidades de corriente para cada una de las fuentes de alimentación de Allen Bradley.

Tabla N°13. Corriente consumida por los componentes del chasis

Slot	Nro Catálogo	Corrientes Máximas	
		5V DC	24V DC
0	SLC 5/04	1.0 A	0.200 A
1	1746-IB16	0.085 A	0 A
2	1746-OW16	0.170 A	0.180 A
3	1746- NIO4V	0.055 A	0.115 A
4	1746- NIO4V	0.055 A	0.115 A
5			
6			
Periférico	Ninguno		
Corriente total consumida		1.365 A	0.61 A

Fuente: Elaboración propia

En base a los requerimientos del consumo de corriente de chasis y también de futuras ampliaciones en las Operaciones se considera emplear la fuente de alimentación con numero de catalogo 1746-P2 con capacidad de corriente de 5A a 5Vdc y 0.96A a 24Vdc.

4.7 INTERFAZ HMI

Para la interfaz HMI se utiliza el RSView 32 de Rockwell Automation. Dicho software nos brinda marcadas características de compatibilidad con el sistema desarrollado en RSLogix 500.

Con dicho interfaz se logrará interactuar con el sistema visualizando parámetros de manera grafica en tiempo real, asimismo, se tiene la posibilidad de actuar sobre el sistema a través de botoneras.

4.8 DISEÑO DE SOFTWARE

4.8.1 PROGRAMACION EN LENGUAJE LADDER

La programación del sistema de control de las Operaciones se desarrollara en el software RsLogix 500 en el cual se empleara el lenguaje escalera, para luego ser descargado dicho programa al Procesador SLC 5/04. Para iniciar el desarrollo del programa se tiene que configurar el tipo de controlador que se va a emplear y asimismo definir los tipos de módulos de entrada y salida que se emplearan.

4.8.2 FUNCIONES PROGRAMADAS

El programa que se desarrolló en el lenguaje ladder está compuesto por varias funciones las cuales permitirán que en el funcionamiento de las Operaciones se realice el movimiento de la fajas principal y secundaria, movimiento de la faja tripper y la descarga del material de las tolvas de almacenaje, logrando que todo ello sea automático, (ver Figura N°26).

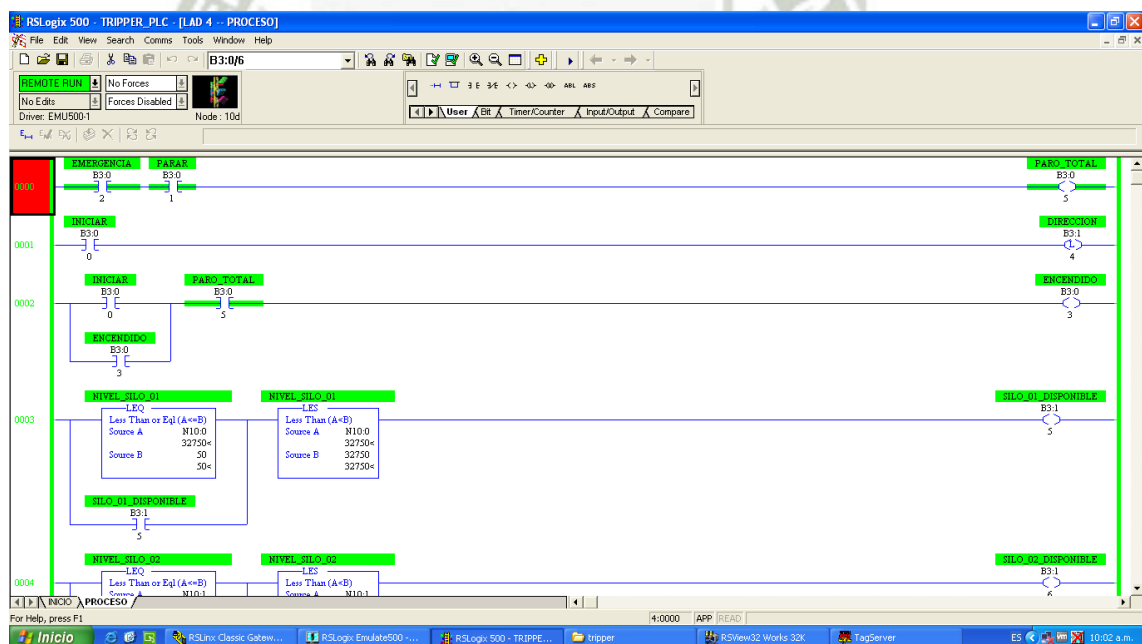
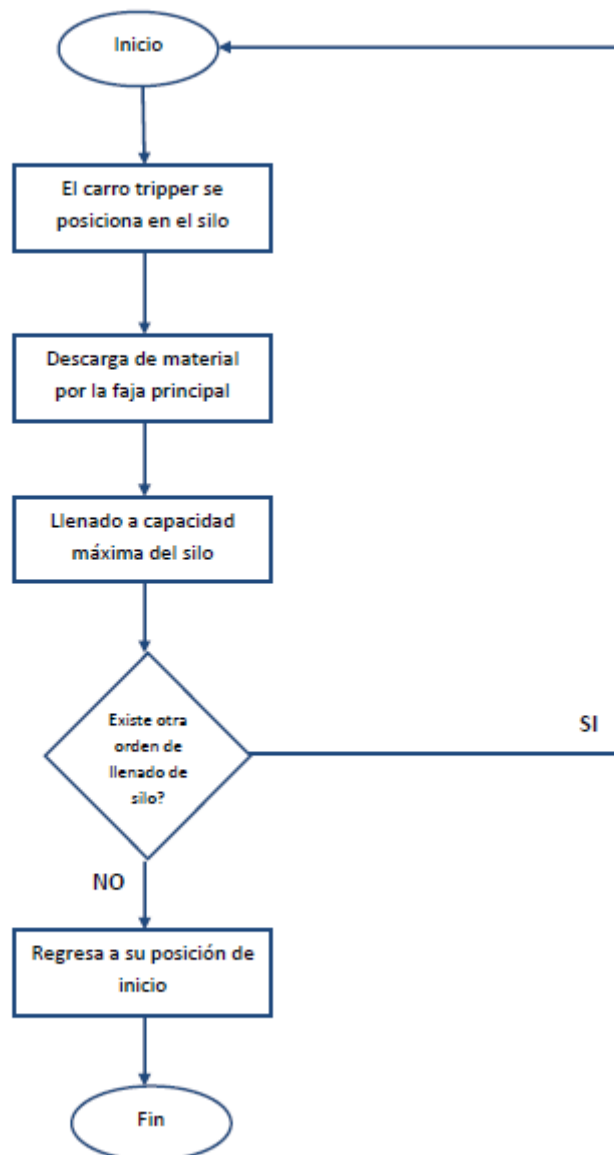


Figura 26. Elaboración de diagrama ladder

Fuente: Elaboración propia, Software RSLogix 500

4.8.2.1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

En este proceso se detalla la secuencia de funcionamiento del proceso. Este proceso lo ejecuta el programa principal ladder. En la Figura Nro. 27 se muestra el diagrama de flujo del proceso general.



N°27. Diagrama de flujo de proceso

Fuente: Elaboración propia

4.9 PROGRAMACION HMI

El scada se realiza en el software RSView32 para luego ser enlazado al RSLogix. Se diseñan estos gráficos para tener un monitoreo y control de los procesos que existen en la operación.

4.9.1 RSView32

Este es el software donde se diseñan los gráficos a interactuar con el usuario.

En este programa se construyen objetos que indican el estado de las operaciones, como por ejemplo: El movimiento de la faja tripper, traslado del concentrado de cobre por la faja principal a la faja tripper, descarga de la faja tripper a las tolvas de almacenamiento, estado de llenado de las tolvas de almacenamiento (llenado o vaciado), parada de la faja tripper según sea la necesidad del operador o la parada de las operaciones por emergencia. Se muestra a continuación la pantalla del Scada terminado para su aplicación, (ver Figura N°28).

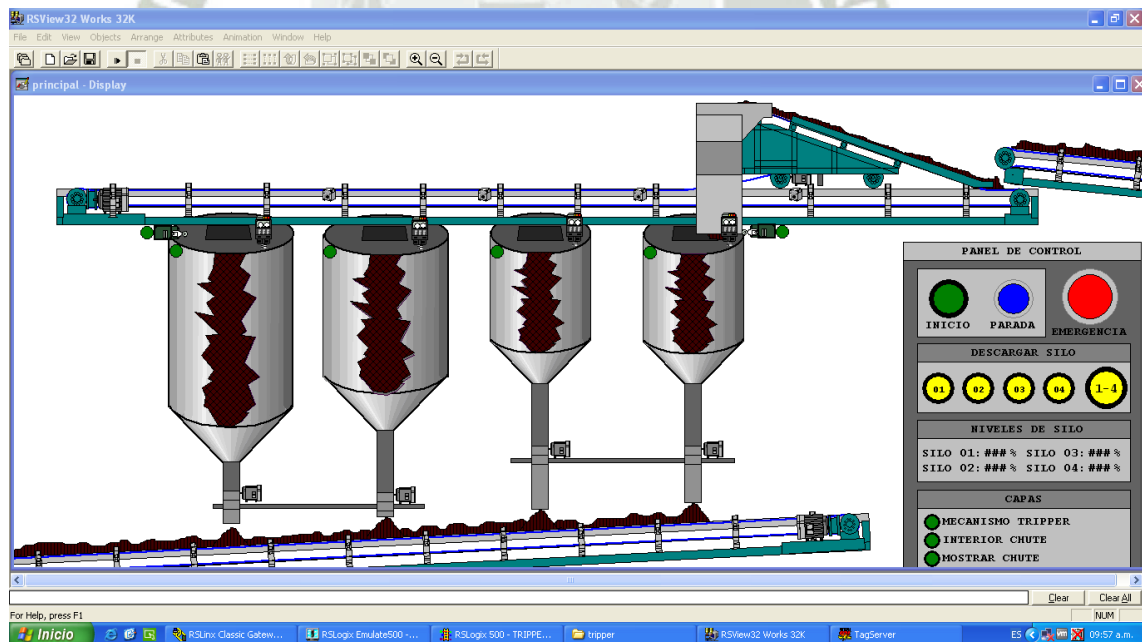


Figura N°28. Presentación Scada

Fuente: Elaboración propia, RSView32

4.10 DESARROLLO DE PROGRAMA LADDER

LINEA 0000: El bit interno “PARO_TOTAL” permanece energizado (estado “1” lógico) mientras que los pulsadores “EMERGENCIA” y “PARAR” permanezcan en estado lógico “1” (sin presionar), de manera tal que si cualquiera de los pulsadores es presionado (cambio a estado lógico “0” – abierto), resultará en el cambio de estado del bit interno “PARO_TOTAL” a “0” lógico (abierto). Cabe precisar que estos pulsadores son “NC ó Normalmente Cerrados”.



Figura N°29. Desarrollo de programación ladder, línea 0000

Fuente: Elaboración propia

LINEA 0001: Cuando el pulsador “INICIAR” (NO ó Normalmente Abierto) es pulsado (cambio de estado a “1” lógico), resultará en el seteo del bit interno “DIRECCION” a “1” lógico.



Figura N°30. Desarrollo de programación ladder, línea 0001

Fuente: Elaboración propia

LINEA 0002: Se tiene en esta línea un enclavamiento del bit interno “ENCENDIDO”, relacionado con el pulsador “INICIAR” y el bit interno “PARO_TOTAL”, de manera tal que siempre y cuando tengamos un estado lógico “1” en el bit interno “PARO_TOTAL”, y se presione el pulsador “INICIAR” (Cambio de estado lógico temporalmente a “1”, resultará en un auto enclavamiento del bit “ENCENDIDO”, bit interno que determinará el movimiento o paro del mecanismo del tripper y de las fajas transportadoras de alimentación y tripper.

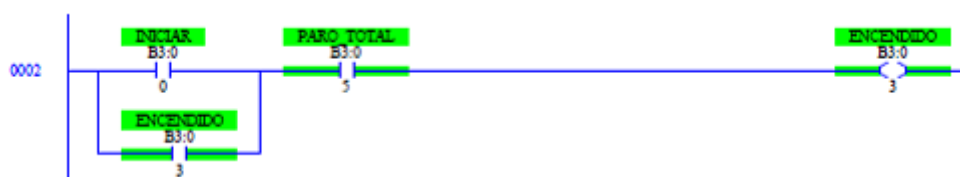


Figura N°31. Desarrollo de programación ladder, línea 0002

LINEAS 0003-0004-0005-0006: En estas líneas se determina el estado lógico de los bits internos “SILO_0X_DISPONIBLE” (siendo X el número que representa a cada uno de los silos), bits que nos dicen cuando alguno(s) de los silos está disponible para ser llenado o para ser vaciado. Dichos bits internos tendrán un nivel lógico “1” cuando el nivel censado por el sensor de nivel ultrasónico, representado por la palabra interna “NIVEL_SILO_0X” nos indique un valor equivalente o inferior al 01 % de llenado, y permanecerá en este estado lógico hasta que la palabra interna “NIVEL_SILO_0X” nos indique un valor justo por encima del 99 % de llenado, momento en el bit interno “SILO_0X_DISPONIBLE” cambia de estado a “0” lógico.

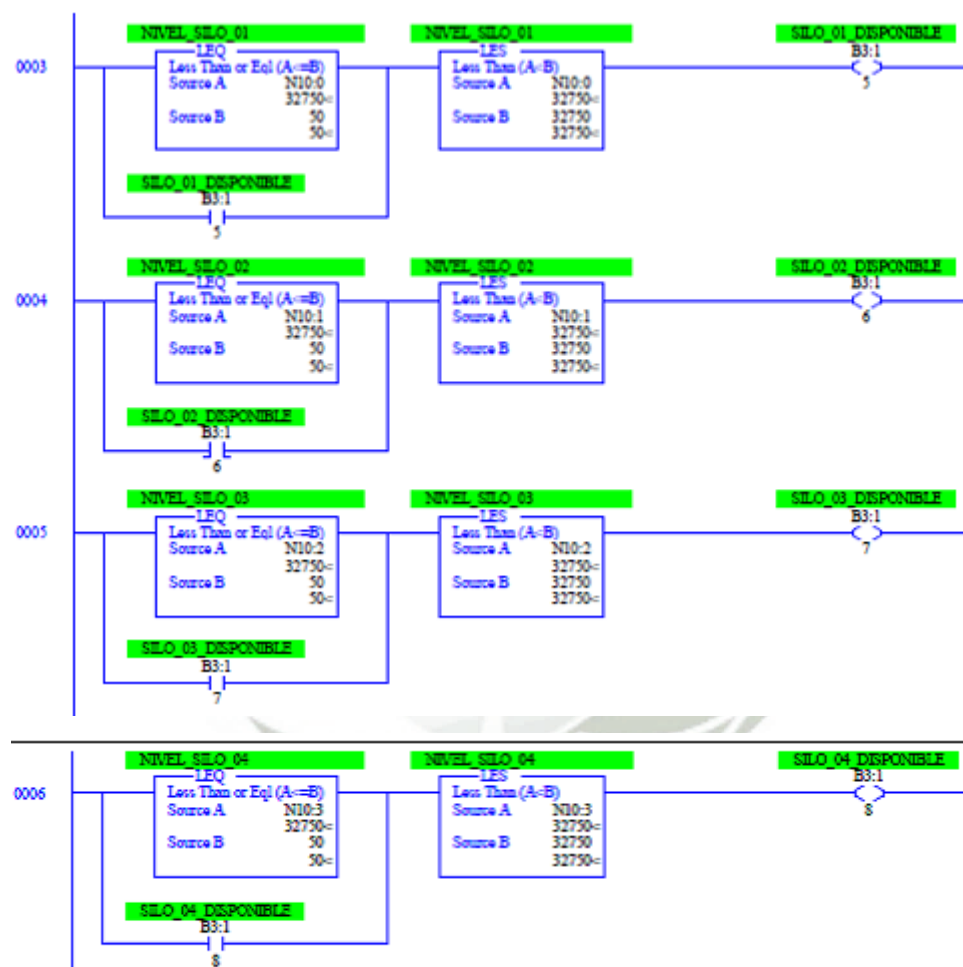


Figura N°32. Desarrollo de programación ladder, línea 0003,4,5,6

Fuente: Elaboración propia

LÍNEA 0007: El sensor de final de carrera “FIN_CAR_INI_TRIPPER” (NO – Normalmente Abierto), es accionado cuando el tripper en su recorrido se ubica en la posición inicial de la faja tripper, en ese instante se ejecuta una instrucción CPT que se encarga de setear la palabra de memoria “POSICION” al valor decimal “0”.

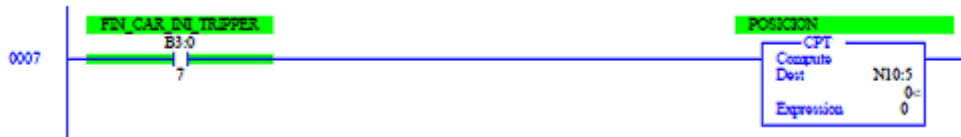


Figura N°33. Desarrollo de programación ladder, línea 0007

Fuente: Elaboración propia

LÍNEA 0008-0009-0010-0011: El sensor de proximidad inductivo “SILO_0X” (NO – Normalmente Abierto) (siendo X el número que representa a cada uno de los silos), cambia de estado a “1” lógico cuando el tripper se posiciona sobre el silo, ejecutando de esta manera la instrucción CPT que setea la palabra “POSICION” al valor decimal “X” (siendo X el número que representa a cada uno de los silos).



Figura N°34. Desarrollo de programación ladder, línea 0008,9,10,11

Fuente: Elaboración propia

LINEA 0012: El sensor de final de carrera “FIN_CAR_FIN_TRIPPER” (NO – Normalmente Abierto), es accionado cuando el tripper en su recorrido se ubica en la posición final de la faja tripper, en ese instante se ejecuta una instrucción CPT que se encarga de setear la palabra de memoria “POSICION” al valor decimal “5”.

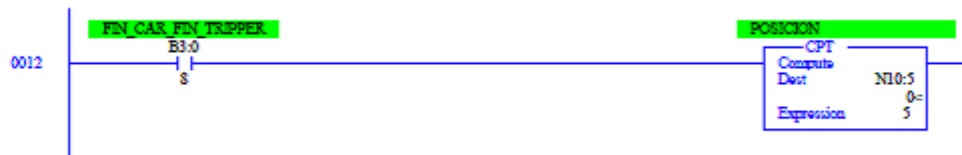


Figura N°35. Desarrollo de programación ladder, línea 0012

Fuente: Elaboración propia

LINEA 0013: Se tiene el bit de memoria “DIRECCION”, que nos indica en qué dirección deberá ir el tripper en su recorrido por la faja tripper, dicho bit de memoria es modificado bajo las siguientes condiciones: Cuando el tripper se encuentre en la posición inicial se tendrá el sensor de final de carrera “FIN_CAR_INI_TRIPPER” en estado “1” lógico, y el sensor de final de carrera “FIN_CAR_FIN_TRIPPER” en estado “0” lógico, lo que en caso de tener el bit interno “RETORNAR” en estado “0” lógico, causa un auto enclavamiento en el bit “DIRECCION”, que únicamente puede ser abierto cuando el tripper se posicione en el sensor de final de carrera “FIN_CAR_FIN_TRIPPER”, o si el bit interno “RETORNAR” se coloca en estado lógico “1”.

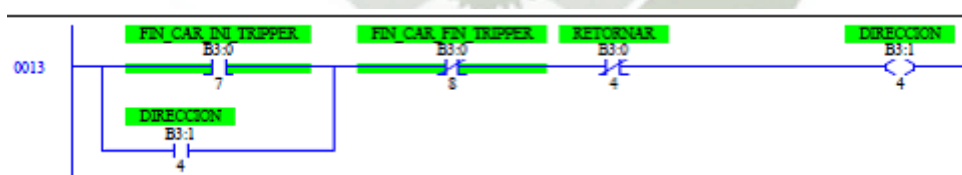


Figura N°36. Desarrollo de programación ladder, línea 0013

Fuente: Elaboración propia

LINEA 0014: El motor que acciona la faja de alimentación es gobernado por el estado del bit de memoria “FAJA_ALIMENTACION”, este bit opera de manera tal que para que se obtenga un nivel lógico “1”, se deben tener como requisito indispensable que los bits internos “ENCENDIDO” y “DIRECCION” deben estar seteados en “1” lógico. Por otro lado se deben cumplir la condición que el bit de memoria

“SILO_0X_DISPONIBLE” debe estar en estado lógico “1”, asimismo la palabra de memoria “POSICION” debe tener como valor “X” decimal, caso contrario el bit interno “FAJA_ALIMENTACIÓN” pasará a estado “0” lógico.

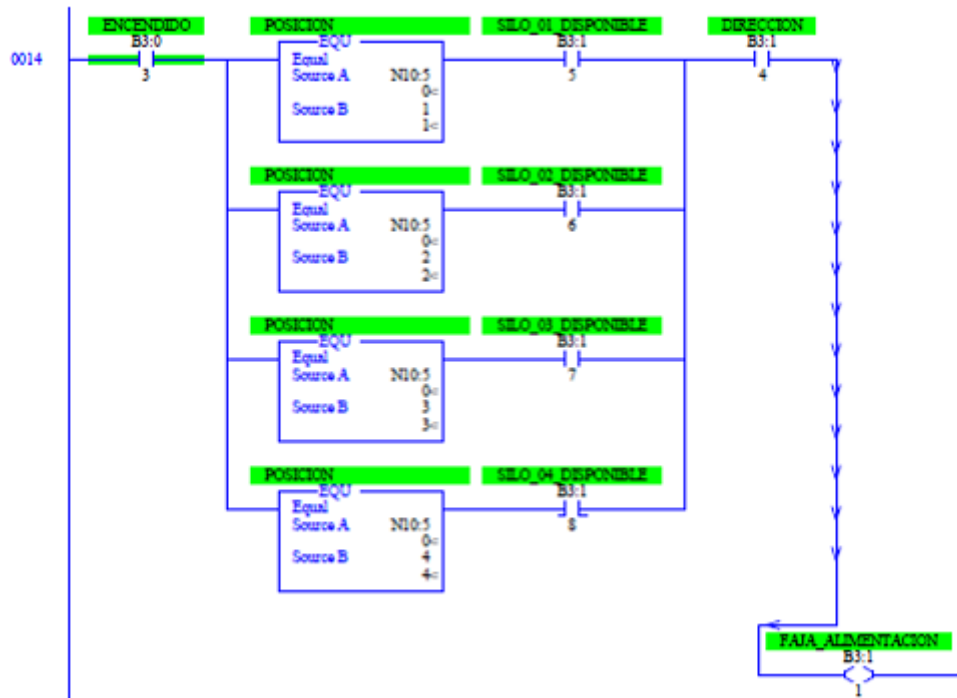


Figura N°37. Desarrollo de programación ladder, línea 0014

Fuente: Elaboración propia

LINEA 0015: Se tiene un temporizador OFF Delay “Timer01”, que básicamente es energizado por el estado lógico del bit interno “FAJA_ALIMENTACION”. De la naturaleza de “Timer01”, se tiene que el bit interno “Timer01/DN” tendrá un estado lógico “1” mientras el bit interno “FAJA_ALIMENTACION” permanezca en estado lógico “1” y hasta 10 segundos (según configuración de “Timer01/PRE”) después del cambio de este bit a estado lógico “0”.



Figura N°38. Desarrollo de programación ladder, línea 0015

Fuente: Elaboración propia

LINEA 0016: Se tiene el bit interno “FAJA_TRIPPER” que está ligado al funcionamiento del motor que acciona el movimiento de la faja del tripper, dicho bit interno está asociado de manera directa al estado del bit interno “Timer01/DN” mismo que ya se explicó en el funcionamiento de la línea 0015, el objetivo de esta programación es que la faja del tripper funcione al mismo tiempo que la faja de alimentación, y hasta por un tiempo de 10 segundos luego de que la faja de alimentación haya dejado de operar con el objetivo de liberar el material residual sobre la faja del tripper.

NOTA: Se tienen los bits internos “MOTOR_TRIPPER_IZQ” y “MOTOR_TRIPPER_DER” que se encargan de gobernar el movimiento del motor del tripper a la izquierda o a la derecha conforme la configuración siguiente:

MOTOR_TRIPPER_IZQ	MOTOR_TRIPPER_DER	MOTOR TRIPPER
0	0	SIN MOVIMIENTO
0	1	MOVIMIENTO A LA DERECHA
1	0	MOVIMIENTO A LA IZQUIERDA
1	1	SIN MOVIMIENTO



Figura N°39. Desarrollo de programación ladder, línea 0016

Fuente: Elaboración propia

LINEA 0017: Se tiene el bit interno “MOTOR_TRIPPER_IZQ”, cuyo estado va a depender principalmente y de manera obligatoria de los bits internos “ENCENDIDO” (con estado lógico “1” que garantiza que el tripper está encendido), “FAJA_TRIPPER” (con estado lógico “0” que garantiza que la faja este sin movimiento) y “DIRECCION” (con estado lógico “1” que garantiza que el tripper estaba moviéndose a la izquierda), asimismo de la existencia de estado disponible de alguno de los bits “SILO_0X_DISPONIBLE” (siendo X el número que representa a cada uno de los silos y que garantiza que al menos alguno de los silos está en estado disponible).

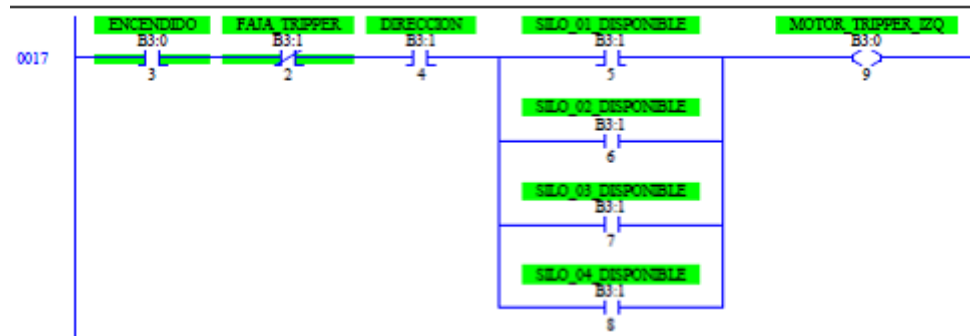


Figura N°40. Desarrollo de programación ladder, línea 0017

Fuente: Elaboración propia

LINEA 0018: Si ninguno de los silos se encuentra disponible para ser llenado se activa el retorno del tripper a la posición de inicio (retornar = 1).

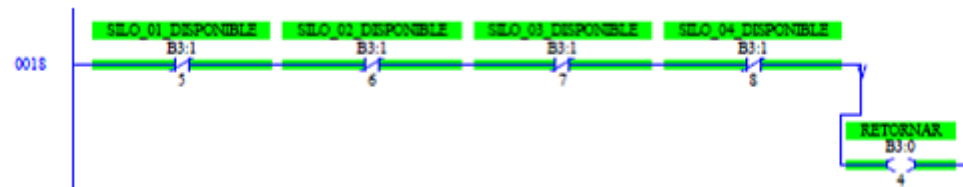


Figura N°41. Desarrollo de programación ladder, línea 0018

Fuente: Elaboración propia

LINEA 0019: Si el proceso se encuentra en estado de encendido, la faja tripper se encuentra parada, el tripper no se encuentra en la posición inicial, y sucede uno de los dos siguientes eventos: se alcanza el final del recorrido del tripper, o se activa el retorno mediante la línea 18; entonces se iniciará el retorno del tripper, y se detendrá cuando se alcance la posición inicial.

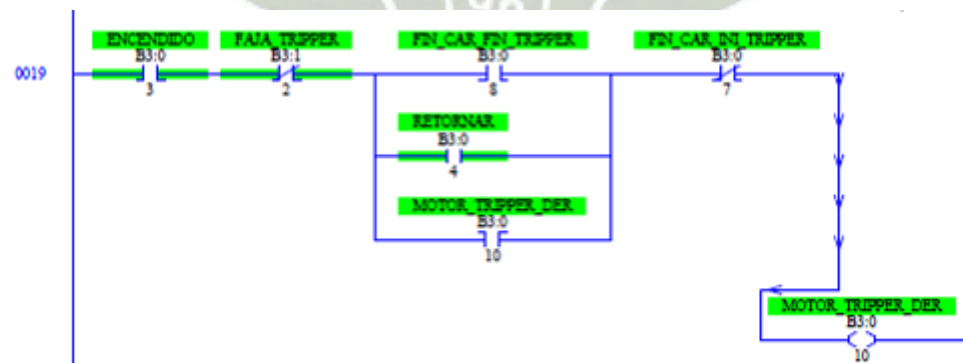


Figura N42. Desarrollo de programación ladder, línea 0019

Fuente: Elaboración propia

LINEA 0020: Cuando todos los silos se hayan llenado, es decir, ya no esten disponibles para ser llenados, se iniciará un temporizador de 1 segundo.



Figura N°43. Desarrollo de programación ladder, línea 0020

Fuente: Elaboración propia

LINEA 0021: El temporizador de un segundo de la línea 20, generará un pulso de la misma duración en la bobina “B3:0/15”.

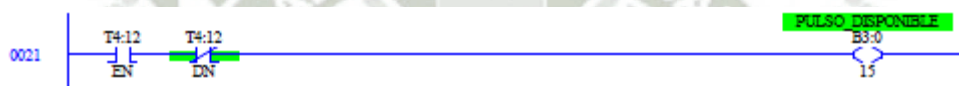


Figura N°44. Desarrollo de programación ladder, línea 0021

Fuente: Elaboración propia

LINEA 22: Si tenemos la orden de descargar silos “B3:0/6”, y alguno de los silos disponibles para ser descargados, se inicia el proceso de descarga de silos “B3:1/0”, hasta que se llegue a dar el pulso generado en la línea 21.

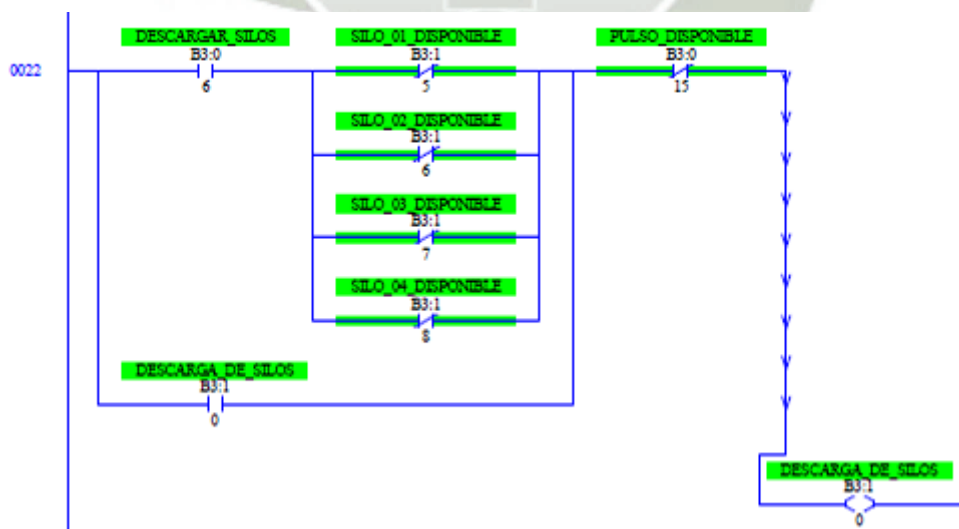


Figura N°45. Desarrollo de programación ladder, línea 0022

Fuente: Elaboración propia

LINEA 23: Si se presiona el pulsador descargar silo 01 “B3:2/0”, o se encuentra habilitada la descarga de silos “B3:1/0”, el silo 01 esta disponible para ser descargado “B3:1/5”, y los demás silos no se encuentran descargando, entonces se apertura la valvula de descarga del silo 01 “B3:1/9”.

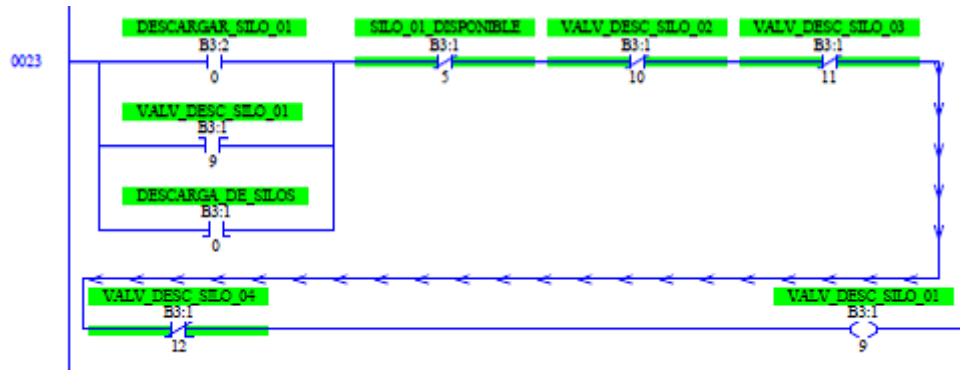


Figura N°46. Desarrollo de programación ladder, línea 0023
Fuente: Elaboración propia

LINEA 0024: Si se presiona el pulsador descargar silo 02 “B3:2/1”, o se encuentra habilitada la descarga de silos “B3:1/0”, el silo 01 esta disponible para ser descargado “B3:1/6”, y los demás silos no se encuentran descargando, entonces se apertura la valvula de descarga del silo 02 “B3:1/10”.

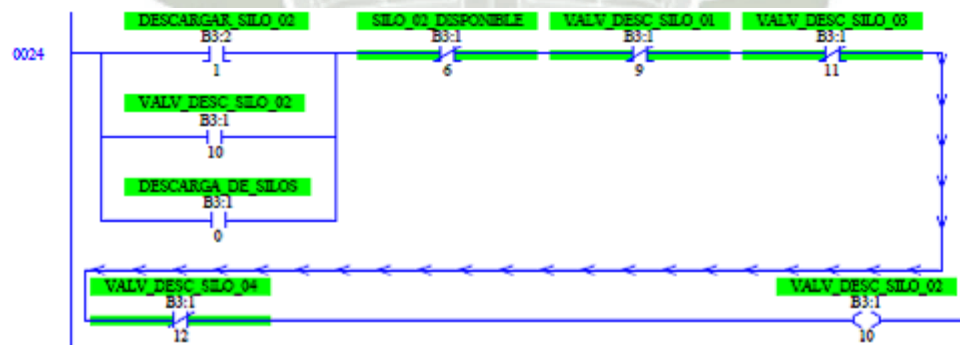


Figura N°47. Desarrollo de programación ladder, línea 0024
Fuente: Elaboración propia

LINEA 0025: Si se presiona el pulsador descargar silo 03 “B3:2/2”, o se encuentra habilitada la descarga de silos “B3:1/0”, el silo 03 esta disponible para ser descargado

“B3:1/7”, y los demás silos no se encuentran descargando, entonces se apertura la valvula de descarga del silo 03 “B3:1/11”.

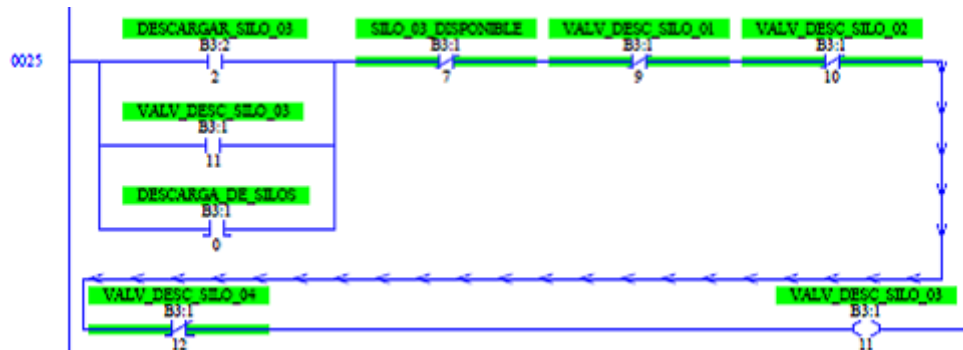


Figura N°48. Desarrollo de programación ladder, línea 0025

Fuente: Elaboración propia

LINEA 0026: Si se presiona el pulsador descargar silo 04 “B3:2/3”, o se encuentra habilitada la descarga de silos “B3:1/0”, el silo 04 esta disponible para ser descargado “B3:1/8”, y los demás silos no se encuentran descargando, entonces se apertura la valvula de descarga del silo 04 “B3:1/12”.

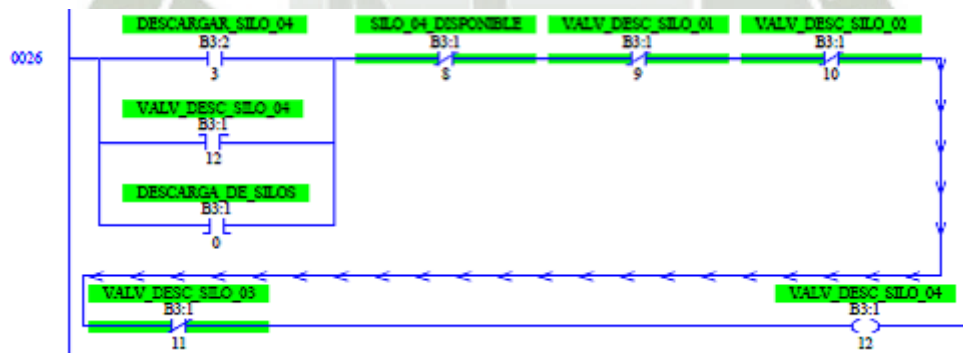


Figura N°49. Desarrollo de programación ladder, línea 0026

Fuente: Elaboración propia

LINEA 0027: Se tiene un temporizador off delay que iniciará cuenta de 5 segundos cuando ninguna de las valvulas de descarga se encuentre aperturada.

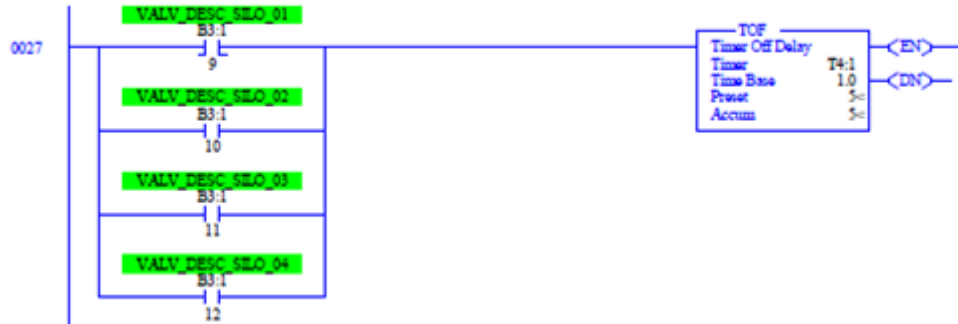


Figura N°50. Desarrollo de programación ladder, línea 0027

Fuente: Elaboración propia

LINEA 0028: La faja de descarga permanecerá activa mientras alguna de las valvulas de descarga se encuentre aperturada y hasta 5 segundos despues para asegurar que todo el material haya sido transportado.



Figura N°51. Desarrollo de programación ladder, línea 0028

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

1. Al realizar los planteamientos teóricos, se pudo identificar los tipos, las partes y el funcionamiento de las fajas transportadoras y en base a estos criterios y según las condiciones del proyecto se eligió las fajas transportadoras adecuadas, con sus respectiva configuración y contrapesos faja tripper por ser una faja móvil, se puede descargar en varios puntos y con este sistema se ahorra tiempos y se logra una buena distribución de descarga
2. El aumento de la capacidad de concentrado de cobre se consiguió aumentando la capacidad de diseño de carga de las fajas transportadoras, de 200 a 600 Ton/hr, esto trajo como consecuencia un aumento de las dimensiones de las fajas, rodillos y estructuras y también mayor potencia en los motores, todo esto para poder garantizar la producción adecuada del concentrado de cobre
3. En la zona de descarga de las tolvas se diseñó y seleccionó una faja continua estacionaria, ya que la descarga es en un solo punto, y esta faja estacionaria de descarga para cada tolva tiene gran capacidad de transporte y se adaptan al perfil del terreno
4. Al desplazarse el carro tripper motorizado longitudinalmente a lo largo de la faja transportadora sobre rieles, se permitió que el concentrado de cobre se pueda descargar no solamente en un punto, sino en diferentes puntos o tolvas que están distribuidas horizontalmente y así poder controlar la producción de transporte de concentrado de cobre, ahorrar tiempos y tener una buena distribución de descarga
5. La simulación del sistema de control desarrollado en lenguaje escalera (ladder), demostró un efectivo proceso, permitiendo que la operación sea llevada en orden y de forma simple, dando la posibilidad a desarrollar más acciones que permitan mejorar el proceso.

6. Tomando como variable independiente la capacidad requerida de concentrado de cobre en la zona de alimentación de las tolvas es cómo podemos seleccionar y diseñar los cálculos adecuados para obtener la selección y diseño adecuado de la faja tripper y la faja estacionaria. Todo esto según la necesidad exigida en el proyecto.



RECOMENDACIONES

1. Se puede optar como una mejora en la presente tesis el desarrollo de un adecuado diseño estructural para dicho sistema de transporte tripper, demostrando con ello que es posible calcular y diseñar una estructura para el soporte de la faja tripper, fajas estacionarias y de las tolvas de almacenamiento.
2. Se puede optar como una mejora en la presente tesis la elaboración de un adecuado diseño de tolvas de almacenaje para concentrado de cobre, demostrando con ello que es posible calcular y diseñar tolvas de almacenaje de 100 Ton, 150 Ton y 250 Ton para dicho proceso de transporte de mineral.
3. En el proceso de automatización y control gracias al software RSLogic 500 se puede cambiar y crear diferentes estrategias en el proceso de control modificando el diagrama ladder para el proceso de transporte, almacenamiento y descarga del concentrado de cobre. Ello permitirá demostrar los infinitos planteamientos que se pueden efectuar en un proceso de transporte de mineral como también en la mejora y optimización del proceso.
4. En el proceso de automatización y control se puede implementar un adecuado sistema de balanzas de pesaje a cada silo, con ello se podrá conseguir un mejor control de pesaje en el almacenamiento y/o descarga del concentrado de cobre.
5. También se puede implementar métodos de control más sofisticados para el control de movimiento de faja así como para el vaciado de los silos mediante la apertura controlada de electroválvulas (método de control PID). También se puede mejorar el sistema implementando un PanelView para mejorar la interfaz HMI.

BIBLIOGRAFIA

- “Manual Standard ANSI/CEMA B105.1”, Editorial McGraw-Hill, USA: 2003
- Benjamín C. Kuo, “Sistemas de Control Automático” Editorial Prentice-Hall, México: 1996
- Norman S. Nise, “Sistemas de Control para Ingeniería” Editorial Continen 3ra Edición, 2002
- W. Bolton, “Mecatrónica. Sistemas de Control Electrónico en la Ingeniería Mecánica y Eléctrica” Editorial Alfaomega 5ta Edición, México: 2013
- PLC-DOC, “Allan-Bradley. Programming Allen-Bradley series of PLCs using RSLogix 500 software”, USA.
- Texto del Programa de Formación Regular, “Automatización con PLC”, TECSUP, 2001
- Texto del Programa Integral, “Sensórica y Actórica”, TECSUP, 2013



Anexos

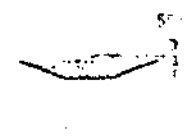
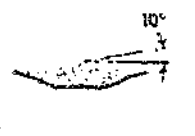
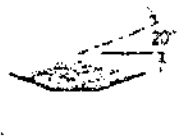


Table 3-3
Características del material y peso por pie cúbico

Material	Peso promedio (lbs por pie ³)	Angulo de reposo (grados)	Inclinación máxima recomendada	Código
Abono	30-50			E45ST
Aceite aglutinado	48-50	45		D45W
Aceite, recortes de	75-150	35	18	E37V
Aceite, virutas de, chancado	100-150	30-44		D37WZ
Acido oxálico, cristales	60	30-44		B35SU
Afrecho	10-20	30-44		B35NY
Ajonjolí, semillas de, seca	27-41	20-29		B25N
Alazor aglutinado	50	30-44		D35
Alazor, harina de	50	30-44		B35
Alazor, semillas de	45	20-29		B25N
Albayaide	75-100	30-44		A36MR
Alfalfa, gránulos	41-43	20-29		C25
Alfalfa, harina	17	45		B46Y
Alfalfa, semilla	10-15	29		B26N
Almendras, partidas o enteras	28-30	30-44		C36Q
Almidón	25-50	24	12	*B25
Alúmina	50-65	22	10-12	B27M
Aluminio, hidróxido de	18	34	20-24	C35
Aluminio, mineral de (ver bauxita)	-			-
Aluminio, óxido de	70-120	29		A27M
Aluminio, silicato de	49	30-44		B35S
Aluminio, sulfato de	54	32	17	D35
Aluminio, sulfato de, fino	45-50	30-44		B35
Aluminio, Sulfato de, trozos	50-60	30-44		D35
Aluminio, virutas de	7-15	45		E46Y
Amonio, clorito de, cristales	45-52	30-44		B36S
Amonio, nitrato de	45	30-44		*C36NUS
Amonio, sulfato de	45-58	44		*C35TU
Antimonio, polvo de	60	30-44		A36
Aplita	70-80	30-44		A35
Arcilla (ver también bentonita, tierra diatomácea, arcilla de batán, caolín, y arcilla calcárea)	-			-
Arcilla esquistosa, chancada	85-90	39	22	C36
Arcilla esquistosa, molida	90-100	20-29		D26QZ
Arcilla grasa, aceitosa	60-65	20-29		B26
Arcilla grasa, filtrada en aceite, cruda	35-40	35	20	*B26
Arcilla grasa, filtrada en aceite, quemada	40	20-29		B26
Arcilla grasa, seca	30-35	23		B26
Arcilla, calcinada	80-100			B37
Arcilla, caolín, hasta 3 pulgadas	63	35	19	D36
Arcilla, cerámica, seca, fina	60-80	30-44		A35
Arcilla, seca, fina	100-120	35	20-22	C37
Arcilla, seca, trozos	60-75	35	18-20	D36
Arena	26-35	21	10	C25M
Arena de cantera, húmeda	105-130	45	20-22	B47
Arena de cantera, seca	90-110	35	16-18	B37
Arena, mineral de	65	41	26	B35X
Arena, molida	19-24	30-44		C35NY
Arena, preparada para fundición, desechada	90-100	39	22	D37
Arena, preparada para fundición, seca	80-90	30-44	24	B37
Arena, sílica, seca	90-100	20-29	10-15	B27
Arenisca, triturada	85-90	30-44		D37
Arroz, a medio moler	42-45	30-44		B35

* Carbón de leña	18-25	35	20-25	D36Q
Carbón de piedra, antracita, clasificado	55-60	27	16	C26
Carbón de piedra, bituminoso, extraído de mina y clasificado	45-55	35	16	D35T
Carbón de piedra, bituminoso, extraído de mina, hasta malla 50	50-54	45	24	B45T
Carbón de piedra, bituminoso, extraído de mina, tal como sale de la mina	45-55	38	18	D35T
Carbón de piedra, bituminoso, separado, no lavado	50-60			D36T
Carbón de piedra, lignito	40-45	38	22	D36T
Carbón negro, granulado	20-25	25		B25Q
Carbón negro, pulverizado	4-7	30-44		*A35Y
Carbón, activado, seca, fine	8-20	20-29		B26Y
Carborundo, hasta 3 pulgadas	100	20-29		D27
Carne, desecho	50-55	30-44		E35VW
Caseína	36	30-44		B35
Caucho, granulado	50-55	35	22	D35
Caucho, regenerado	25-30	32	18	D35
Cebada	37-48	23	10-15	B25N
Cemento clinker	75-95	30-40	18-20	D37
Cemento, Portland	72-99	30-44	20-23	A36M
Cemento, Portland, aireado	60-75			A16M
Cemento, roca (vea piedra de cal)	100-110			D36
Ceniza, carbón de piedra, húmedo, hasta 3 pulgadas	45-50	45		D46T
Ceniza, carbón de piedra, seca, hasta 3 pulgadas	35-40	45		D46T
Ceniza, negra, molida	105	32	17	*B35
Ceniza, producto de gas, húmeda	78			D47T
Ceniza, suelta	40-45	42	20-25	A37
Cenizas de carbón de piedra	40	35	20	*D37T
Cenizas de horno de fundición	57	35	18-20	*D37T
Centeno	42-46	23	8	B25N
Centeno, harina de	35-40	19		B15
Clinker, cemento (ver cemento clinker)				
Cobre, mineral de	120-150	30-44	20	*D37
Cobre, sulfato de	75-85	31	17	D36
Cola, molida hasta 1/8 de pulgada	40	30-44		B36
Cola, niebla	40	25	11	C25
Cola, vegetal, pulverizada	40	30-44		
Conchas de ostras, enteras	80	30-44		D36TV
Conchas de ostras, trituradas, hasta 1/2 pulgada	50-60	30-44		C36T
Sinter	100-135	35		*D37
Concreto, escoria de	90-100		12-30	D46
Coque, desmenuzado de, hasta 1/4 de pulgada	25-35	30-44	20-22	C37Y
Coque, petróleo calcinado	35-45	30-44	20	D36Y
Coque, suelto	23-35	30-44	18	B37QVT
Corcho, granulado	12-15			C45
Corteza, madera, viruta	10-20	45	27	E45VY
Costras, laminado de	100-125	45		E46T
Cromo, mineral de (cromito)	125-140	30-44		D37
Cryolita, polvo de	75-90	30-44		A36
Cryolita, trozos de	90-100	30-44		D36
Cuarzo, cerrado hasta 1/2 pulgada	80-90	20-29		C27Z
Cuarzo, en trozos de 1/2 a 3 pulgadas	85-95	20-29		D27Z
Deshecho de fundición, arena de fundición	70-100	30-44		D37Z

Tabla 3-1

Fluidez - Angulo de sobrecarga - Angulo de reposo

Fluidez muy libre 1*	Fluidez libre 2*	Fluidez promedio 3*		Pesada 4*
ángulo de sobrecarga de 5°	Angulo de sobrecarga de 10°	Angulo de sobrecarga de 20°	Angulo de sobrecarga de 25°	Angulo de sobrecarga de 30°
				
0° - 19° ángulo de reposo	20° - 29° ángulo de reposo	30° - 34° ángulo de reposo	35° - 39° ángulo de reposo	40° - a más ángulo de reposo
Características del material				
Tamaño uniforme, partículas redondeadas muy pequeñas, tanto si están húmedas o muy secas: piedra sílice seca, cemento, concreto húmedo	Partículas pulidas, redondeadas, secas, de peso medio: granos sin pelar y frejoles	Materiales Irregulares, granulares o en trozos de peso medio, tales como antracitas y carbón de piedra, semilla de algodón, arcilla, etc.	Materiales comunes típicos: carbón bituminoso, pizarra, mayoría de minerales	Materiales irregulares, fibrosos, que se pueden atorar: astillas de madera, bagazo, arena de fundición templada.

* Los diseños de código conforman las características gráficas de los materiales a granel.

Tabla 3-2

Tabla 3-2 Descripción de la Clasificación de los Materiales

	Características del material	Código
Tamaño	Muy fino: hasta la malla 100	A
	Fino: hasta 1/8"	B
	Granular: hasta 1/2"	C
	En trozos: de más de 1/2"	D
	Irregular: fibrosos, que se pueden atorar, enredado	E
Fluidez, Angulo de Reposo	Fluidez muy buena - Angulo de reposo menor a 19°	1
	Fluidez buena: Angulo de reposo entre 20 a 29°	2
	Fluidez promedio - Angulo de reposo entre 30 a 39°	3
	- Angulo de reposo entre 40° a más.	4
Abrasividad:	No abrasivo	5
	Abrasivo	6
	Muy abrasivo	7
	Muy afilado: corta o deshace la cubierta de la faja	8
Características Variadas (a veces mas de una propiedad puede aplicarse)	Muy polvoriento	L
	Aireado o que desarrolla propiedades de fluido	M
	Contiene polvo explosivo	N
	Contaminable, afecta su uso o venta	P
	Degradable, afecta su uso o venta	Q
	Altamente Corrosivo	R
	Medio Corrosivo	S
	Higroscópico	T
	Que se atora	U
	Presenta aceites o químicos que pueden afectar productos de caucho	V
	Empacado bajo presión	W
	Muy liviano y , puede dispersarse con el viento	X
Temperatura elevada.	Y	
	Z	

Por ejemplo: Un material muy fino, de buena fluidez, abrasivo, y que contiene polvo explosivo, tendrá una designación: Clase A26N

Tabla 4-1
Las Velocidades de Cinturón de Máximo recomendadas

Material que se transporta	Velocidad de la faja (rpm)	Ancho de la faja (pulgadas)
Granos u otros materiales no abrasivos de buena fluidez	500	18
	700	24-30
	800	36-42
	1000	48-96
Hulla, arcilla húmeda, mineral suave, capas de desperdicio, piedra chancada fina.	400	18
	600	24-36
	800	42-60
	1000	72-96
Mineral pesado, duro, de bordes afilados, piedra chancada de cuarzo.	350	18
	500	24-36
	600	mayor de 36
Arena de Fundición, preparada o húmeda; arena molida con pequeños núcleos, con o sin pequeñas piezas de fundición (no tan calientes como para dañar la faja)	350	Cualquier ancho
Arena de fundición preparada y materiales húmedos similares (o secos, abrasivos) descargados de la faja por desviadores de bordes de caucho.	200	Cualquier ancho
Materiales no abrasivos descargados de la faja por medio de desviadores.	200, salvo pulpa de madera dónde 300 a 400 son preferibles	Cualquier ancho
Fajas Alimentadoras, planas o acanaladas para alimentar materiales finos, no abrasivos o medianamente abrasivos, de tolvas y recipientes.	50 a 100	Cualquier ancho

Tabla 4-2
Faja abarquillada de 20° - Distancia standard al borde de tres rodillos iguales = $0.055h + 0.9$ pulg

Ancho de la faja (pulg)	A ₁ - Sección transversal de carga (pie ²)							Capacidad en 100 PPM (pie ³ /Hr)						
	Angulo de sobrecarga							Angulo de sobrecarga						
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
18	0.089	0.108	0.128	0.147	0.167	0.188	0.209	537	653	769	886	1005	1128	1254
24	0.173	0.209	0.246	0.283	0.320	0.359	0.399	1041	1258	1477	1698	1924	2155	2394
30	0.284	0.343	0.402	0.462	0.522	0.585	0.649	1708	2060	2414	2772	3137	3511	3897
36	0.423	0.509	0.596	0.684	0.774	0.866	0.960	2538	3057	3579	4107	4645	5196	5765
42	0.588	0.708	0.828	0.950	1.074	1.201	1.332	3533	4250	4972	5703	6447	7210	7997
48	0.781	0.940	1.099	1.260	1.424	1.592	1.765	4691	5640	6594	7560	8544	9552	10592
54	1.002	1.204	1.407	1.613	1.822	2.037	2.258	6013	7225	8444	9678	10935	12223	13552
60	1.249	1.501	1.753	2.009	2.270	2.537	2.812	7498	9006	10522	12057	13621	15223	16876
72	1.826	2.192	2.560	2.933	3.312	3.701	4.102	10961	13155	15364	17599	19876	22210	24617
84	2.513	3.014	3.519	4.030	4.551	5.085	5.635	15079	18089	21119	24186	27309	30511	33813
96	3.308	3.967	4.631	5.302	5.986	6.687	7.411	19850	23806	27787	31816	35921	40128	44466

Tabla 5-1
Clasificación del rodillo

Clasificación	Número de serie de la matriz	Diámetro del rodillo (pulgadas)	Descripción
A4	I	4	Servicio liviano
A5	I	5	" "
B4	II	4	" "
B5	II	5	" "
C4	III	4	Servicio medio
C5	III	5	" "
C6	IV	6	" "
D5	NA	5	" "
D6	NA	6	" "
E6	V	6	Servicio pesado
E7	VI	7	" "

Tabla 5-2
Espaciamiento Normal Recomendado para Rodillos (S)

Ancho de la faja (pulgadas)	Rodillos abarquillados						Rodillos de retorno
	Peso del material maniobrado, en lbs por pie cúbico = 12						
	30	50	75	100	150	200	
18	5.5 ft	5.0 ft	5.0 ft	5.0 ft	4.5 ft	4.5 ft	10.0 ft
24	5.0 ft	4.5 ft	4.5 ft	4.0 ft	4.0 ft	4.0 ft	10.0 ft
30	5.0 ft	4.5 ft	4.5 ft	4.0 ft	4.0 ft	4.0 ft	10.0 ft
36	5.0 ft	4.5 ft	4.0 ft	4.0 ft	3.5 ft	3.5 ft	10.0 ft
42	4.5 ft	4.5 ft	4.0 ft	3.5 ft	3.0 ft	3.0 ft	10.0 ft
48	4.5 ft	5.5 ft	4.0 ft	3.5 ft	3.0 ft	3.0 ft	10.0 ft
54	4.5 ft	4.0 ft	3.5 ft	3.5 ft	3.0 ft	3.0 ft	10.0 ft
60	4.0 ft	4.0 ft	3.5 ft	3.0 ft	3.0 ft	3.0 ft	10.0 ft
72	4.0 ft	3.5 ft	3.5 ft	3.0 ft	2.5 ft	2.5 ft	8.0 ft
84	3.5 ft	3.5 ft	3.0 ft	2.5 ft	2.5 ft	2.0 ft	8.0 ft
96	3.5 ft	3.5 ft	3.0 ft	2.5 ft	2.0 ft	2.0 ft	8.0 ft

*El espaciamiento puede limitarse por el valor de la carga del rodillo. Vea los valores de carga de los rodillos en las Tablas 5-8 a5-12.

Tabla 6-1
Peso de Faja Estimado Promedio con Pliegues Múltiples y Reducidos, lb/pte

Ancho de la faja en pulgs. (b)	Material transportado, lbs/ft ²		
	30-74	75-129	130-200
18	3.5	4	4.5
24	4.5	5.5	6
30	6	7	8
36	9	10	12
42	11	12	14
48	14	15	17
54	16	17	19
60	18	20	22
72	21	24	26
84	25	30	33
96	30	35	38

1. Fajas con alma de acero, incrementar el valor en 30%.
2. Los pesos reales de la faja varían con las diferentes construcciones, fabricaciones, calibres de cubierta, etc.

Tabla 5-4
Factor de ajuste del trozo K_1

Tamaño máximo del trozo (pulgadas)	Peso del material, lbs/cu. ft. $K_2 = 1.1$						
	50	75	100	125	150	175	200
4	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1
6	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1
8	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2
10	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2
12	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3
14	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3
16	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4
18	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4

Tabla 5-5
Factores Ambientales y de Mantenimiento K_3

Condiciones Ambientales	Mantenimiento		
	Buena	Promedio	Escaso
Limpio	1.00	1.08	1.11
Moderado	1.06	1.10	1.13
Sucio	1.09	1.12	1.15

Tabla 5-6
Factores de servicio K_4

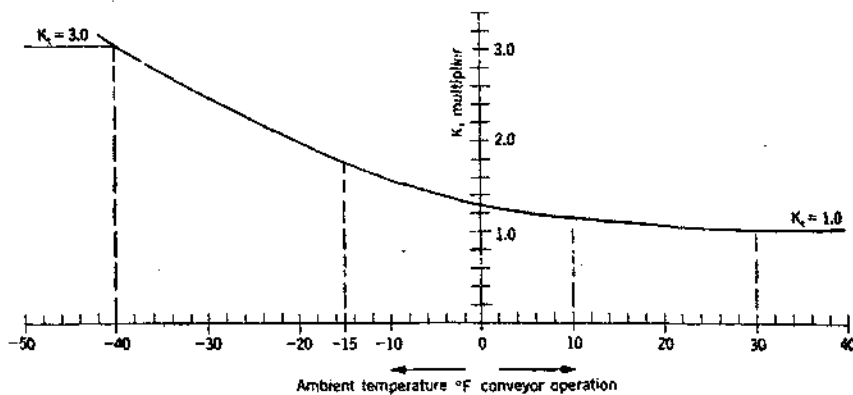
Operación	Factor
Menos de 6 horas al día	0.8
Entre 6 y 9 horas al día	1.0
Entre 10 y 16 horas al día	1.1
Más de 16 horas al día	1.2

Tabla 5-7
Factor de Corrección de la Velocidad de la Faja K_5

Velocidad de la faja (ppm)	Diámetro de los rodillos, en pulgadas			
	4	5	6	7
100	0.80	0.80	0.80	0.80
200	0.83	0.80	0.80	0.80
300	0.90	0.85	0.83	0.81
400	0.95	0.91	0.88	0.85
500	0.99	0.95	0.92	0.88
600	1.03	0.98	0.95	0.92
700	1.05	1.01	0.98	0.95
800	-	1.04	1.00	0.97
900	-	1.06	1.03	1.00
1000	-	-	1.05	1.02

Tabla 5-8
Valores de carga para los rodillos CEMA A, lbs

Ancho de la faja (pulgadas)	Angulo de abanquillamiento			Retorno
	20°	35°	45°	
18	300	300	300	150
24	300	300	289	125
30	300	280	270	100
36	275	256	248	75



Operation at temperatures below -15°F involves problems in addition to horsepower considerations. Consult conveyor manufacturer for advice on special belting, greasing, and cleaning specifications and necessary design modifications.

FIGURE 6.1. Variation of temperature factor, K_t , with temperature

$A_i = 1.5$ para los rodillos de diámetro 6 pulgadas, C6, D6

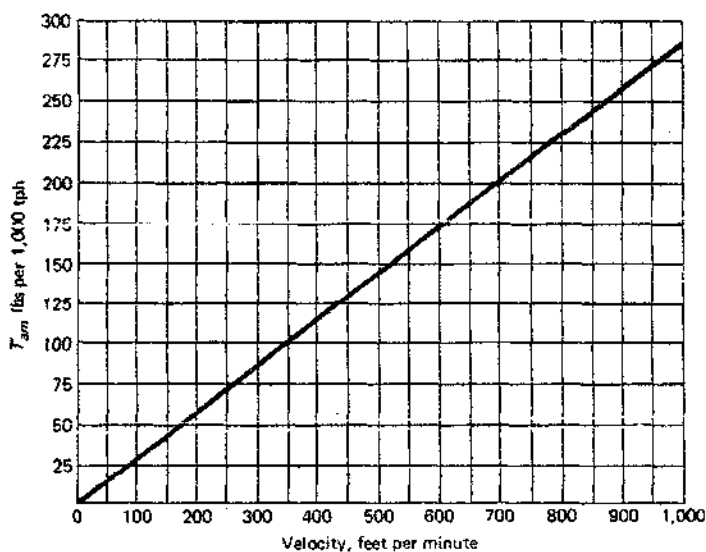
$A_i = 1.8$ para los rodillos de diámetro 5 pulgadas, A5, B5, C5, D5

$A_i = 2.3$ para los rodillos de diámetro 4 pulgadas, A4, B4, C4

$A_i = 2.4$ para los rodillos de diámetro 7 pulgadas, E7

$A_i = 2.8$ para los rodillos de diámetro 6 pulgadas, E6

Para transportadores declinados que sean regenerativos, como criterio conservador se toma $A_i = 0$.



To use this chart:

- Enter chart at belt velocity and read T_{am} per 1,000 tph.
- Again enter chart at material velocity in direction of belt travel and read T_{am} per 1,000 tph. This may be positive, zero, or negative.
- Subtract the second T_{am} reading from the first T_{am} reading and convert the difference from 1,000 tph to the value for the actual tonnage. This will be the T_{am} desired, lbs.

FIGURE 6.3. Effective tension required to accelerate material as it is fed onto a belt conveyor.

TABLE 6-2. Factor K_f Values

Conveyor length (ft)	$W_b + W_m$ (lbs per ft)	Percent slope						
		0	3	6	9	12	24	33
		Approximate degrees						
		0	2	3.5	5	7	14	18
250	20	0.035	0.035	0.034	0.031	0.031	0.031	0.031
	50	0.035	0.034	0.033	0.032	0.031	0.028	0.027
	75	0.035	0.034	0.032	0.032	0.030	0.027	0.025
	100	0.035	0.033	0.032	0.031	0.030	0.026	0.023
	150	0.035	0.035	0.034	0.033	0.031	0.025	0.021
	200	0.035	0.035	0.035	0.035	0.032	0.024	0.018
400	20	0.035	0.034	0.032	0.030	0.030	0.030	0.030
	50	0.035	0.033	0.031	0.029	0.029	0.026	0.025
	75	0.034	0.033	0.030	0.029	0.028	0.024	0.021
	100	0.034	0.032	0.030	0.028	0.028	0.022	0.019
	150	0.035	0.034	0.031	0.028	0.027	0.019	0.016
	200	0.035	0.035	0.033	0.030	0.027	0.016	0.014
500	20	0.035	0.033	0.031	0.030	0.030	0.030	0.030
	50	0.034	0.032	0.030	0.028	0.028	0.024	0.023
	75	0.033	0.032	0.029	0.027	0.027	0.021	0.019
	100	0.033	0.031	0.029	0.028	0.026	0.019	0.016
	150	0.035	0.033	0.030	0.027	0.024	0.016	0.016
	200	0.035	0.035	0.030	0.027	0.023	0.016	0.016
600	20	0.035	0.032	0.030	0.029	0.029	0.029	0.029
	50	0.033	0.030	0.029	0.027	0.026	0.023	0.021
	75	0.032	0.030	0.028	0.026	0.024	0.020	0.016
	100	0.032	0.030	0.027	0.025	0.022	0.016	0.016
	150	0.035	0.031	0.026	0.024	0.019	0.016	0.016
	200	0.035	0.031	0.026	0.021	0.017	0.016	0.016
800	20	0.035	0.031	0.030	0.029	0.029	0.029	0.029
	50	0.032	0.029	0.028	0.026	0.025	0.021	0.018
	75	0.031	0.029	0.026	0.024	0.022	0.016	0.016
	100	0.031	0.028	0.025	0.022	0.020	0.016	0.016
	150	0.034	0.028	0.023	0.019	0.017	0.016	0.016
	200	0.035	0.027	0.021	0.016	0.016	0.016	0.016
1000	20	0.035	0.026	0.020	0.017	0.016	0.016	0.016
	50	0.035	0.025	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018
	75	0.031	0.029	0.026	0.024	0.022	0.016	0.016
	100	0.031	0.028	0.025	0.022	0.020	0.016	0.016
	150	0.034	0.028	0.023	0.019	0.017	0.016	0.016
	200	0.035	0.027	0.021	0.016	0.016	0.016	0.016

Idle spacing: The above values of K_f are based on the following idler spacing (for other spacing, see Table 6-3):

$(W_b + W_m)$, lbs per ft	S_i , ft	$(W_b + W_m)$, lbs per ft	S_i , ft
Less than 50	4.5	100 to 149	3.5
50 to 99	4.0	150 and Above	3.0

TABLE 6-3. Corrected Factor K_f Values When Other than Tabular Carrying Idler Spacings Are Used

$W_b + W_m$ (lbs per ft)	S_i (ft)	Reference values of K_f for interpolation									
		0.016	0.018	0.020	0.022	0.024	0.026	0.028	0.030	0.032	0.034
50	3.0	0.016	0.016	0.016	0.0168	0.0183	0.0197	0.0212	0.0227	0.0242	0.0257
	3.5	0.016	0.0160	0.0169	0.0189	0.0207	0.0224	0.0241	0.0257	0.0274	0.0291
	4.0	0.016	0.0165	0.0182	0.0204	0.0223	0.0241	0.0259	0.0278	0.0297	0.0316
	4.5	0.016	0.018	0.02	0.022	0.024	0.026	0.028	0.030	0.032	0.034
	5.0	0.0174	0.0195	0.0213	0.0236	0.0254	0.0273	0.0291	0.031	0.0329	0.0348
100	3.0	0.016	0.0165	0.0185	0.0205	0.0222	0.024	0.0262	0.0281	0.030	0.0321
	3.5	0.016	0.018	0.02	0.022	0.024	0.026	0.028	0.030	0.032	0.034
	4.0	0.0175	0.0193	0.0214	0.0235	0.0253	0.0272	0.0297	0.0316	0.0335	0.035
	4.5	0.0184	0.021	0.0230	0.0253	0.027	0.029	0.0315	0.0335	0.035	0.035
	5.0	0.0203	0.0225	0.0249	0.027	0.0286	0.0306	0.033	0.035	0.035	0.035
150	3.0	0.016	0.0164	0.0186	0.0205	0.0228	0.0246	0.0267	0.0285	0.0307	0.0329
	3.5	0.016	0.018	0.02	0.022	0.024	0.026	0.028	0.030	0.032	0.034
	4.0	0.0175	0.0197	0.0213	0.0234	0.0253	0.0277	0.0295	0.0312	0.033	0.035
	4.5	0.0188	0.0213	0.0232	0.0253	0.0273	0.0295	0.0314	0.033	0.0346	0.035
	5.0	0.0201	0.0228	0.0250	0.0271	0.0296	0.0316	0.0334	0.035	0.035	0.035
200	3.0	0.016	0.018	0.02	0.022	0.024	0.026	0.028	0.030	0.032	0.034
	3.5	0.0172	0.0195	0.0215	0.0235	0.0255	0.0271	0.0289	0.031	0.0333	0.0345
	4.0	0.0187	0.0213	0.0235	0.0252	0.0267	0.0283	0.0303	0.0325	0.0347	0.035
	4.5	0.0209	0.023	0.0253	0.0274	0.0289	0.0305	0.0323	0.0345	0.035	0.035
	5.0	0.0225	0.0248	0.0272	0.0293	0.0311	0.0328	0.0348	0.035	0.035	0.035
250	3.0	0.016	0.018	0.02	0.022	0.024	0.026	0.028	0.030	0.032	0.034
	3.5	0.0177	0.0199	0.0216	0.0235	0.0256	0.0278	0.0295	0.031	0.0327	0.0349
	4.0	0.0192	0.0216	0.0236	0.0256	0.0274	0.0291	0.0305	0.0322	0.0339	0.035
	4.5	0.021	0.0234	0.0253	0.0276	0.0298	0.0317	0.0331	0.0347	0.035	0.035
	5.0	0.0227	0.0252	0.0274	0.0298	0.0319	0.0338	0.035	0.035	0.035	0.035

To use this table to correct the value of K_f for idler spacing other than shown in bold type, apply the procedure in the following two examples.

Tabla 6-8
Factor de Arrollamiento, C_w (Fajas con cubierta de caucho)

Tipo de Polea Motriz	Arrollamiento θ	Tensor automático		Tensor manual	
		Polea desnuda	Polea recubierta	Polea desnuda	Polea recubierta
Simple sin polea de reenvío	180°	0.84	0.50	1.2	0.8
Simple con polea de reenvío	200°	0.72	0.42	1.0	0.7
	210°	0.66	0.38	1.0	0.7
	220°	0.62	0.35	0.9	0.6
	240°	0.54	0.30	0.8	0.6
Dual	380°	0.23	0.11	0.5	0.3
	420°	0.18	0.08		

* Los valores duales se basan en una distribución ideal entre la polea primaria y secundaria.

Tabla 6-10
Porcentajes de flecha recomendados para varias condiciones de carga total.

Angulo del rodillo abarquillado	Material		
	Todos los finos	One-half the maximum lump size*	Maximum lump size*
20°	3%	3%	3%
35°	3%	2%	2%
45°	3%	2%	1 ½ %

* Ver la figura 4.1

Nota: Secciones Transversales de carga reducidas, permitirán un incremento en el valor de la flecha, que resulta en una menor tensión mínima. Tal elección puede llevar a una selección de faja más económica, así como a reducir la máxima tensión correspondiente.

Tabla 7-1
Selección de la Calidad de la Cubierta de la Faja Transportadora

Grado de la Cubierta	Ventajas principales			Aplicaciones generales
	Resistencia al corte y al impacto	Resistencia a la abrasión	Resistencia al aceite	
Servicio general				
Grado 1	Excelente	Excelente	No recomendado	Grandes Trozos de Mineral, Materiales de Bordes Cortantes. Servicio extremadamente fuerte
Grado 2	Bueno	Excelente	No recomendado	Materiales clasificados con acción cortante limitada, principalmente abrasión. Para operaciones de servicio pesado.
Servicio Químico y Graso				
Resistencia al aceite de cloropreno (comúnmente llamado neopreno)	Bueno	Muy bueno	Muy buena para aceites de petróleo, suave para aceites vegetales y minerales	Carbón rociado con aceite pesado (aceites de petróleo con más de 20% de aromáticos, Combustible Diesel 2)
Resistencia a aceites N	Bueno	Bueno	Muy buena para aceites de petróleo, vegetales y minerales.	Servicio para Granos o semillas Aceitosas(glicina, maíz molido). Manejo Alimenticio. Carbón grasoso rociado con aceite pesado (aceite de petróleo con más de 40% de aromáticos, Aceite de Cocina 2)
Resistencia Media al Aceite	Bueno	Bueno	Limitada para aceite de petróleo, vegetal y mineral)	Carbón Rociado suavemente, granos o semillas medianamente accitadas, astillas de madera, fosfatos)

Tabla 7-2
Valores de Tensión para Fajas de Pliegue Múltiple

Identificación de Tejido	Valor de Tensión, lb por pulg. por pliegue	
	Empalme de Fijamiento Mecánico Normal	Empalme Vulcanizado Normal
Pliegue Múltiple 35	27	35
Pliegue Múltiple 43	33	43
Pliegue Múltiple 50	40	50
Pliegue Múltiple 60	45	60
Pliegue Múltiple 70	55	70
Pliegue Múltiple 90	-	90
Pliegue Múltiple 120	-	120
Pliegue Múltiple 155	-	155
Pliegue Múltiple 195	-	195
Pliegue Múltiple 240	-	240

Tabla 7-4
Máximo Número de Pliegues para el Abarquillamiento Vacío de Fajas de Pliegue Múltiple

Ancho de la faja (pulgadas)	Angulo del rodillo	MP 35 MP 43	MP 50 MP 60 MP 70	MP 90 MP 120	MP 155	MP 195 MP 240
18	20°	5	-	-	-	-
	35°	4	-	-	-	-
	45°	-	-	-	-	-
24	20°	6	5	4	4	-
	35°	5	4	4	-	-
	45°	4	-	-	-	-
30	20°	7	6	5	5	4
	35°	6	5	5	4	4
	45°	5	4	4	-	-
36	20°	8	7	6	6	5
	35°	7	6	6	5	5
	45°	6	5	5	4	4
42	20°	8	8	7	6	6
	35°	8	7	7	6	5
	45°	7	6	6	5	5
48	20°	8	8	8	7	6
	35°	8	8	7	6	6
	45°	8	7	6	5	5
54	20°	8	8	8	8	7
	35°	8	8	8	7	6
	45°	8	8	7	6	6
60	20°	8	8	8	8	8
	35°	8	8	8	8	7
	45°	8	8	8	7	6
72-84-96	20°	8	8	8	8	8
	35°	8	8	8	8	8
	45°	8	8	8	8	7

Nota: El número de pliegues máximo se limita a 8 por consideraciones de construcción y de manejo de la faja.

Tabla 7-9
Pliegues Mínimos para el Soporte de la Carga, Abarquillamiento a 20°, Faja de Pliegue Múltiple.

Ancho de la faja (pulgadas)	Material 25-49 PCF							Material 50-74 PCF							Material 75-99 PCF							Material 100-150 PCF																	
	Designación MP							Designación MP							Designación MP							Designación MP																	
	35	60	90	43	50	70	12	15	19	24	35	60	90	43	50	70	12	15	19	24	35	60	90	43	50	70	12	15	19	24	35	60	90	43	50	70	12	15	19
18	3	3	3							3	3	3	3	3	3					4	3	3	3	3	3					4	4	3	3	3	3				
24	3	3	3							4	3	3	3	3	3					5	4	3	3	3	3					5	4	4	4	4	4				
30	4	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	6	5	4	4	4	4	4	4	4	4	6	5	4	4	4	4	4	4	4	4
36	4	4	3	3	3	3	3	3	3	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	6	5	4	4	4	4	4	4	4	4	6	5	4	4	4	4	4	4	4	4
42	4	4	4	4	4	3	3	3	3	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	6	5	5	5	5	5	4	4	4	4	7	6	6	6	6	6	5	5	5	5
48	5	4	4	4	4	4	3	3	3	6	5	5	5	5	4	4	4	4	4	7	6	6	6	6	6	5	5	5	5	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6
54	5	5	4	4	4	4	4	4	4	6	6	5	5	5	5	4	4	4	4	7	7	6	6	6	6	5	5	5	5	8	8	7	7	7	7	7	7	7	7
60	6	5	5	5	5	4	4	4	4	7	6	6	6	6	5	5	4	4	4	8	7	7	7	7	7	6	6	6	6	8	8	7	7	7	7	7	7	7	7
72	6	6	5	5	5	5	4	4	4	8	7	7	7	7	6	6	6	6	6	8	7	7	7	7	7	6	6	6	6	8	8	7	7	7	7	7	7	7	7
84	7	7	6	6	6	6	5	5	5	8	7	7	7	7	6	6	6	6	6	8	7	7	7	7	7	6	6	6	6	8	8	7	7	7	7	7	7	7	7
96	8	8	7	7	7	7	6	6	6	8	8	8	7	7	6	6	6	6	6	8	8	8	7	7	7	6	6	6	6	8	8	7	7	7	7	7	7	7	7

Tabla 7-6
Diámetro de Polea Mínimo para Fajas Tipo de Pliegue Múltiple, pulg.

Número de pliegues	MP 35			MP 43, 50			MP 60, 70, 90, 120			MP 135			MP 195, 240		
	% de tensión			% de tensión			% de tensión			% de tensión			% de tensión		
	80 a	60 a	40 a	80 a	60 a	40 a	80 a	60 a	40 a	80 a	60 a	40 a	80 a	60 a	40 a
	100	80	60	100	80	60	100	80	60	100	80	60	100	80	60
3	13	14	12	20	13	14	24	20	16	30	24	20	36	30	24
4	20	18	16	24	20	18	30	24	20	36	30	24	42	36	30
5	24	20	18	30	24	20	36	30	24	42	36	30	48	42	36
6	30	24	20	36	30	24	42	36	30	48	42	36	54	48	42
7	36	30	24	42	36	30	48	42	36	54	48	42	60	54	48
8	42	36	30	48	42	36	54	48	42	60	54	48	66	60	54

Tabla 7-8
Anchos de Superficie de Polea y Claros de Faja Recomendados

Ancho de Faja transportadora b (pulg)	Anchos de Superficie de Polea Pf (pulg)	Distancia entre Placas del Chute de Descarga (pulg)	Claro de la Faja de Retorno Mínimo a cada lado (pulg)*
42 y menor	b + 2	p _r + 3	2 1/2
Superior a 42	b + 3	p _r + 4	3

*Es deseable en Transportadores con distancias entre centros iguales o mayores a 500 pies, para una mayor protección de los bordes de la Faja, que se use la superficie de Polea Normal más ancha siguiente a la mostrada en la tabla de encima. Para estos Transportadores, las carteras para sostener los rodillos se deben espaciar un poco más, de acuerdo a un claro de faja de retorno de 5 o 6 pulg. o más, a cada lado. Esto incrementará el costo de las carteras, la estructura de los rodillos, los chutes, pero casi siempre se considera que vale la pena.

Tabla 7-13
Espesor Mínimo Recomendado para la Cubierta Superior para Condiciones Normales-Faja RMA Grado 2

Clase de Material	Ejemplos	Espesor*
Manejo de Paquetes	Cartón, productos alimenticios	Fric. a 1/32
Liviano o fino, no abrasivo	Astilla de Madera, pulpa, grano, carbón bituminoso, mineral potasio	1/16 a 1/8
Fino y Abrasivo	Arena filosa, clinker	1/8 a 3/16
Pesado, triturado a 3" (76 mm)	Grava, arena y piedra chancada	1/8 a 3/16
Pesado, triturado a 8" (203 mm)	Carbón, roca, mineral	3/16 a 1/4
Pesado, trozos grandes	Mineral Duro, escoria	1/4 a 5/16

* Nota: El espesor de la cubierta son valores nominales sujetos a variaciones del fabricante.

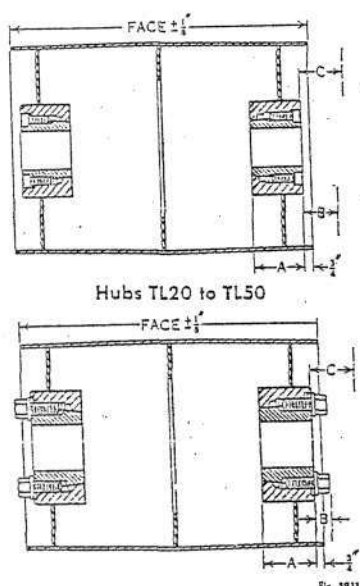
Tabla 7-14
Espesor Mínimo Recomendado para la Cubierta Inferior para Condiciones Normales - Faja RMA Grado 2

Condiciones de Operación	Espesor (pulgadas)
Materiales No Abrasivos	1/32
Materiales Abrasivos	1/16
Carga de Impacto*	3/32

Nota: El espesor de la cubierta son valores nominales sujetos a variaciones del fabricante.

* Cuando una medida de cubierta incrementada ayuda a proteger el armazón, si el impacto es severo, un diseño correcto del Sistema que incluye diseño del armazón, espesor de la cubierta superior, rodillos de impacto en el transportador es el método preferido de transporte.

Welded steel pulleys



Hubs TL60 to TL100

Hub dimensions

Hub number	Bushing number	Bore range	Keyseat	A | B | C †			Hub number	Bushing number	Bore range	Keyseat	A | B | C †		
				INCHES							INCHES		
TL20	2012	1 1/4 to 1 1/4	1/4 x 1/4	1 1/4	1 1/4	2	TL40	4040	2 1/4 to 3 1/4	3/4 x 3/4	4	2 1/4	4 1/4
		1 1/4 and 1 1/4	3/8 x 3/8						3 1/4 to 3 3/4	7/8 x 7/8			
		1 1/4 to 1 3/4	1/2 x 1/2						3 3/4 to 3 3/4	1 x 1 1/4			
		1 1/4 and 1 3/4	1/2 x 1/4						3 3/4 to 4	1 x 1 1/4			
TL25	2517	1 1/4 to 1 1/4	1/4 x 1/4	1 1/4	1 1/4	2 1/4	TL45	4545	2 1/4 to 3 1/4	3/4 x 3/4	4 1/2	2 3/4	4 3/4
		1 1/4 and 1 1/4	3/8 x 3/8						3 1/4 to 3 3/4	7/8 x 7/8			
		1 1/4 to 1 3/4	1/2 x 1/2						3 3/4 to 4	1 x 1 1/2			
		1 1/4 and 1 3/4	1/2 x 1/4						3 3/4 to 4 1/2	1 x 1 1/4			
TL30	3020	1 1/4 and 1 1/4	3/8 x 3/8	2	1 3/4	2 3/4	TL50	5050	2 1/4 to 3 1/4	3/4 x 3/4	5	2 3/4	5
		1 1/4 to 1 3/4	3/8 x 3/8						3 1/4 to 4	1 x 1 1/2			
		1 1/4 to 2 1/4	1/2 x 1/4						3 1/4 to 4 1/2	1 x 1 1/4			
		2 1/4 to 2 1/4	3/8 x 3/8						3 1/4 to 5	1 1/4 x 3/4			
TL35	3535	1 1/4 to 2 1/4	1/2 x 1/4	3 1/2	2 1/4	3 3/4	TL60	6050	3 1/4 to 4 1/2	1 x 1 1/2	5	1 1/2	4 1/4
		2 1/4 to 2 3/4	3/8 x 3/8						4 1/4 to 5 1/2	1 1/4 x 3/4			
		2 1/4 to 3 1/4	1/2 x 1/4						5 1/2 to 6	1 1/2 x 3/4			
		3 1/4 to 3 1/2	3/8 x 3/8						5 1/2 to 6 1/2	1 1/2 x 3/4			
TL80	8065	5 1/4 to 6 1/4	1 1/2 x 3/4	6 1/2	1 1/2	4 1/4	TL80	8065	6 1/4 to 7 1/4	1 3/4 x 3/4	6 1/2	1 1/2	4 1/4
		6 1/4 to 7 1/4	2 x 3/4						7 1/4 to 8	2 x 3/4			
		6 1/4 to 7 1/4	1 3/4 x 3/4						7 1/4 to 8	2 x 3/4			
		6 1/4 to 7 1/4	1 3/4 x 3/4						7 1/4 to 8	2 x 3/4			
TL100	10085	6 1/4 to 7 1/4	1 3/4 x 3/4	8 1/2	1 1/4	5 1/4	TL100	10085	7 1/4 to 9	2 x 3/4	8 1/2	1 1/4	5 1/4
		7 1/4 to 9	2 1/2 x 3/4						7 1/4 to 9	2 1/2 x 3/4			
		7 1/4 to 9	2 1/2 x 3/4						7 1/4 to 9	2 1/2 x 3/4			
		7 1/4 to 9	2 1/2 x 3/4						7 1/4 to 9	2 1/2 x 3/4			

⊙ Shallow keyseat. Flar key furnished.
 ⊠ Space required to tighten bushing with standard wrench.
 † Space required to loosen bushing with standard wrench.

Gray iron pulleys

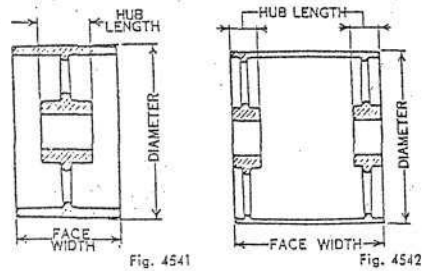


Fig. 4541

Fig. 4542

Solid hubs for single and double arm pulleys

Bore diameter, inches	Hub diameter, inches	Hub length, inches						
		Single arm pulleys				Double arm pulleys		
		Face width, inches				10" thru 16" diameter	18" thru 60" diameter	
		4" thru 7"	8" thru 12"	13" thru 16"	17" thru 24"	18" thru 32" face	34" thru 63" face	18" thru 63" face
1 1/4	2 1/4	4	7	...	...	2	2 1/2	...
1 3/4	3	4	7	...	...	2 1/4	2 3/4	...
1 1/2	3 1/2	4	7	...	...	2 1/4	2 3/4	3 1/2
1 1/4	4	4	7	...	...	2 1/2	3	3 1/2
2 1/4	4 1/2	4	7	...	...	2 1/2	3	3 1/2
2 3/4	5	4	7	...	...	2 3/4	3 1/4	3 1/2
2 1/4	5 1/2	4	7	...	...	2 3/4	3 1/4	4 1/4
2 1/2	6	4	7	8	11	3	3 1/2	4 1/4
3 1/4	6 1/2	4	7	8	11	3	3 3/4	5
3 3/4	6 3/4	4	7	8	11	3 1/4	4	5
3 1/4	7	4	7	8	11	3 1/4	4 1/4	5 1/2
3 1/2	7 1/2	4	7	8	11	3 1/2	4 1/4	5 1/2
4 1/4	7 3/4	4	7	8	11	3 1/2	4 1/4	6
4 3/4	8	4	7	8	11	3 1/2	4 1/4	6
4 1/4	8 1/2	4	7	8	11	...	...	6 1/2
4 1/4	9	4	7	8	11	...	...	6 1/2
5 1/4	9 1/2	4	7	8	11	...	...	7 1/4
5 3/4	10	4	7	8	11	...	...	7 3/4
5 1/4	10 1/2	4	7	8	11	...	...	7 3/4
5 1/4	11	4	7	8	11	...	...	7 3/4

△ Hubs flush with ends of pulley face.
 ■ Hubs central with pulley face.

Weights of single arm pulleys

Diameter, inches	Normal bore, inches	Approximate weight of single arm pulleys with solid rims and hubs, pounds											
		Face width, inches											
6	2 1/2	8	9	11	12	14	16	21					
8	2 1/2	10	11	14	16	19	22	28	33				
10	2 1/2	13	15	19	22	25	27	35	41				
12	3 1/2	18	20	24	27	33	39	49	60	70			
14	3 1/2	20	23	29	35	40	45	60	70	80			
16	3 1/2	31	34	39	44	55	60	80	90	110	125	140	
18	4 1/2	33	37	46	50	65	70	85	110	120	140	155	170
20	4 1/2	38	43	50	60	70	80	95	115	135	150	180	210
24	4 1/2	50	55	65	75	90	100	130	150	170	210	230	250
30	5 1/2	70	80	95	105	130	150	175	210	250	290	310	340
36	5 1/2	100	115	130	145	170	190	240	280	330	360	410	460
42	5 1/2	135	150	170	185	220	240	290	350	390	450	510	560
43	5 1/2	165	185	215	240	290	330	380	450	520	590	650	720
54	7	...	...	...	...	290	340	380	470	540	620	690	770
60	7	...	...	...	...	380	440	490	580	740	840	950	1070

Weights of double arm pulleys

Diameter, inches	Normal bore, inches	Approximate weight of double arm pulleys with solid rims and hubs, pounds									
		Face width, inches									
12	3 1/2	91	100	109	118	167	195	244	284	368	400
14	3 1/2	110	120	130	140	197	230	288	334	415	466
16	3 1/2	127	138	149	160	224	260	324	376	459	517
18	4 1/2	142	158	175	192	264	305	378	438	531	601
20	4 1/2	158	178	198	218	298	345	420	486	613	665
22	4 1/2	178	198	219	240	329	380	460	536	653	720
24	4 1/2	185	210	235	260	352	407	505	585	710	783
30	5 1/2	307	348	389	430	582	675	814	943	1085	1243
36	5 1/2	396	446	496	546	736	855	997	1154	1382	1522
42	5 1/2	...	613	684	755	934	1184	1442	1670	2014	2157
48	5 1/2	...	785	865	945	1140	1456	1730	2002	2415	2526
54	7	...	...	1205	1285	1489	1883	2312	2672	3225	3353
60	7	...	...	1490	1570	1783	2219	2707	3134	3794	3852

⊙ Diameter at center for crown face.
 ⊠ Pulleys with split rims and hubs, 10% heavier.
 † Face width should equal belt width plus 2" for belts 10" to 42" wide and belt width plus 3" for belts over 42" wide.
 △ Tolerances: 1" diameter and under = nominal + .001"
 over 1" to 2" = nominal + .002"
 over 2" to 3" = nominal + .003"
 over 3" to 4" = nominal + .004"
 4" and over = nominal + .005"

belt trippers

Belt trippers extend the usefulness of belt conveyors beyond the simple function of transporting bulk materials from one place to another, by discharging the material from the belt at one or more points, or along the length of the conveyor.

Two styles of Link-Belt standard trippers are described in the following pages, with dimensions and selection information. Although many special types and designs have been developed to meet a wide variety of requirements, the Series 51 and 53 trippers are adaptable to a majority of belt conveyor installations.

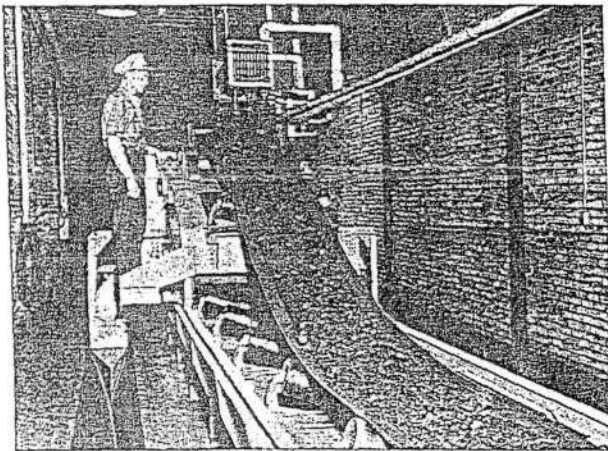
The Series 51 trippers are for heavy duty service and are for handling the heavier materials and those requiring steep chute angles to insure proper discharge.

The Series 53 trippers, while primarily intended for handling grain, may also be used to advantage for many other light

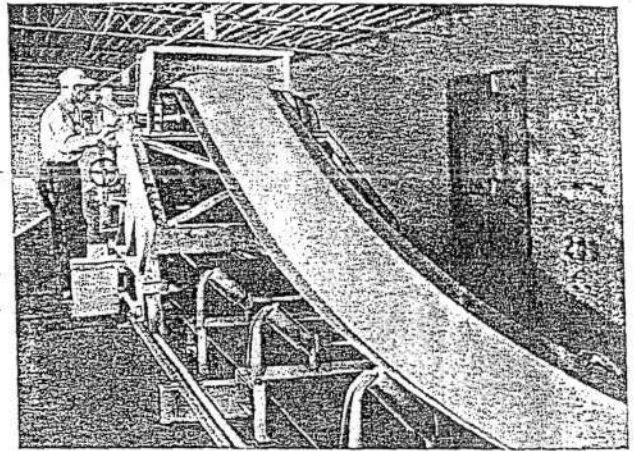
materials that can be discharged through a shallow angle chute. Both are for use with belt conveyors having a single direction of travel.

Many standard accessories are available for both types to meet the requirements of most installations. Other accessories include special bin seal chutes to confine dust created by discharging material, and special enclosures for the same purpose. Also, chutes may be provided with liners or stone boxes for handling highly abrasive materials.

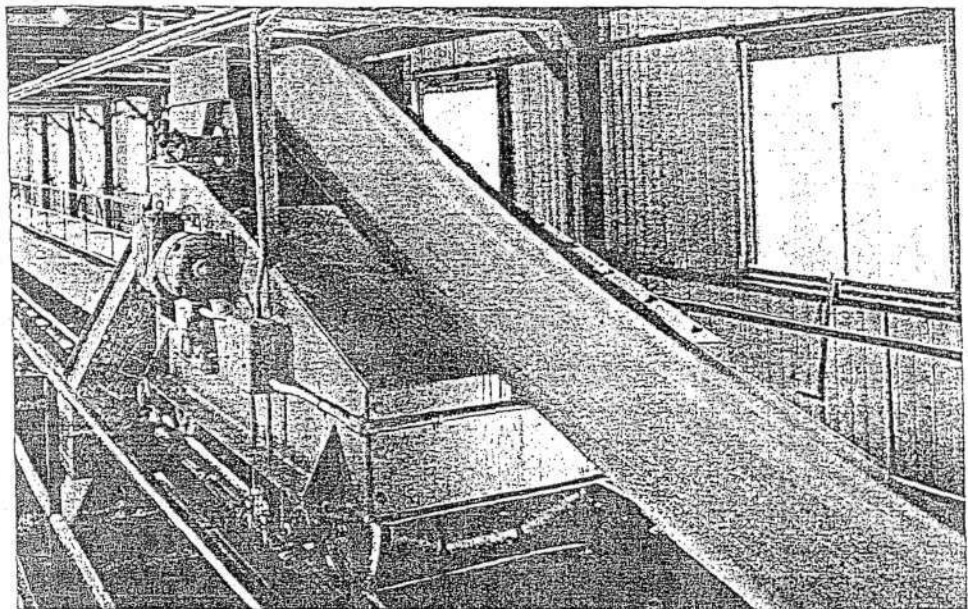
Material may be discharged beyond the range of conventional chutes by short cross-belt conveyors mounted on Series 51 trippers or on specially designed trippers. Also, this same method is sometimes used to assure dependable discharge of sticky materials that will not flow through a chute.



Series 51 belt propelled tripper equipped with chute dust seal plows for opening the rubber sealing strips over bunker opening. Photo 29876

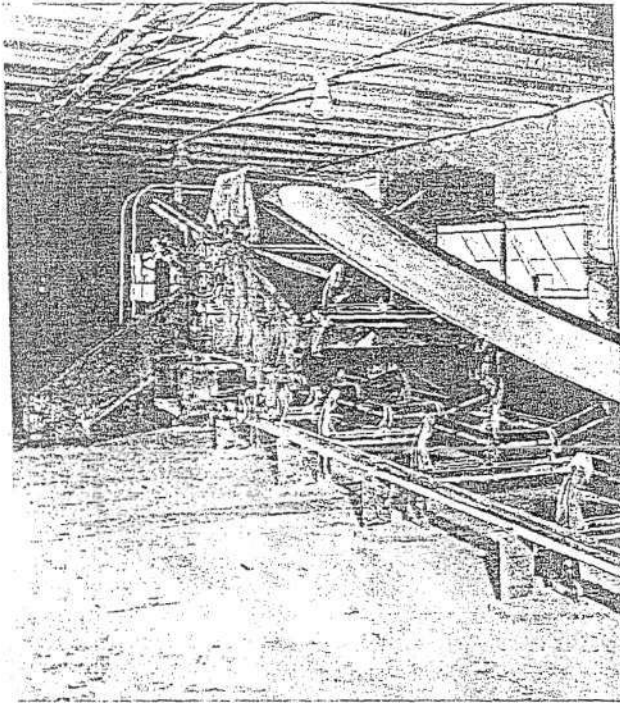


Series 53 belt propelled tripper distributing grain to storage silos of large elevator. Photo 39130

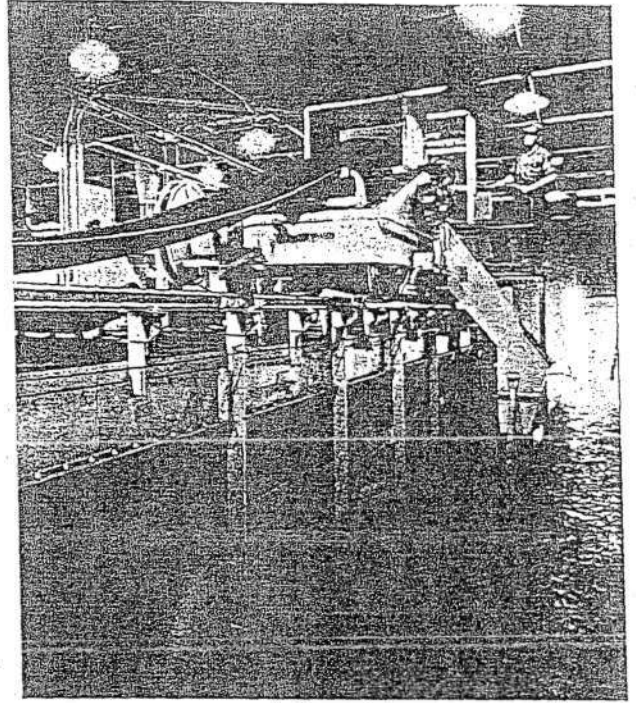


Series 51 motor propelled tripper discharging wood chips to one of three storage silos at a large paper company. Photo 36002

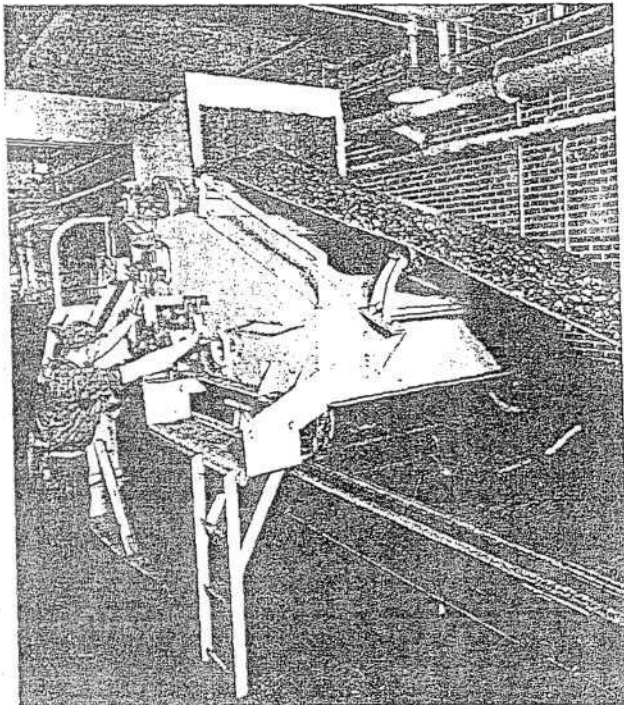
Belt trippers



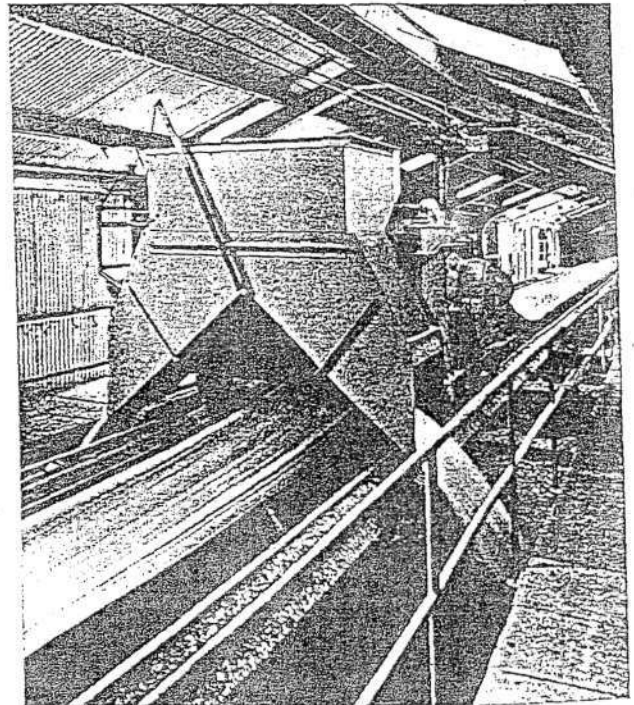
Series 53 belt propelled tripper with Type R discharge chute and extension spout, discharges grain to storage bins in five million bushel grain elevator. Photo 38326



Series 51 motor propelled tripper, equipped with a cable reel, discharges 450 tons per hour of coal to storage bunkers at municipal power plant. Bin seal chutes confine dust. Photo 34541



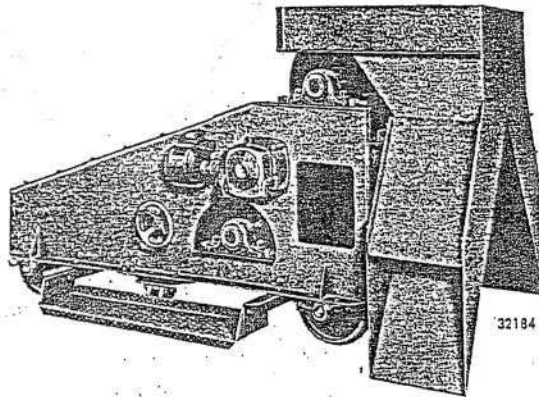
Series 51 belt propelled tripper distributes coal to bunkers at power plant. Dust seal curtain and bin seal hold dusting to a minimum. Photo 38096



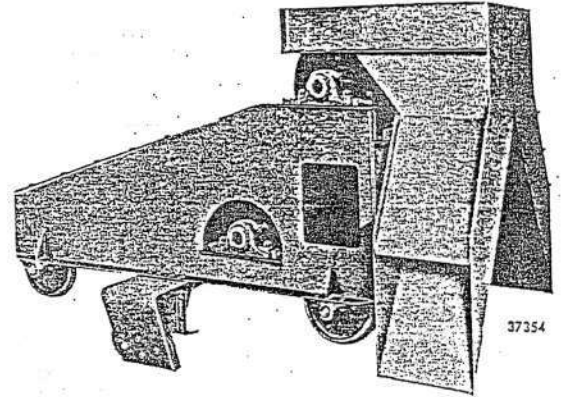
Series 51 motor propelled tripper, fitted with current collectors, delivers wood chips to silos at pulp and paper mill. Photo 33570

LINK-BELT

Belt trippers



Series 51 motor propelled tripper



Series 51 cable propelled tripper

Series 51 belt trippers

Series 51 belt trippers are belt propelled, cable propelled, or motor propelled, and are for heavy duty service. They will handle heavy materials and those requiring steep chute angles to insure proper discharge.

These trippers have a rigid welded steel frame to resist shock and minimize distortion. Pulleys are of welded steel construction equipped with taper lock bushings to prevent shifting and to provide a tight clamp fit on the shaft. Pulley shafts are of generous size and are carried by Link-Belt self-aligning roller bearing pillow blocks. To assure wheel alignment, the single flange wheels are mounted on through axles, operating in self-aligning roller bearing pillow blocks. Wheel guards are provided.

Crossover platforms, providing access to both sides of the conveyor, can be provided. Such platforms are normally attached to the front of the tripper chute and frame, and include a handrail, steps or a ladder at each end.

A belt scraper, for cleaning the belt between the two tripper pulleys, is normally provided. Other auxiliary accessories can be supplied.

Although primarily used with the several types of chutes shown on page 527, Series 51 belt trippers may be adapted for use with a cross shuttle belt and other discharge arrangements.

The **motor propelled tripper** is used where continuous and uniform distribution of material along the conveyor is required or where the tripper is to be moved or reversed frequently. Propelled by an independent electric motor, it can be automatically reversed at each end of its travel by limit switches carried on the tripper and actuated by stops placed where desired along the runway. Push buttons are provided for manual control to permit continued discharge at any desired location. The tripper can be moved when the conveyor belt is moving or stationary. Electric current may be transmitted to the tripper through trolley wires, or several types of rigid conductors, or a

cable reel carried on the tripper.

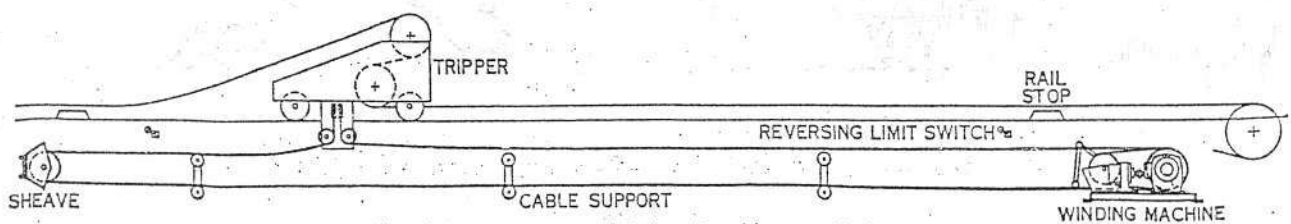
Each tripper is provided with a hand operated, powerful, quick-action rail clamp for holding it in a fixed position. When desired, the tripper can be equipped with an electrically operated brake which is automatically set when current is interrupted. Each tripper is provided with an operator's platform.

The rail clamp, the push button controls and the operator's platform can be on either side of the frame. The motor and speed reducer can also be on either side; however, it is recommended that they be on the side opposite the operator's platform and control buttons. When operation from both sides is desired, special dual controls and rail clamps can be furnished; however, a platform attached to the discharge chute is recommended to enable the operator to cross over the belt to a single set of controls. Travel speed is 30 feet per minute.

The **cable propelled tripper** is for installations where a power propelled tripper is required, but where electrical conductors or trolley wires needed for the motor propelled tripper are undesirable. Movement of the tripper, either for automatic reversing or for movement to specific locations, is obtained by a single wire rope suitably reeved through the tripper and a stationary sheave, and driven by a winding machine. The single wire rope drive assures tripper alignment throughout the travel distance.

The independently controlled winding machine drive permits automatic reversing by limit switches located along the track or manual operation by means of push buttons when continued discharge is desired at a given location. The winding machine motor is equipped with a disc type brake which brings the tripper to a stop at each end of its travel or at any point within the travel, and holds it stationary by the propelling rope.

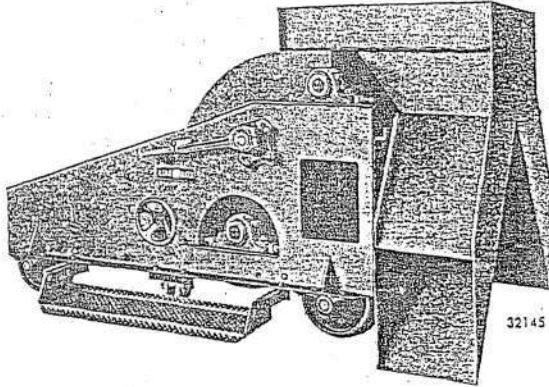
The independent motor drive permits the tripper to be moved while the belt conveyor is in operation or stopped. Travel speed is 33 feet per minute.



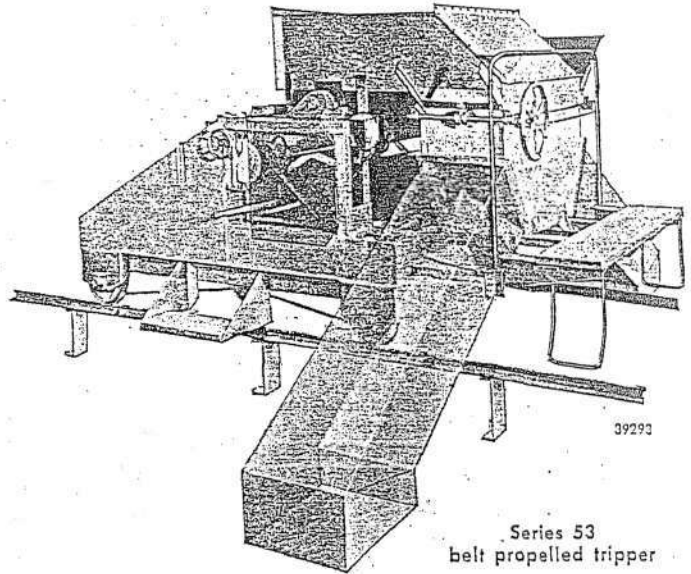
Schematic arrangement of Series 51 cable propelled tripper

Fig. 6444

Belt trippers



Series 51 belt propelled tripper



Series 53 belt propelled tripper

The belt propelled tripper is used where travel distance and direction will be manually controlled. Power to move tripper is obtained from the conveyor belt, and is transmitted from a pulley shaft to a countershaft through manually engaged friction wheels, and from the countershaft by chain drive to the tripper wheels.

Each tripper is provided with a hand operated, powerful, quick-action rail clamp for holding it in a fixed position. An operator's platform and a safety guard over the friction wheel drive are also furnished.

The rail clamp, operating lever and platform may be placed on either side. Tripper travel speed is approximately one tenth the speed of the conveyor belt.

Discharge chutes for Series 51 trippers are Types A, B, C, D and E on page 527. Chutes are normally furnished according to the dimensions shown, but can be provided with such variations as: increased projections with or without intermediate discharge points, vertical extensions, and ends arranged with plows for bin dust seals as on page 527 and in Photo 29876 on page 520.

To protect operator, the sides of the upper part of chutes extend beyond the point where the belt contacts the pulley.

The dimensions listed are for chutes used where the conveyor belt speed is between 300 and 400 FPM and for materials that will flow freely on the slope angles shown. Consult Link-Belt for dimensions of chutes used with belts traveling less than 300 FPM or faster than 400 FPM or for handling materials requiring a steeper sloping chute. Also consult Link-Belt for recommendations for handling materials which flow on a much flatter slope. A flatter sloped chute, in some cases, may permit a smaller tripper, depending upon such conditions as belt speed, belt tension, amount of material handled and type of chute.

The plate thicknesses shown and the dimensions given are for handling mildly abrasive materials having lumps not larger than half the maximum size permitted by the conveyor belt. Chutes with thicker plates or renewable, wear resisting linings are recommended for handling abrasive and large lump materials. Chutes for larger size lumps can be furnished.

Series 53 belt trippers

Series 53 belt trippers are designed for handling grain and similar lightweight bulk materials that will flow through a chute inclined at an angle of about 34 degrees from the horizontal. They may be belt or cable propelled.

The rigid welded steel frame with a 72" or 84" wheel base and a low center of gravity, provides strength and stability to resist shock and distortion.

Welded steel pulleys are fitted with taper lock bushings to provide a tight clamp fit on the shafts. Self-aligning ball bearing pillow blocks are used on the 72" wheel base trippers and self-aligning roller bearing pillow blocks on the 84" size.

The 12" diameter single flanged wheels are mounted on individual shafts with self-aligning ball bearing flanged bearings on supports which straddle the conveyor to permit a lower rail mounting. Unit stand belt idler supports can be used to support the rails because of this feature.

Power for tripper movement is obtained from the pulley shafts through steel roller chain drives to a countershaft provided with two interlocked Link-Belt friction clutches. Engagement of one or the other of the two clutches results in the forward or reverse rotation of the countershaft, which in turn drives the two front wheels. For safety, the clutches must be held in engagement during travel. When pressure on the operating lever is released the clutches automatically disengage to provide a "dead-man" control. Tripper travel speed is approximately one-eighth the conveyor belt speed.

A hand-operated friction brake on the countershaft permits accurate spotting and holding of tripper at discharge points.

The discharge chute hood, guards and removable side plates protect the operator from the moving parts. All controls are easily accessible from the operator's platform and can be located on either side of the tripper. Access to either side of the belt conveyor and the chute control gates is afforded by the cross over platform.

Discharge chutes for Series 53 trippers are of flanged welded steel, and are made in a variety of types and arrangements, for one-way, two-way or three-way discharge. For Type F two-way chutes, shown on page 528, flow of material is directed to either side of the belt conveyor by rack-and-pinion slide gates operated simultaneously by a hand wheel and a chain drive. Type R chutes, through rack-and-pinion slide gates, permit flow of material to either side as well as back onto the belt. Various chute extensions can be furnished including one that permits discharge to two different locations on the same side of belt. Chutes with heavier plates or renewable wear-resisting linings can also be furnished.

Optional features for Series 53 tripper include:

A hand-operated rail clamp to supplement the friction brake.

A four wheel drive where conditions warrant.

A chaff collecting screw conveyor mounted below the upper pulley for returning loose chaff to the discharge chute.

LINK-BELT

Belt trippers

Selection of tripper

The type of material to be handled, the maximum belt tension at the tripper and the slope of the discharge spout will determine the tripper selected.

Series 51 trippers are designed so that instead of having only one size for extreme conditions of each belt width, a selection can be made according to the varying requirements of pulley diameters, conveyor belt tensions and slope of discharge chutes. In the Series 53, a choice between pulley diameters and corresponding maximum belt tensions is available.

The selection of the tripper number is made from Table 2. Dimensions will be found on pages 525, 526 and 528.

A properly selected tripper will conform to the following requirements:

A pulley diameter equal to or greater than the recommended minimum diameter as determined by rated belt tension of the belt tripper. These minimum pulley diameters are shown in Table 1.

A belt tension rating of tripper, equal to or greater than the maximum tension in the conveyor belt at the tripper.

A chute with slope angle steep enough to assure flow of material through it. Ordinarily, the following slope angles have been found satisfactory:

- For very free-flowing materials such as grains and beans..... 30° to 35°
- For free-flowing materials such as clean gravel and clean sized coal..... 35° to 40°
- For moderately free-flowing materials such as low moisture sand, crushed stone, coal and ores..... 40° to 50°
- For sluggish materials similar to moist earth or wet coal and ores having fines and clay..... 50° to 60°

If material should require a steeper slope, a short, reversible cross belt is often used instead of a chute.

Table 1 • Recommended minimum pulley diameters

Belt carcass	Minimum pulley diameter, inches					
	Rated belt tension, pounds per inch of belt width					
	0-99	100-149	150-199	200-249	250-299	300-349
Cotton	16	20	20	24	30	36
Synthetic	16	18	20	20	24	30

Table 2 • Selection of tripper number

Belt width, inches	Series 51							Series 53			
	Chute angle, degrees		Maximum belt tension of tripper, pounds	Pulley diameter, inches	Tripper number			Approximate chute angle, degrees ▲	Maximum belt tension, pounds	Pulley diameter, inches	Tripper number
	A, B, C, D	E			Belt propelled	Cable propelled	Motor propelled				
14	48	57	2500	20	51B1420	51C1420	51M1420	...	...	...	.....
16	46	55	2500	20	51B1620	51C1620	51M1620	...	...	...	.....
18	44	54	2500	20	51B1820	51C1820	51M1820	...	...	...	.....
18	50	59	5000	24	51B1824	51C1824	51M1824	...	...	...	.....
20	43	53	2500	20	51B2020	51C2020	51M2020	...	...	...	.....
20	47	57	5000	24	51B2024	51C2024	51M2024	...	...	...	.....
24	40	50	2500	20	51B2420	51C2420	51M2420	33	2000	18	53B2418
24	45	55	5000	24	51B2424	51C2424	51M2424	33	2800	20	53B2420
24	51	61	7000	30	51B2430	51C2430	51M2430	...	...	...	.....
30 ¹	40	52	5000	24	51B3024	51C3024	51M3024	33	2000	18	53B3018
30	47	58	7000	30	51B3030	51C3030	51M3030	33	3600	20	53B3020
30	50	61	10000	36	51B3036	51C3036	51M3036	...	...	...	.....
36	44	56	7000	30	51B3630	51C3630	51M3630	33	2000	18	53B3618
36	47	59	10000	36	51B3636	51C3636	51M3636	33	3600	20	53B3620
36	50	62	11000	42	51B3642	51C3642	51M3642	...	...	...	.....
42	40	53	7000	30	51B4230	51C4230	51M4230	33	3000	18	53B4218
42	44	56	10000	36	51B4236	51C4236	51M4236	33	4800	20	53B4220
42	47	59	11000	42	51B4242	51C4242	51M4242	...	...	...	.....
48	41	54	10000	36	51B4836	51C4836	51M4836	33	3000	18	53B4818
48	44	57	11000	42	51B4842	51C4842	51M4842	33	4800	20	53B4820

▲ Actual slope 8 in 12.

Examples of tripper selection

Example 1

Select a belt tripper to handle coal under the following conditions:

- Conveyor belt..... 24" wide
- Belt tension at tripper..... 1900 pounds
- Required chute angle..... 45°

Solution

$$\frac{1900 \text{ pounds belt tension}}{24" \text{ wide belt}} = 79 \text{ pounds per inch of width}$$

Table 1 shows a minimum recommended pulley diameter of 16" for this tension.

Table 2 shows that Number 51B2420, 51C2420 or 51M2420 trippers are required with a Type E chute or the Number 51B2424, 51C2424 or 51M2424 trippers are required for Types A, B, C and D chutes.

Example 2

Select a belt tripper to handle grain under the following conditions:

- Material will flow through a chute having approximately a 33° angle.
- Belt width, specifications and tensions same as in Problem 1.

Solution

Table 2 shows that Number 53B2418 tripper may be used with any one of the chute variations.

Example 3

Select a tripper to handle crushed stone under the following conditions:

- Conveyor belt..... 24" wide
- Belt tension at tripper..... 4200 pounds
- Required chute angle..... 45°

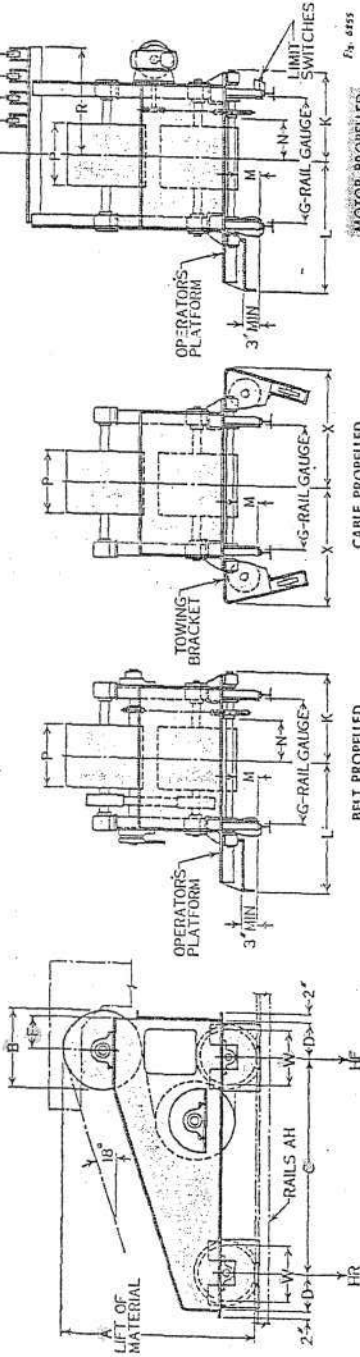
Solution

$$\frac{4200 \text{ pounds belt tension}}{24" \text{ wide belt}} = 175 \text{ pounds per inch of width}$$

Table 1 shows a minimum recommended pulley diameter of 20" for this tension.

Table 2 shows that Number 51B2424, 51C2424 or 51M2424 trippers with a 24" diameter pulley must be used because of the belt tension at tripper. Any type chute will meet the requirements.

CAN BE ASSEMBLED AS SHOWN OR OPPOSITE AS SHOWN

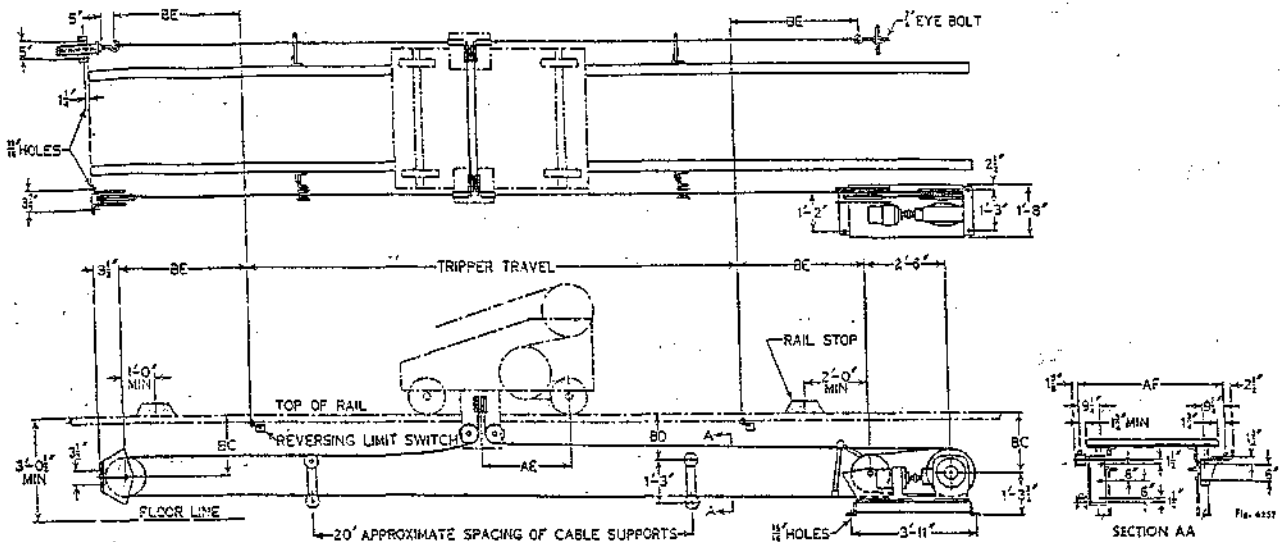


Series 51 belt, cable and motor propelled trippers

Belt propelled	Cable propelled	Motor propelled	Tripper number	Approx. weight each, pounds		Axle load, pounds†		Factor Y	Maximum belt tension, pounds	Approx. extra belt length required, feet and inches	INCHES										Rails, AH, pounds per yard	Ø			
				⊖	⊕	HF	HR				A	B	C	D	F	G	K Axle bearing Babbitted | roller		L	M			N	P	R	W	X	AG
51B1420	51C1420	51M1420	2000	1250	750	.0013	2,500	9-0	49 1/2	20	54	9	8 1/4	32	22 1/2	21 1/2	33 1/2	5 1/2	12 1/2	16	29 1/2	14	30 1/2	8 1/4	30
51B1620	51C1620	51M1620	2050	1290	760	.0013	2,500	9-0	49 1/2	20	54	9	8 1/4	34	23 1/2	22 1/2	34 1/2	5 1/2	13 1/2	18	30 1/2	14	31 1/2	9 1/4	30
51B1820	51C1820	51M1820	2100	1330	770	.0013	2,500	9-0	49 1/2	20	54	9	8 1/4	36	24 1/2	23 1/2	35 1/2	5 1/2	14 1/2	20	31 1/2	14	32 1/2	10 1/4	30
51B1824	51C1824	51M1824	2600	1700	900	.0018	5,000	10-4	59 1/2	24	72	9	10 1/4	36	24 1/2	23 1/2	35 1/2	5 1/2	14 1/2	20	31 1/2	14	32 1/2	10 1/4	30
51B2020	51C2020	51M2020	2150	1370	780	.0013	2,500	9-0	49 1/2	20	54	9	8 1/4	38	25 1/2	24 1/2	36 1/2	5 1/2	15 1/2	24	32 1/2	14	33 1/2	11 1/4	30
51B2024	51C2024	51M2024	2650	1730	920	.0018	5,000	10-4	59 1/2	24	72	9	10 1/4	38	25 1/2	24 1/2	36 1/2	5 1/2	15 1/2	24	32 1/2	14	33 1/2	11 1/4	30
51B2240	51C2420	51M2420	2250	1450	800	.0013	2,500	9-0	49 1/2	20	54	9	8 1/4	42	27 1/2	26 1/2	38 1/2	5 1/2	17 1/2	26	34 1/2	14	35 1/2	13 1/4	30
51B2424	51C2424	51M2424	2800	1840	960	.0018	5,000	10-4	59 1/2	24	72	9	10 1/4	42	27 1/2	26 1/2	38 1/2	5 1/2	17 1/2	26	34 1/2	14	35 1/2	13 1/4	30
51B2430	51C2430	51M2430	4700	3000	1700	.0033	7,000	12-7	73 1/2	30	90	11	13 1/4	42	30 1/2	27 1/2	40 1/2	7 1/2	17	26	34 1/2	18	35 1/2	13 1/4	40
51B3024	51C3024	51M3024	3000	1980	1020	.0018	5,000	10-4	59 1/2	24	72	9	10 1/4	48	30 1/2	29 1/2	41 1/2	7 1/2	20 1/2	32	37 1/2	14	38 1/2	16 1/4	30
51B3030	51C3030	51M3030	5000	3200	1800	.0033	7,000	12-7	73 1/2	30	90	11	13 1/4	48	33 1/2	30 1/2	43 1/2	7 1/2	20	32	37 1/2	18	38 1/2	16 1/4	40
51B3036	51C3036	51M3036	6000	3800	2200	.0042	10,000	15-2	83 1/2	36	108	11	16 1/4	48	33 1/2	30 1/2	43 1/2	7 1/2	20	32	37 1/2	18	38 1/2	16 1/4	40
51B3630	51C3630	51M3630	5300	3400	1900	.0033	7,000	12-7	73 1/2	30	90	11	13 1/4	54	36 1/2	27 1/2	40 1/2	7 1/2	17	26	34 1/2	18	35 1/2	13 1/4	40
51B3636	51C3636	51M3636	6300	4000	2300	.0042	10,000	15-2	83 1/2	36	108	11	16 1/4	54	36 1/2	29 1/2	41 1/2	7 1/2	20 1/2	32	37 1/2	14	38 1/2	16 1/4	30
51B4230	51C4230	51M4230	5600	3600	2000	.0033	7,000	12-7	73 1/2	30	90	11	13 1/4	61	39 1/2	37 1/2	46 1/2	7 1/2	23	38	40 1/2	18	41 1/2	19 1/4	40
51B4236	51C4236	51M4236	6600	4200	2400	.0042	10,000	15-2	83 1/2	36	108	11	16 1/4	61	39 1/2	37 1/2	46 1/2	7 1/2	23	38	40 1/2	18	41 1/2	19 1/4	40
51B4242	51C4242	51M4242	8100	5300	2800	.....	11,000	17-3	94 1/4	42	120	11	19 3/4	61	42 1/2	40	53	7 1/2	26 1/2	44	46	18	44 1/2	22 1/4	40
51B4836	51C4836	51M4836	6900	4400	2500	.0042	10,000	15-2	83 1/2	36	108	11	16 1/4	67	42 1/2	40	53	7 1/2	29 1/2	51	48	18	47 1/2	25 1/4	40
51B4842	51C4842	51M4842	8500	5500	3000	.....	11,000	17-3	94 1/4	42	120	11	19 3/4	67	42 1/2	40	53	7 1/2	29 1/2	51	49	18	47 1/2	25 1/4	40

Have dimensions certified for installation purposes.
 † Includes: roller bearing pillow blocks for pulley shafts and axles, operator's platform, belt scraper, hand operated clamp to engage rail. Does not include discharge chute.
 * Includes: roller bearing pillow blocks for pulley shafts and axles, belt scraper, towing bracket and haulage equipment shown on page 526. Does not include discharge chute.
 † Includes: speed reducer, totally enclosed motor and push button starter for manual and automatic operation for 220/440 volt 60 cycle AC, 3 limit switches, rail clamped limit switch trips, wiring in conduit between motor, starters, limit switches and push buttons, roller bearing pillow blocks for pulley shafts and axles, operator's platform, belt scraper, hand operated clamp to engage rail. Does not include: discharge chute, brake on motor, electric conductors along runway, current collectors or cable reel, wiring from power source to controls.
 ⊕ Does not include weight of discharge chute. For total weight of cable propelled tripper, add weight given, an additional 3% of this weight, and weight of haulage equipment shown on page 526. See columns HF and HR for axle loads.
 † No allowance made for weight of discharge chute or effect of tension in conveyor belt. If, when these are considered, load at HF is less than 1/2 of total load on all four wheels, consult Link-Belt.
 ⊗ Horsepower factor for belt propelled trippers with Type A, B, C, D or E chute: Horsepower to add to conveyor belt horsepower to propel tripper = Speed of belt (FPM) X factor Y. Belt pull in pounds to propel tripper = Factor Y X 33,000.
 ⊕ Consult Link-Belt for additional horsepower required when ends of chutes are fitted with bunker seals. Clearance for drive chain.
 ⊗ Rails normally used. Rail clamp suitable for 25 to 45 pound rails, but can be altered to suit rails up to 80 pounds per yard, when specified.

Belt trippers



Haulage equipment for Series 51 cable propelled tripper

Tripper number A	Approx. weight each, pounds Δ	AE	AF	BC	BD	BE	Tripper number A	Approx. weight each, pounds Δ	AE	AF	BC	BD	BE
		INCHES							INCHES				
51C1420	675	34	47 1/2	22 1/2	17 1/2	72	51C3030	775	47 1/2	63 1/2	19 1/2	14 1/2	88
51C1620	675	34	49 1/2	22 1/2	17 1/2	72	51C3036	775	59 1/2	63 1/2	19 1/2	14 1/2	100
51C1820	675	34	51 1/2	22 1/2	17 1/2	72	51C3630	775	47 1/2	69 1/2	19 1/2	14 1/2	88
51C1824	675	40	51 1/2	22 1/2	17 1/2	78	51C3636	775	59 1/2	69 1/2	19 1/2	14 1/2	100
51C2020	675	34	53 1/2	22 1/2	17 1/2	72	51C3642	775	66 1/2	69 1/2	19 1/2	14 1/2	108
51C2024	675	40	53 1/2	22 1/2	17 1/2	78	51C4230	775	47 1/2	76 1/2	19 1/2	14 1/2	88
51C2420	675	34	57 1/2	22 1/2	17 1/2	72	51C4236	775	59 1/2	76 1/2	19 1/2	14 1/2	100
51C2424	675	40	57 1/2	22 1/2	17 1/2	78	51C4242	775	66 1/2	76 1/2	19 1/2	14 1/2	108
51C2430	675	47 1/2	57 1/2	19 1/2	14 1/2	88	51C4836	775	59 1/2	82 1/2	19 1/2	14 1/2	108
51C3024	675	40	63 1/2	22 1/2	17 1/2	78	51C4842	775	66 1/2	82 1/2	19 1/2	14 1/2	108

Have dimensions certified for installation purposes.

Δ Haulage equipment includes haulage machine with totally enclosed motor with disc type motor mounted brake, push button reversing starter for manual and automatic operation for 220/440 volt, 60 cycle AC, two limit switches, two over-travel limit switches, propelling cable, cable supports,

sheaves, cable attachments and slack cable switch. Does not include wiring from power source to controls.

Δ Based on 50-foot tripper travel. Add or subtract 2 pounds for each foot of difference.

Belt trippers

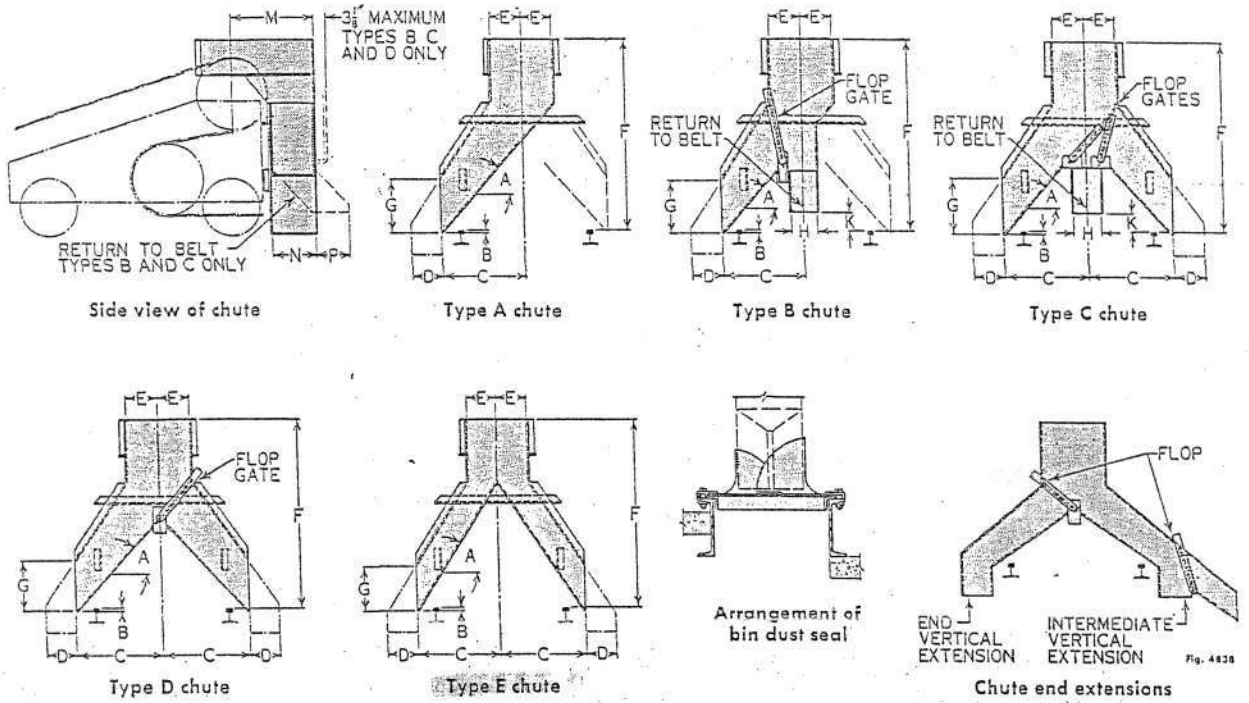


Fig. 4838

Series 51 belt tripper chutes

Use with tripper number ▲	A Chute angle, degrees		Thickness of plate regularly furnished	Weight, pounds					INCHES											
	Types ABCD			Type E	Type A	Type B	Type C	Type D	Type E	B	C †	D Δ	E	F	G □	H	K	M	N	P
1420	48	57	10 ga.	175	235	305	260	230	0	23	9	9	53	15 1/4	8	6 1/2	23	12	11 1/2	
1620	46	55	10 ga.	185	245	325	270	240	■	24	9	10	53	15 1/4	9	6 1/2	23	12	11 1/2	
1820	44	54	10 ga.	195	260	340	285	250	○	25	9	11	53	14 3/4	10	6 1/2	23	12	11 1/2	
1824	50	59	10 ga.	260	355	465	375	335	○	25	12	11	63	21	10	6 1/2	31	18	12 1/2	
2020	43	53	10 ga.	205	270	370	295	260	1/4	27	9	12	53	15 1/4	11	6 1/2	23	12	11 1/2	
2024	47	57	10 ga.	270	365	480	390	345	1/4	27	12	12	63	20 3/4	11	6 1/2	31	18	12 1/2	
2420	40	50	10 ga.	220	295	380	315	275	○	29	9	14	53	14 3/4	13	6 1/2	23	12	11 1/2	
2424	45	55	10 ga.	290	390	505	420	370	1/4	29	12	14	63	20 3/4	13	6 1/2	31	18	12	
2430	51	61	3/4 in.	480	600	760	660	620	1 1/4	29	12	14	77	25 3/4	13	8	34	18	15 1/4	
3024	40	52	10 ga.	315	405	540	450	400	○	32	12	17	63	20 1/2	16	6 1/2	31	18	12	
3030	47	58	3/4 in.	530	670	860	730	675	1/4	32	12	17	77	24 1/4	16	8	34	18	14 1/4	
3036	50	61	3/4 in.	590	720	950	810	750	1 1/4	32	12	17	87	28 1/4	16	8	31	18	15 1/4	
3630	44	56	3/4 in.	580	735	935	805	725	1/4	35	12	20	77	24 3/4	19	8	34	18	14 1/4	
3636	47	59	3/4 in.	645	785	1025	875	800	1/4	35	12	20	87	27 3/4	19	8	37	18	15 1/4	
3642	50	62	3/4 in.	765	935	1175	1015	935	1 1/4	35	12	20	97	30 3/4	19	8	40	18	15 1/2	
4230	40	53	3/4 in.	630	800	1030	870	780	1 1/4	40	12	23	77	24 1/4	22	8	34	18	13 1/4	
4236	44	56	3/4 in.	705	850	1090	930	850	1 3/4	40	12	23	87	26 3/4	22	8	37	18	15 1/4	
4242	47	59	3/4 in.	830	1020	1290	1100	1000	2 1/4	40	12	23	97	29 1/4	22	8	40	18	15 1/2	
4836	41	54	3/4 in.	770	920	1170	1010	910	1 3/4	43	12	26 1/2	87	26 3/4	25	8	37	18	14 1/4	
4842	44	57	3/4 in.	900	1090	1380	1190	1075	1 3/4	43	12	26 1/2	97	29 1/4	25	8	40	18	15 1/4	

Have dimensions certified for installation purposes.
 ▲ Tripper numbers are equivalent to numbers in Table 2, page 524 and numbers listed on preceding pages. Prefixes 51M, 51C, or 51B are omitted here since some chutes can be used on either motor propelled, cable propelled, or belt propelled trippers. In ordering chute, specify full tripper number; as, Type A chute for number 51M2430 tripper.
 ■ Bottom of chute is 3/8" above top of rails
 ○ Bottom of chute is 1" above top of rails.

† For cable propelled trippers add 4", and vary dimension B accordingly.
 Δ Dimension to which vertical extensions are furnished unless otherwise requested. Specify amount of extension below top of rail.
 □ For Type E chutes: 14 3/4" for 1420
 14 3/4" for 1620
 18" for 1824
 18 1/4" for 2024

Tabla 5-13

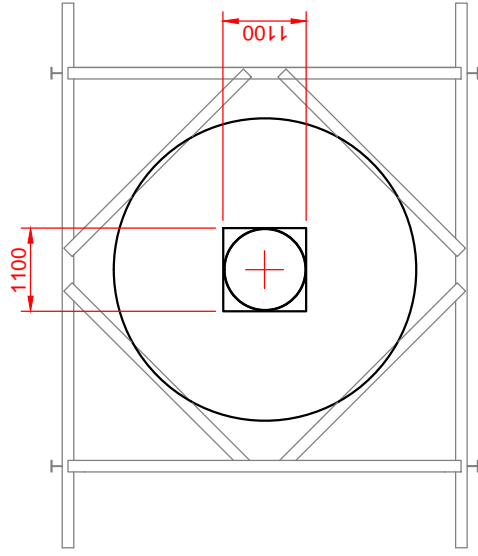
Peso Promedio (lbs) de las Partes Rotatorias de Rodillos Abarquillados - Rodillos de Acero

Ancho de la laja (pulgadas)	Clasificación de rodillos CEMA										
	A4	A5	B4	B5	C4	C5	C6	D5	D6	E6	E7
18	12.7	16.2	15.0	19.2	14.5	19.1	26.7				
24	15.8	21.2	18.3	24.2	17.5	23.2	32.6	23.2	32.6		
30	18.9	25.0	21.8	28.3	20.5	26.8	38.0	26.8	38.0		
36	22.0	28.6	25.3	33.0	23.5	31.3	43.6	31.3	43.6	64.8	81.8
42			30.8	38.1	26.5	35.2	49.2	35.2	49.2	73.3	91.7
48			32.9	41.6	29.5	39.3	54.8	39.3	54.8	81.9	101.3
54						45.9	62.3	45.9	62.3	93.6	121.8
60						50.1	68.3	50.1	68.3	102.2	132.7
72								57.9	77.8	119.4	154.5
84										132.0	164.0
96										145.3	173.0

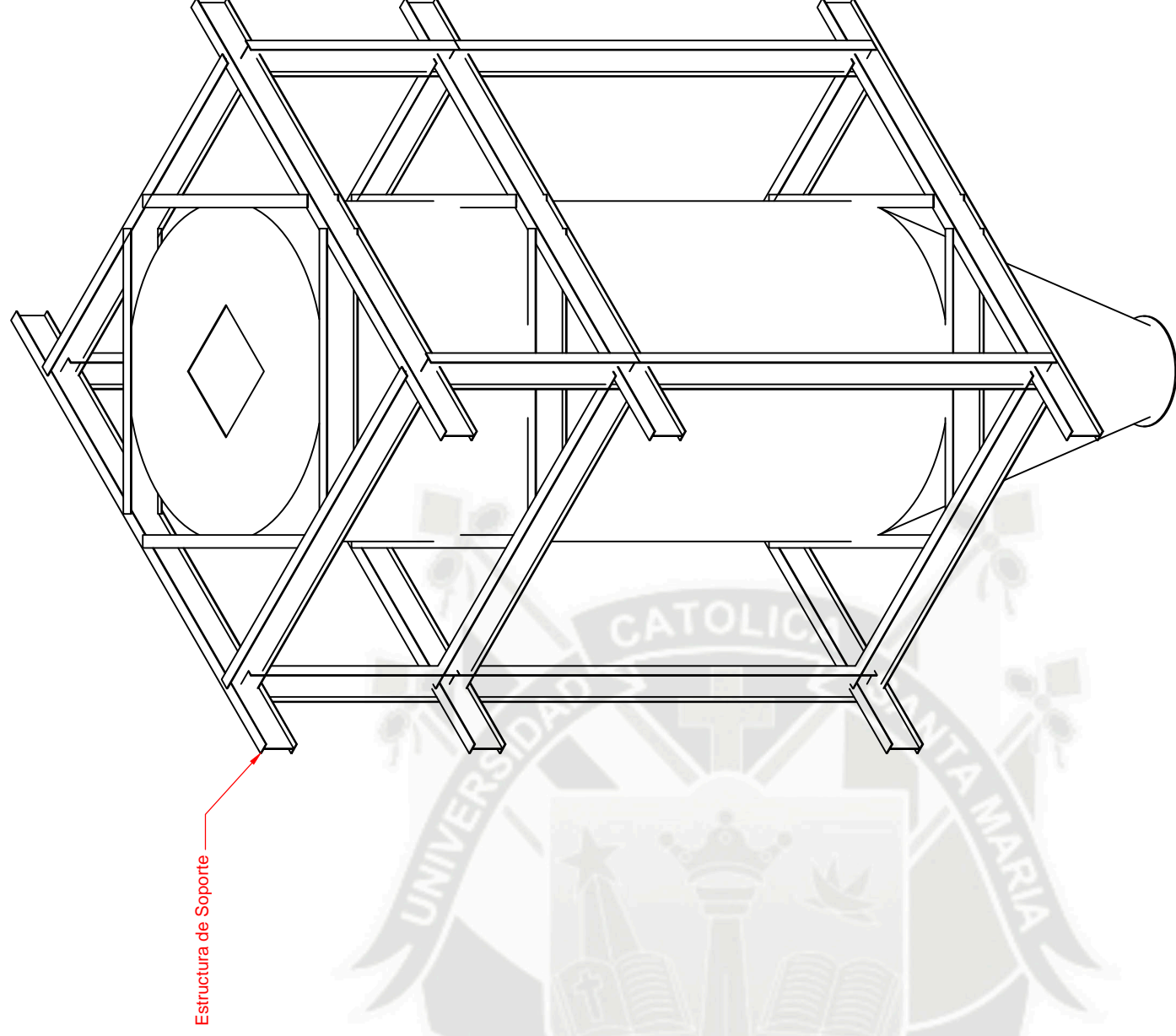
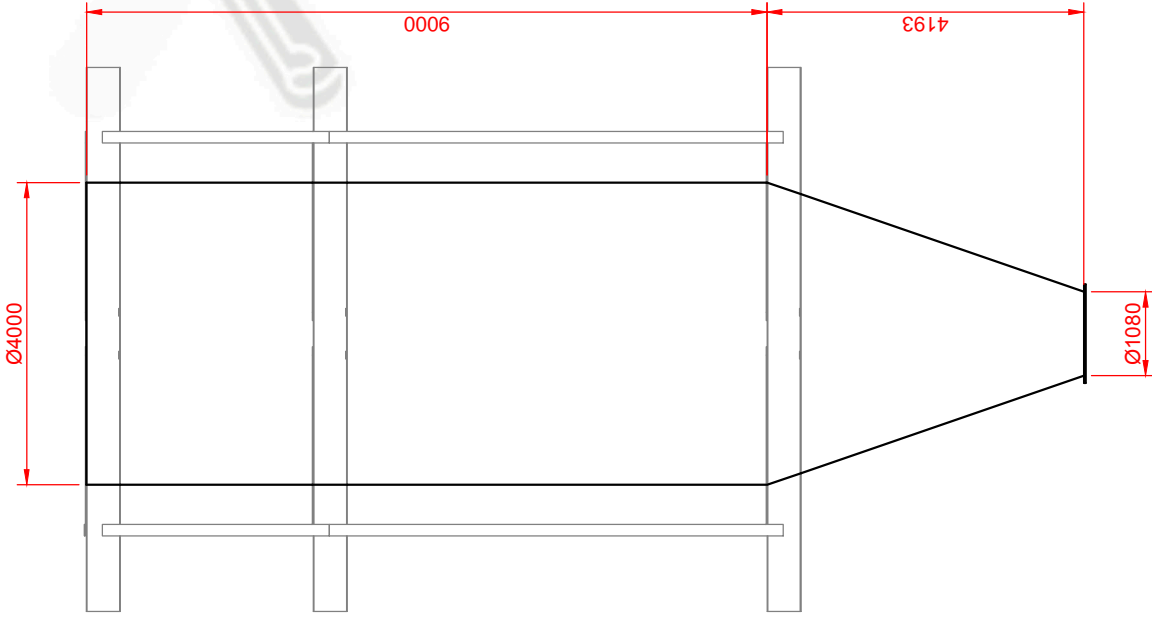


Planos

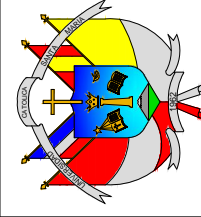
VISTA EN PLANTA
Escala 1:100



VISTA EN ELEVACIÓN
Escala 1:100



ISOMETRICO
Escala S/E



U.C.S.M.

DISEÑO Y SELECCION DE UNA FAJA TRIPPER PARA UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
CONCENTRADO DE COBRE CON CAPACIDAD DE 600 TON/HR

TOLVA DE ALMACENAMIENTO 250TN

ESCALA:
1:100



DIBUJADO 11/11/2014 Delfor Ballon / Rafael Alonso

PLANO: 10

DE: 10

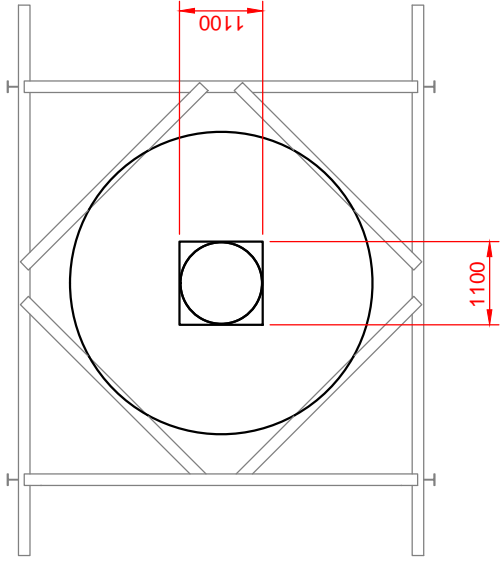
REVISADO 11/11/2014 MVS

NOMBRE

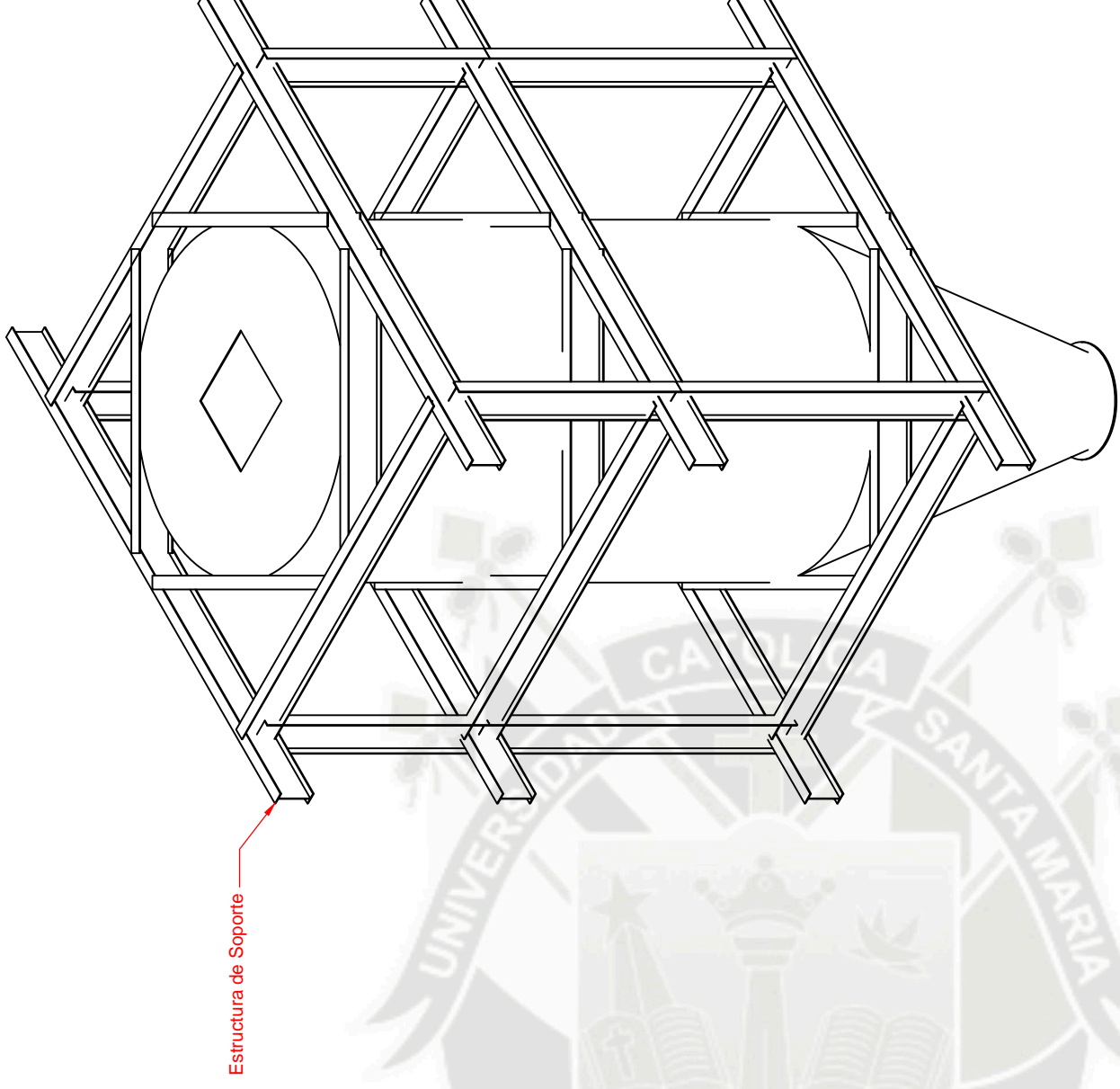
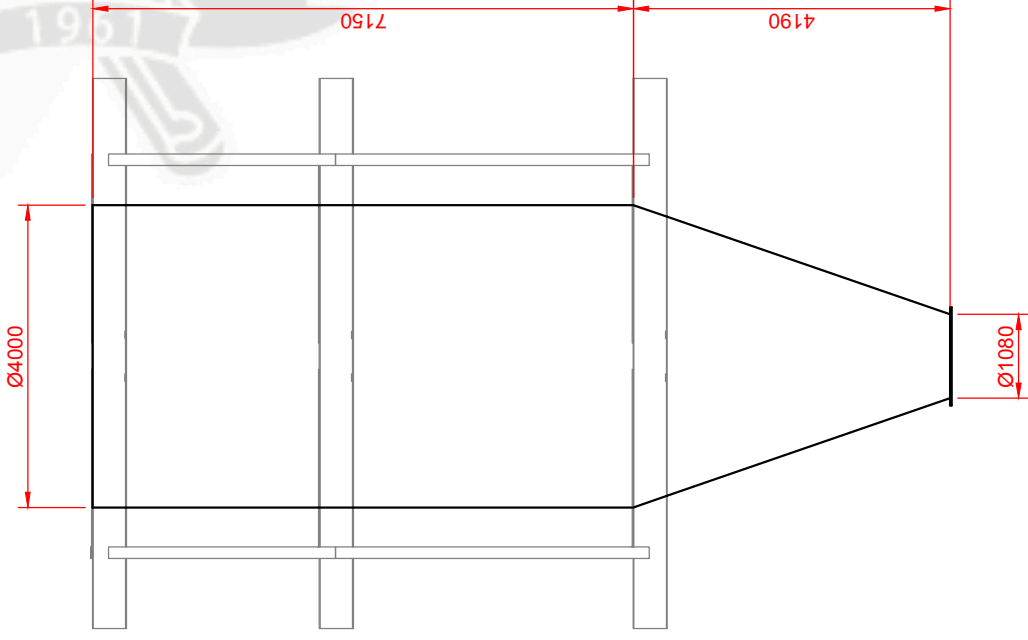
UNIDADES: mm

FECHA

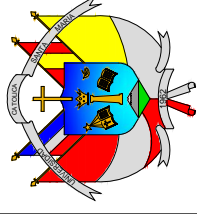
VISTA EN PLANTA
Escala 1:100



VISTA EN ELEVACIÓN
Escala 1:100



ISOMETRICO
Escala S/E



U.C.S.M.

DISEÑO Y SELECCION DE UNA FAJA TRIPPER PARA UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
CONCENTRADO DE COBRE CON CAPACIDAD DE 600 TON/HR

TOLVA DE ALMACENAMIENTO 150TN

ESCALA:
1:100



DIBUJADO 11/11/2014 Delfor Ballon / Rafael Alonso

PLANO: 9

DE: 10

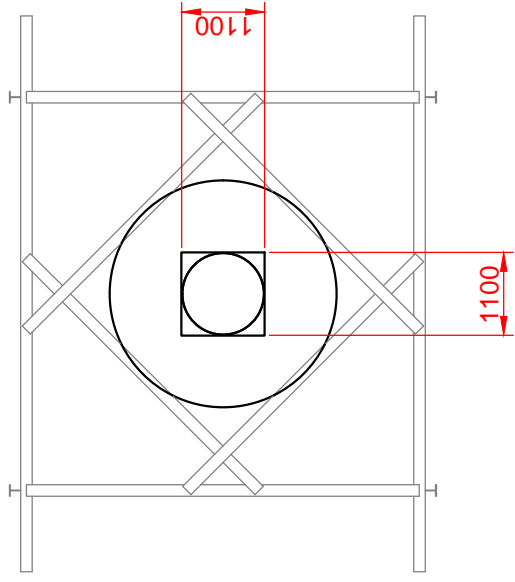
REVISADO 11/11/2014 MVS

UNIDADES: mm

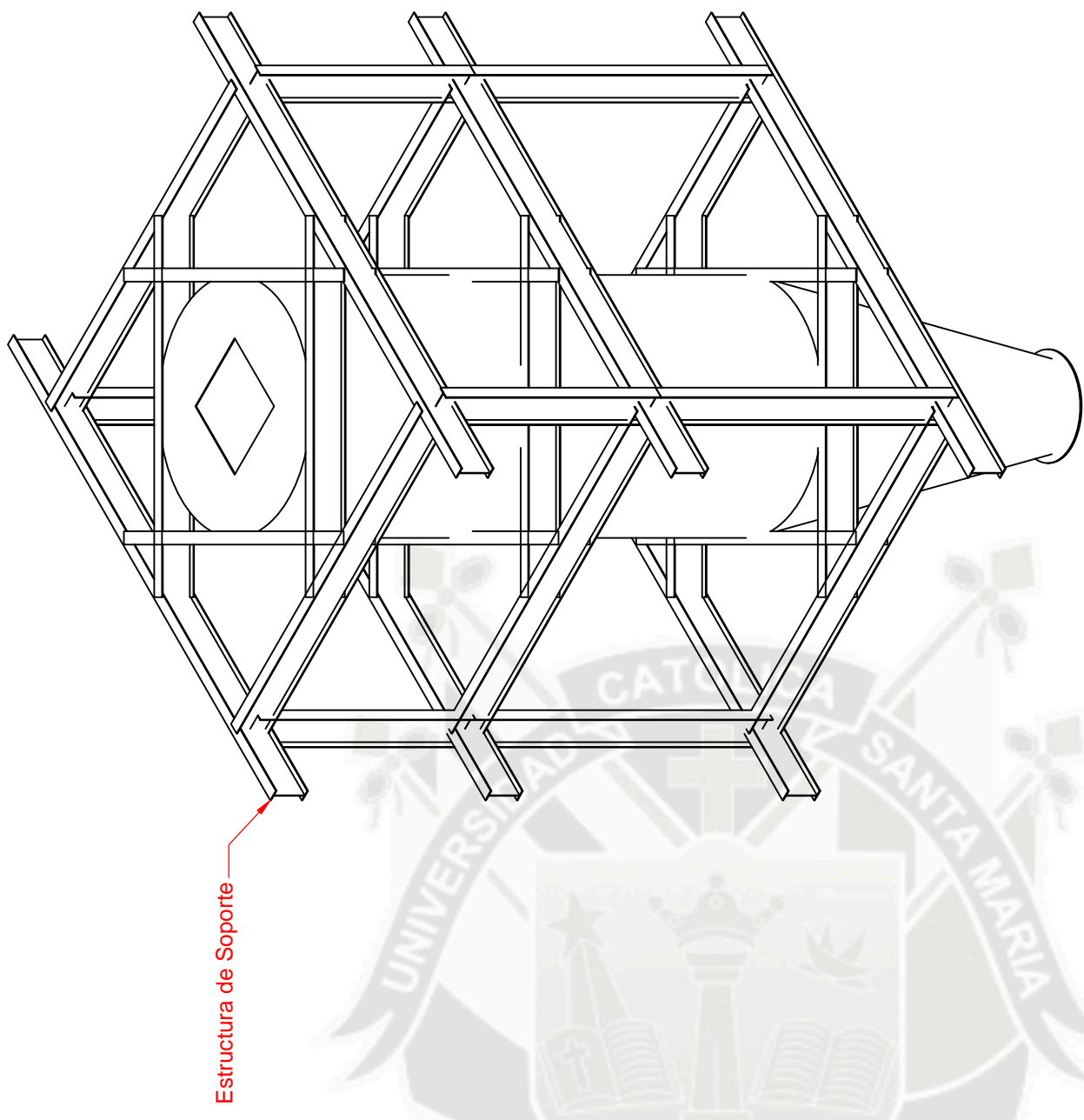
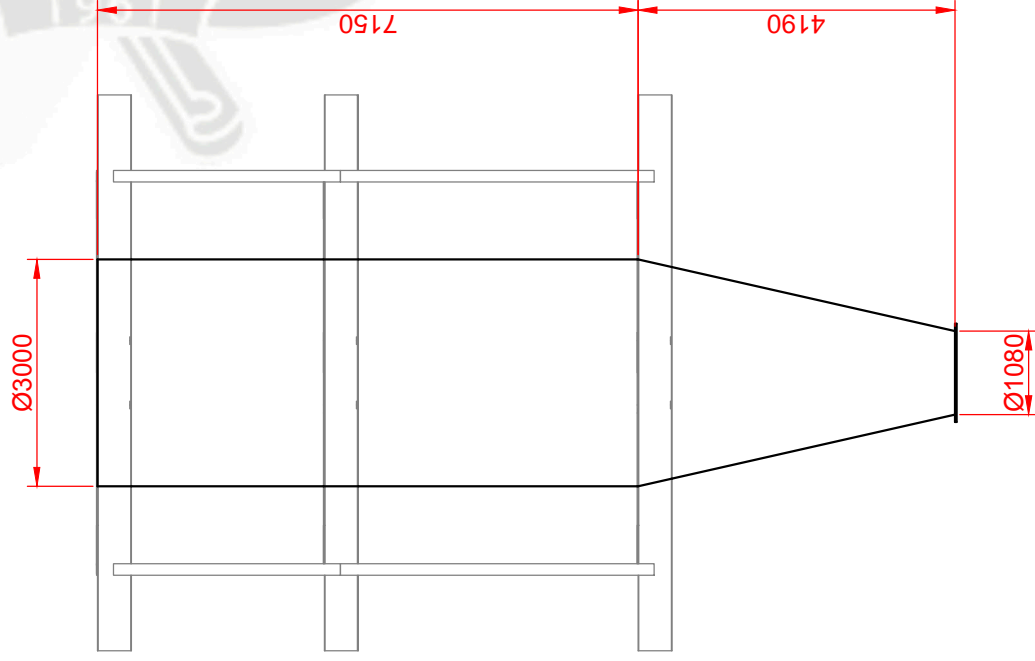
NOMBRE

FECHA

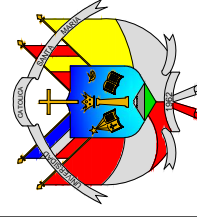
VISTA EN PLANTA
Escala 1:100



VISTA EN ELEVACIÓN
Escala 1:100



ISOMETRICO
Escala S/E

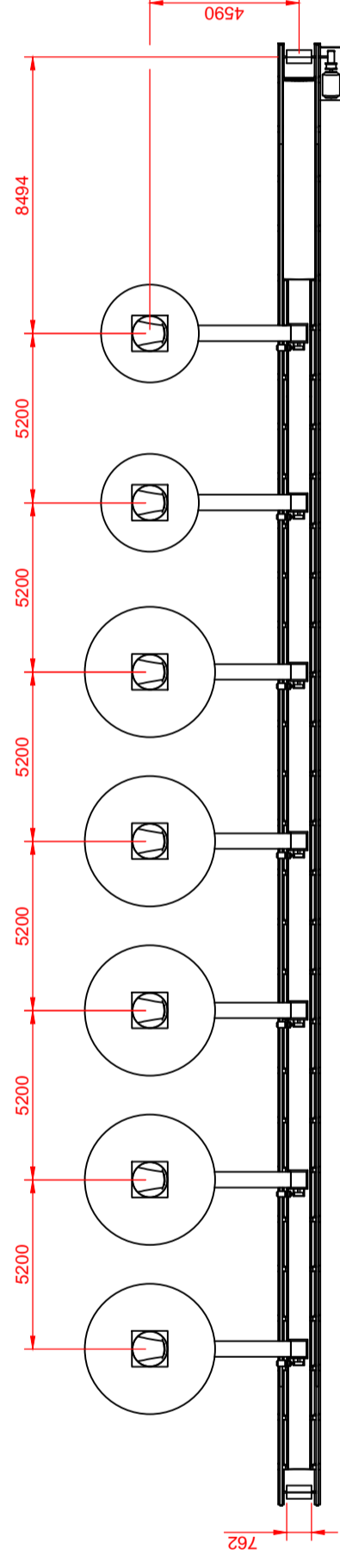


U.C.S.M.

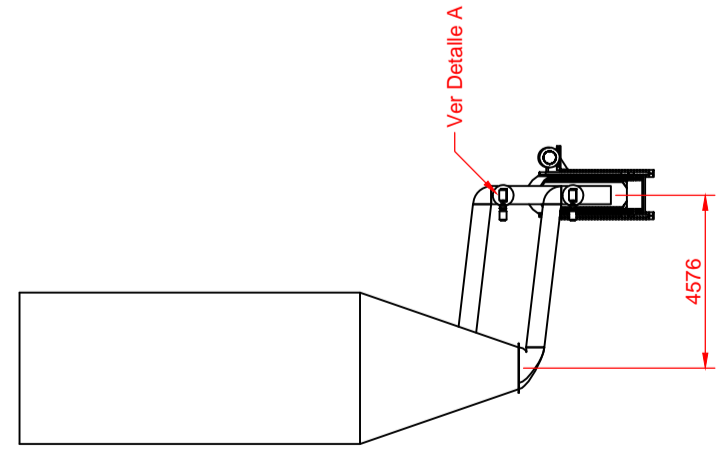
DISEÑO Y SELECCION DE UNA FAJA TRIPPER PARA UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
CONCENTRADO DE COBRE CON CAPACIDAD DE 600 TON/HR

TOLVA DE ALMACENAMIENTO 100TN		ESCALA:	1:100			
DIBUJADO	11/11/2014	Delfor Ballon / Rafael Alonso	PLANO:	8	DE:	10
REVISADO	11/11/2014	MVS	UNIDADES:	mm		
FECHA	NOMBRE					

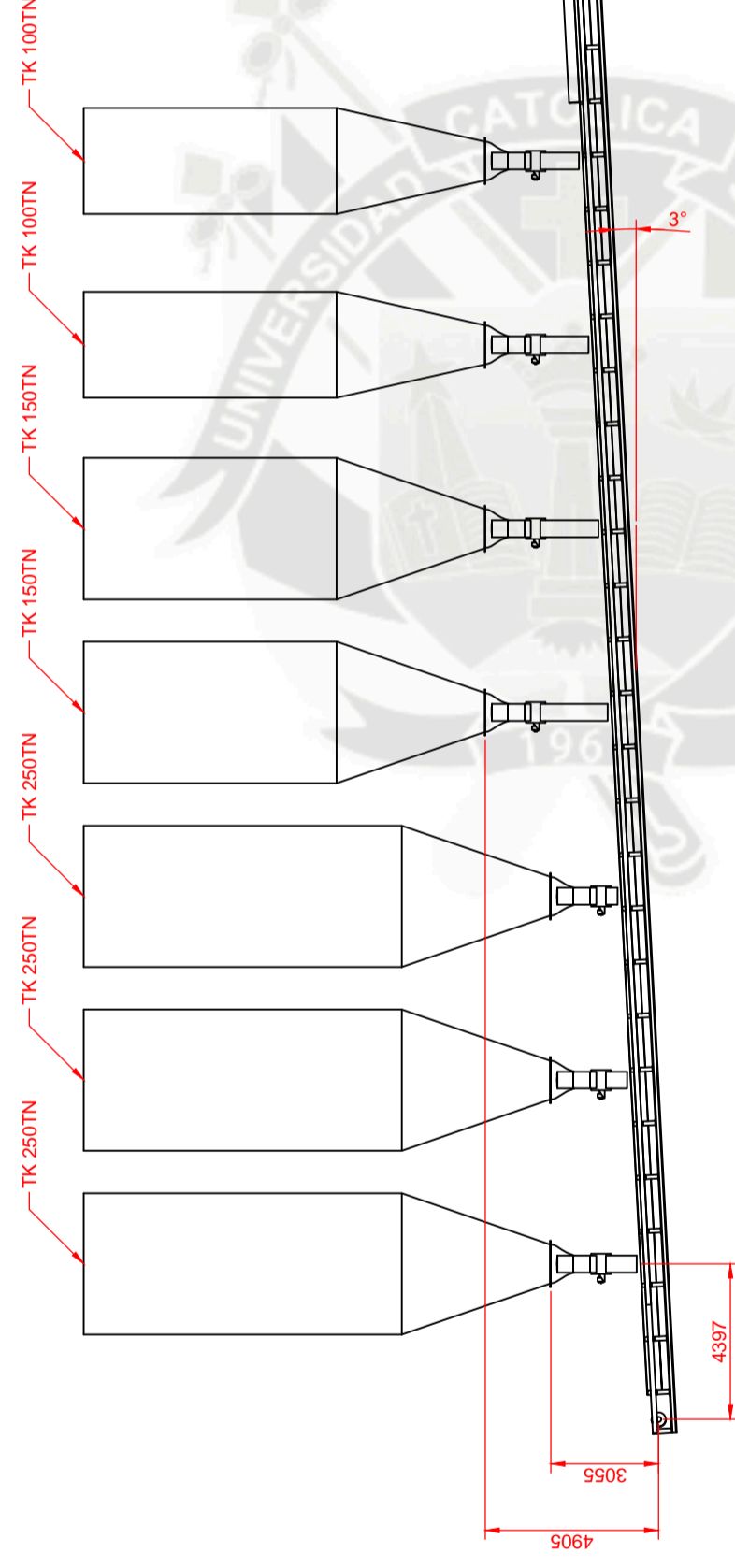
VISTA EN PLANTA
Escala 1:200



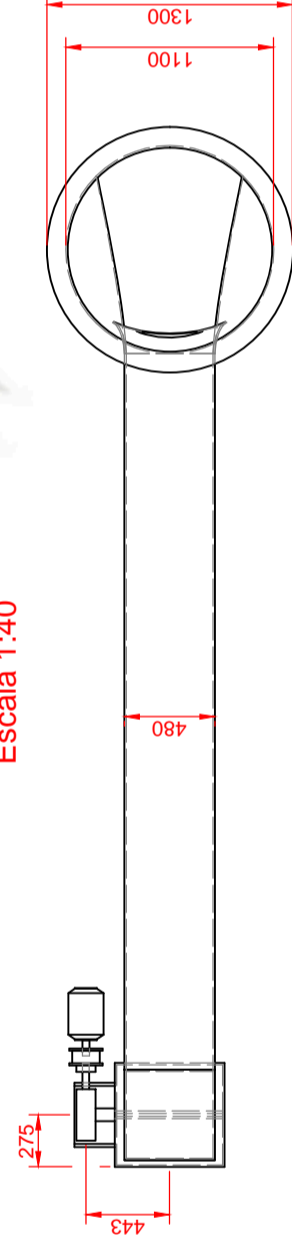
VISTA LATERAL
Escala 1:200



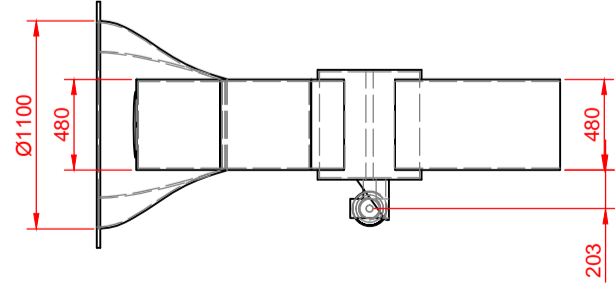
VISTA EN ELEVACIÓN
Escala 1:200



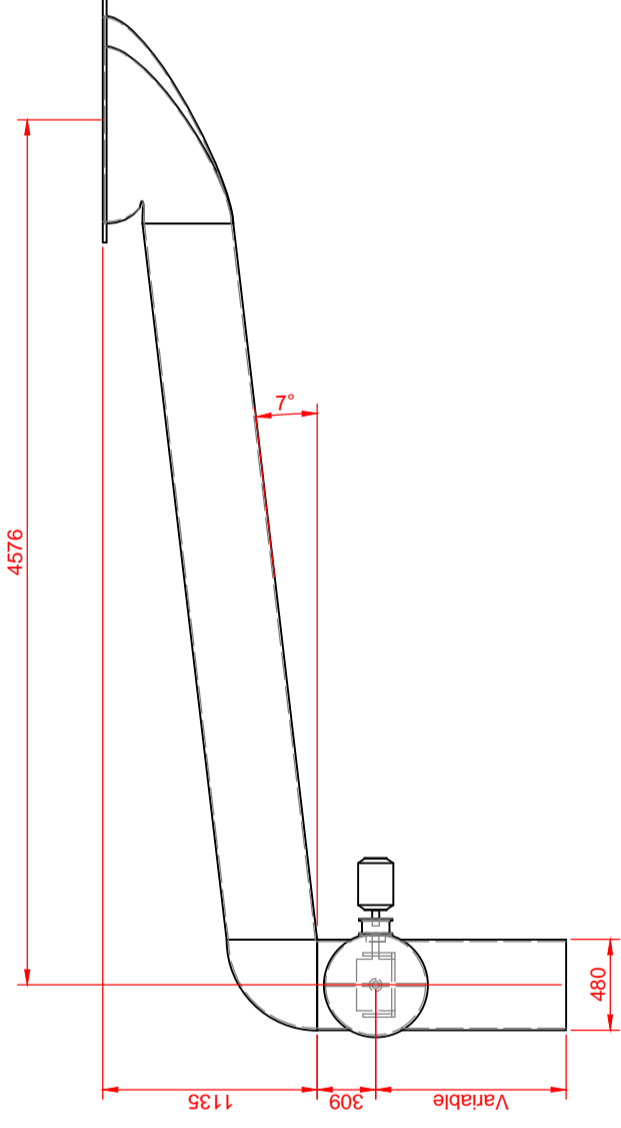
ALIMENTADOR - VISTA EN PLANTA
Escala 1:40



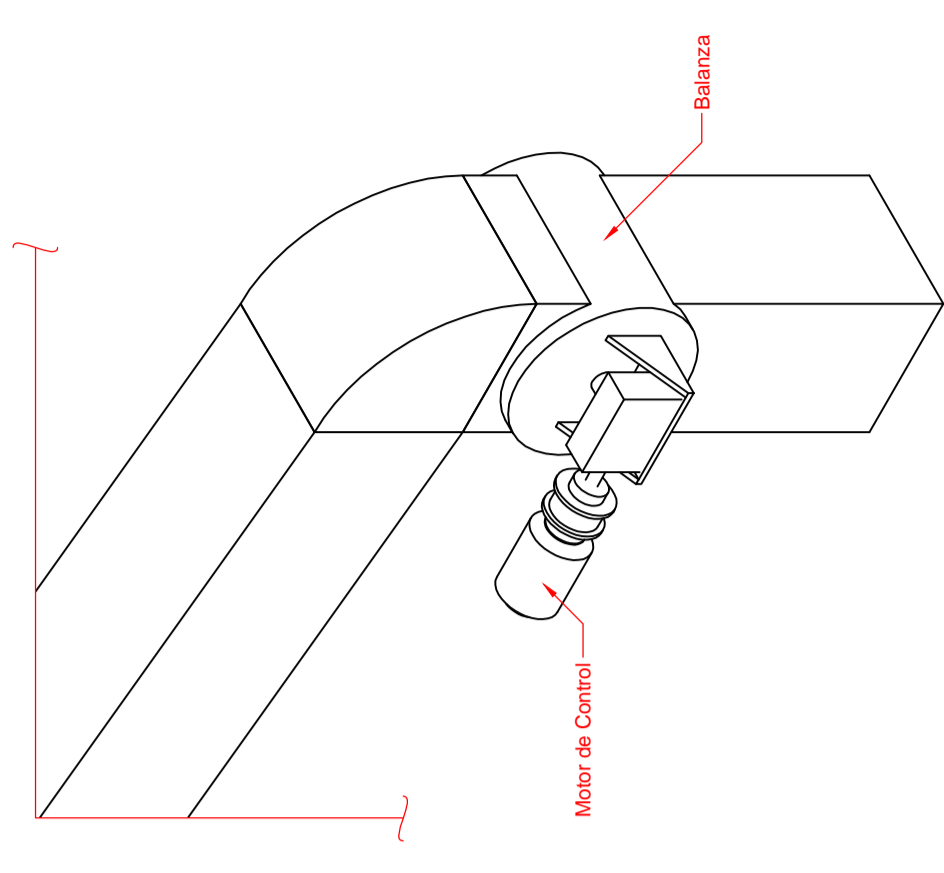
ALIMENTADOR - VISTA LATERAL
Escala 1:40



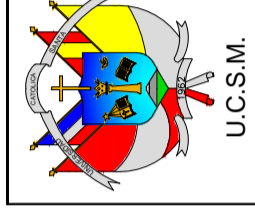
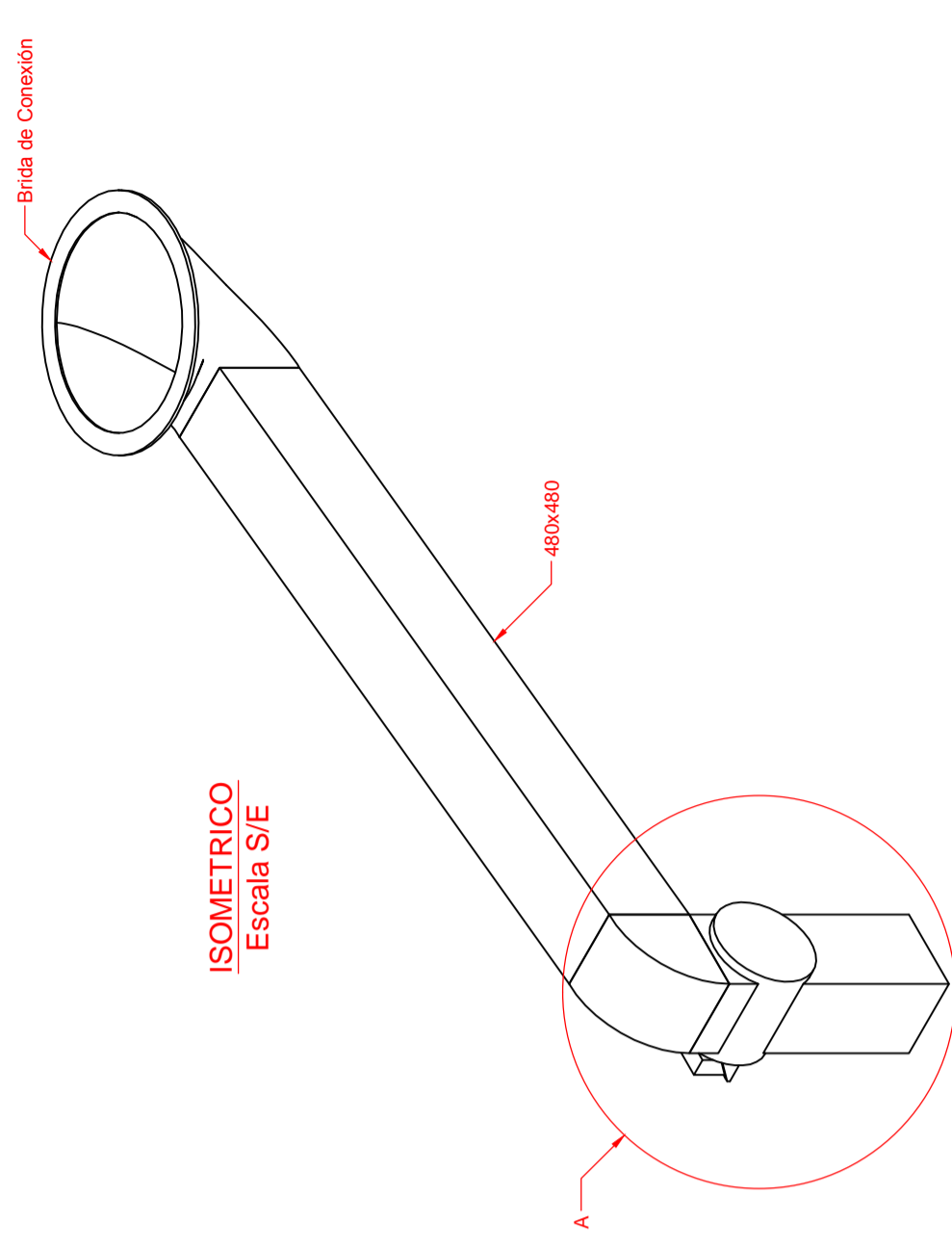
ALIMENTADOR - VISTA EN ELEVACIÓN
Escala 1:40



ISOMETRICO - DETALLE A
Escala 1:20

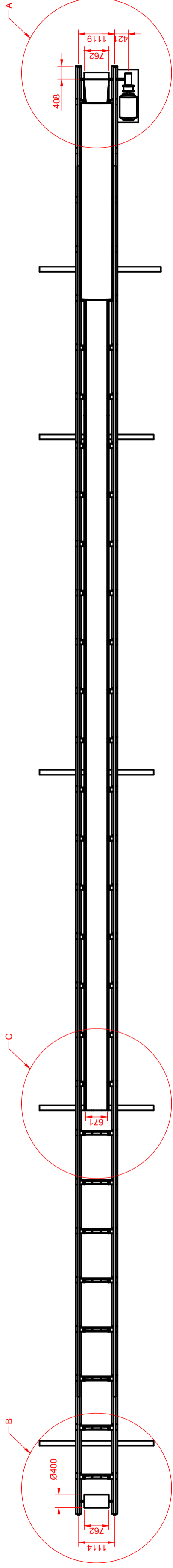


ISOMETRICO
Escala S/E

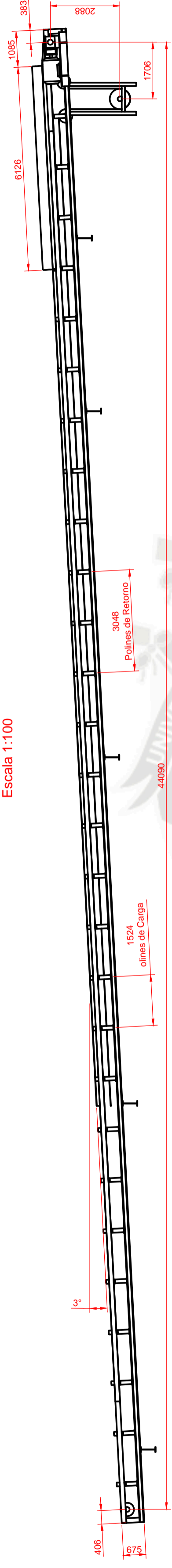


DISEÑO Y SELECCIÓN DE UNA FAJA TRIPPER PARA UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE CONCENTRADO DE COBRE CON CAPACIDAD DE 600 TON/HR		ESCALA:	1:40	DE:	10
CHUTE DE DESCARGA		PLANO:	7	UNIDADES:	mm
DIBUJADO	11/11/2014	Dellor Ballon / Rafael Alonso		FECHA:	NOMBRE:
REVISADO	11/11/2014	MVS			

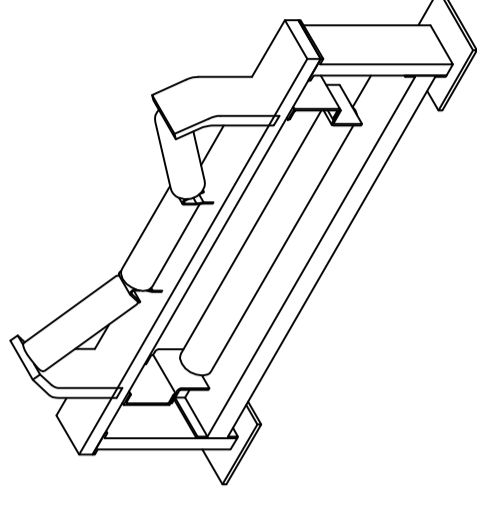
VISTA EN PLANTA
Escala 1:100



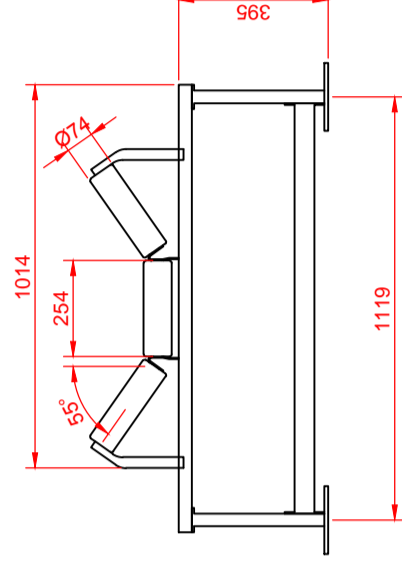
VISTA EN ELEVACIÓN
Escala 1:100



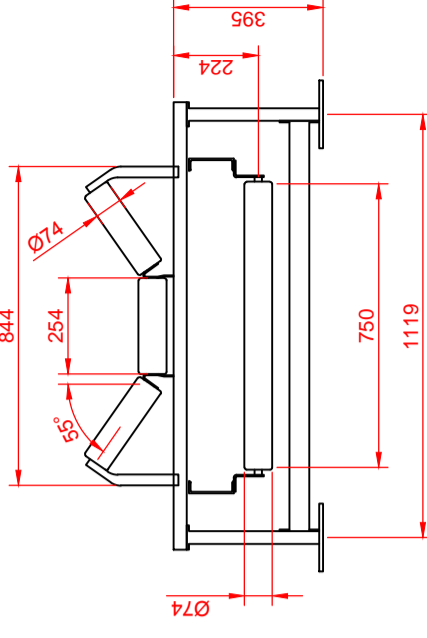
POLINES - ISOMETRICO
Escala S/E



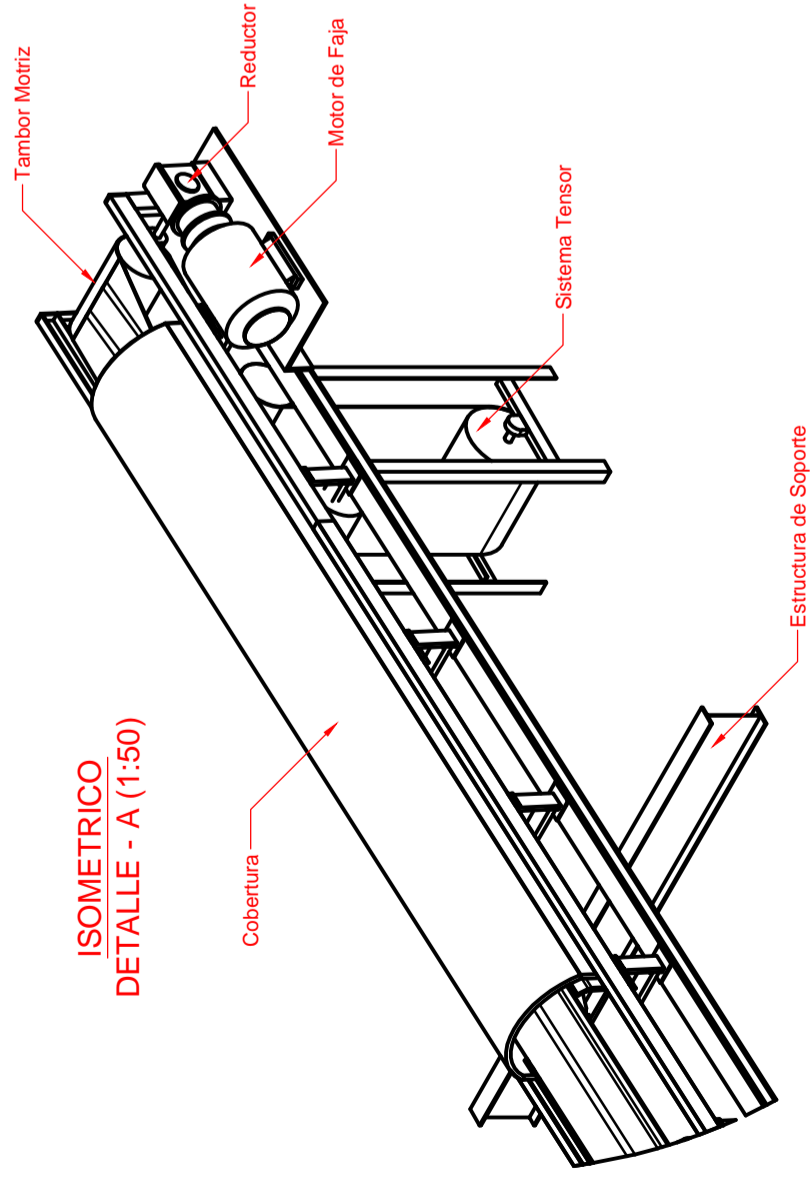
POLINES DE CARGA
ISOMETRICO
Escala 1:20



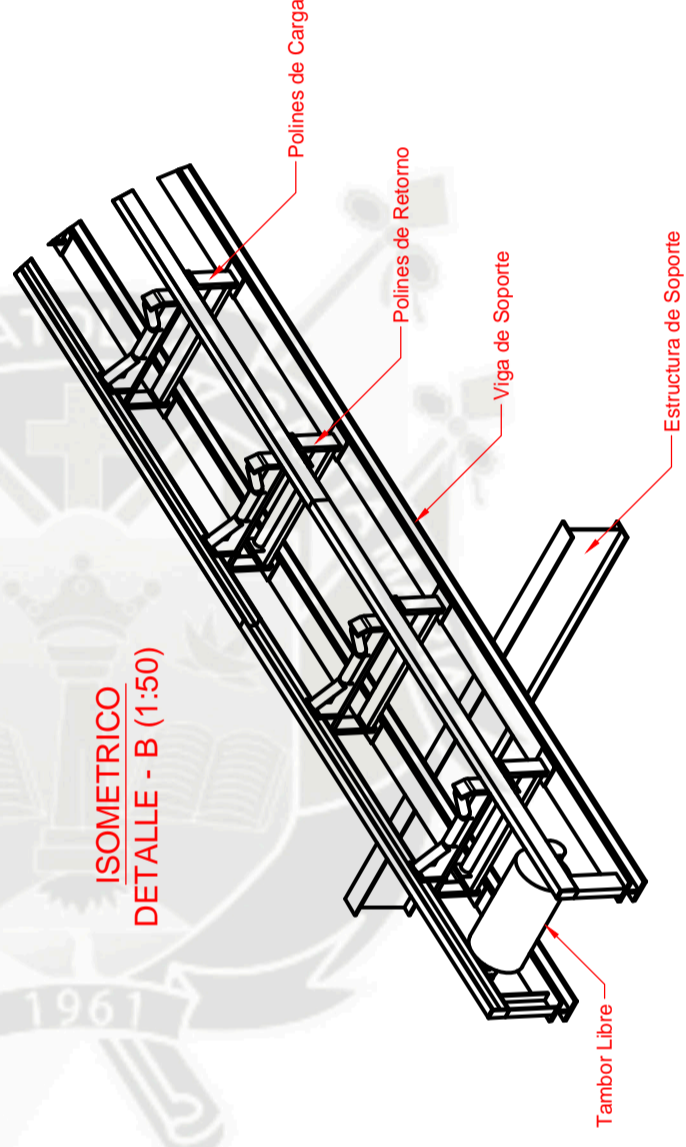
POLINES DE RETORNO
ISOMETRICO
Escala 1:20



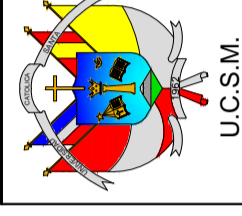
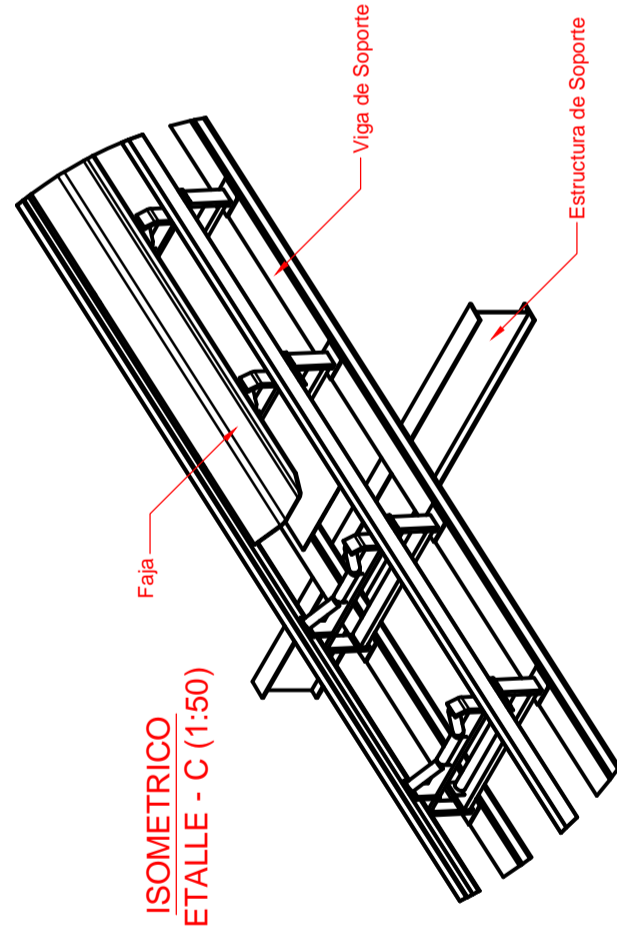
ISOMETRICO
DETALLE - A (1:50)



ISOMETRICO
DETALLE - B (1:50)

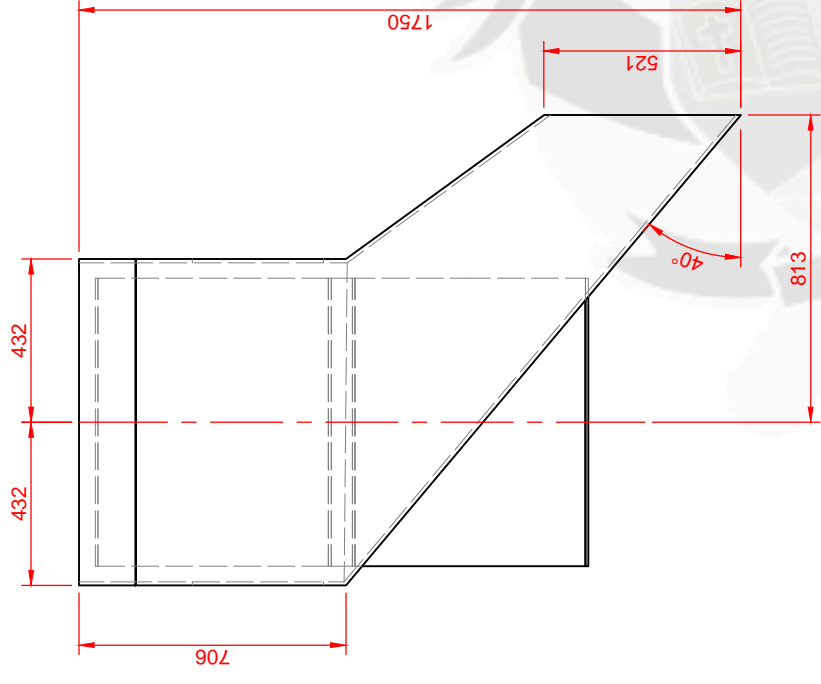


ISOMETRICO
DETALLE - C (1:50)

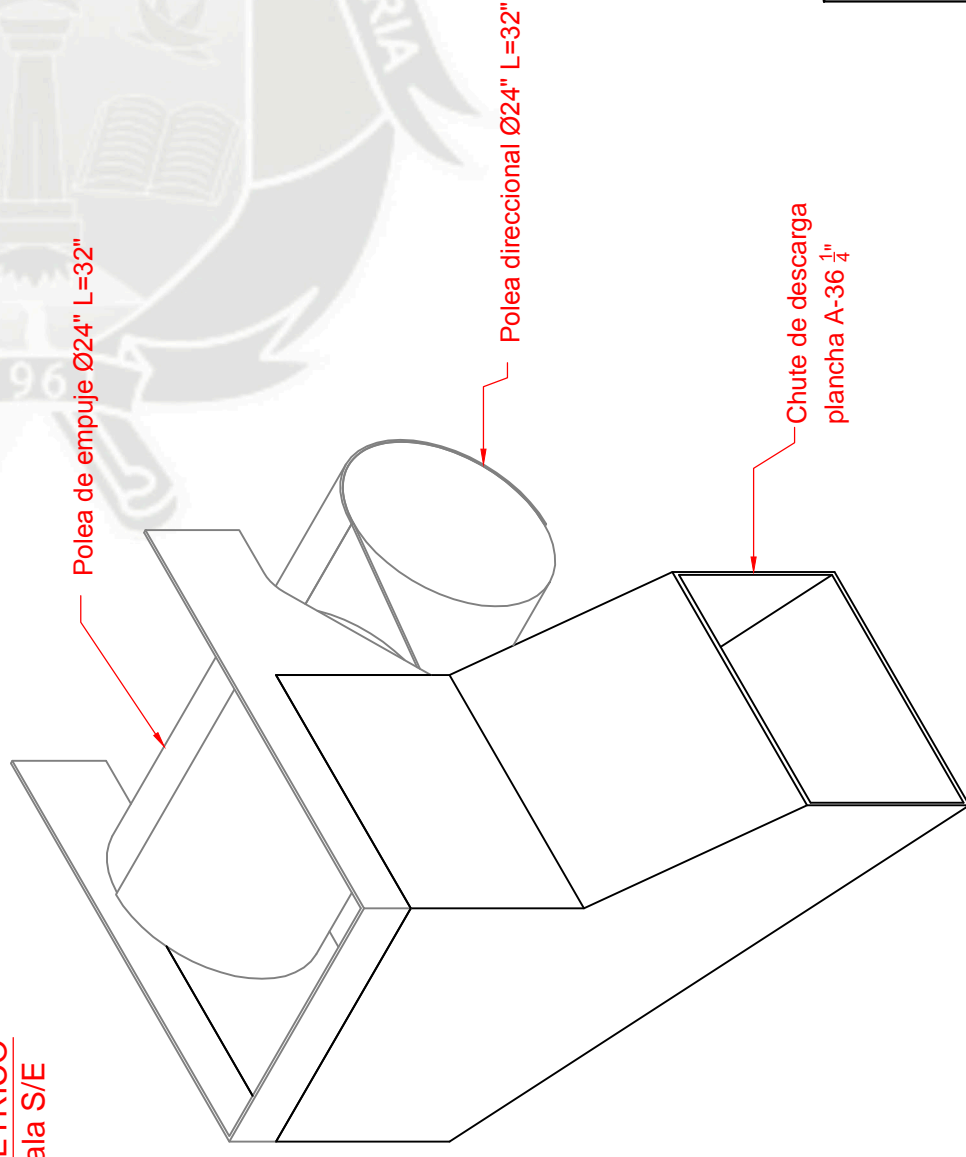


DISEÑO Y SELECCION DE UNA FAJA TRIPPER PARA UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE CONCENTRADO DE COBRE CON CAPACIDAD DE 600 TON/HR		ESCALA:	1:100	DE:	
FAJA TRANSPORTADORA DE RETORNO		PLANO:	6	NOMBRE:	10
DIBUJADO	11/11/2014	Revisor	Ballón / Rafael Alonso	FECHA:	UNIDADES:
REVISADO	11/11/2014	MVS			mm

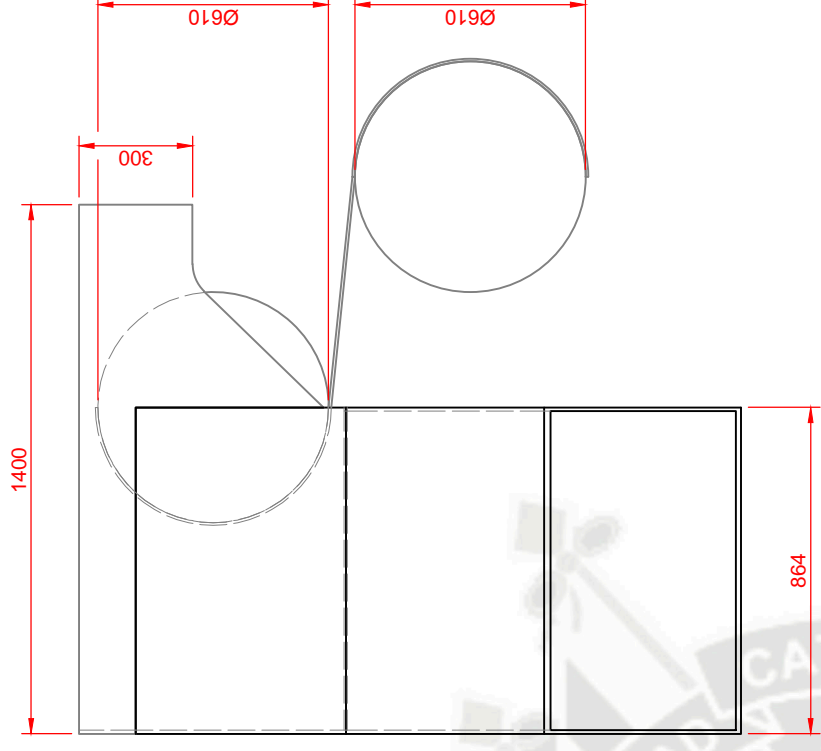
VISTA LATERAL
Escala 1:20



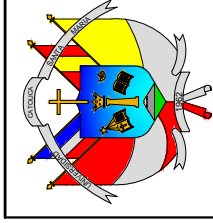
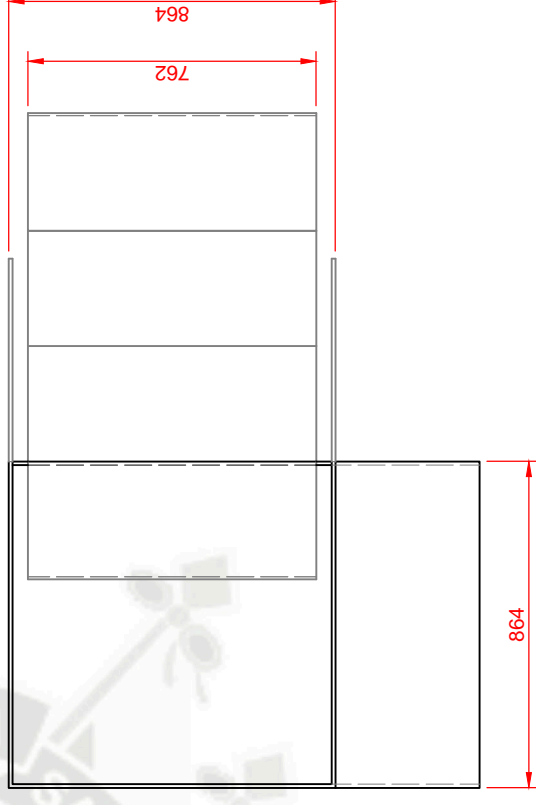
ISOMETRICO
Escala S/E



VISTA EN ELEVACIÓN
Escala 1:20



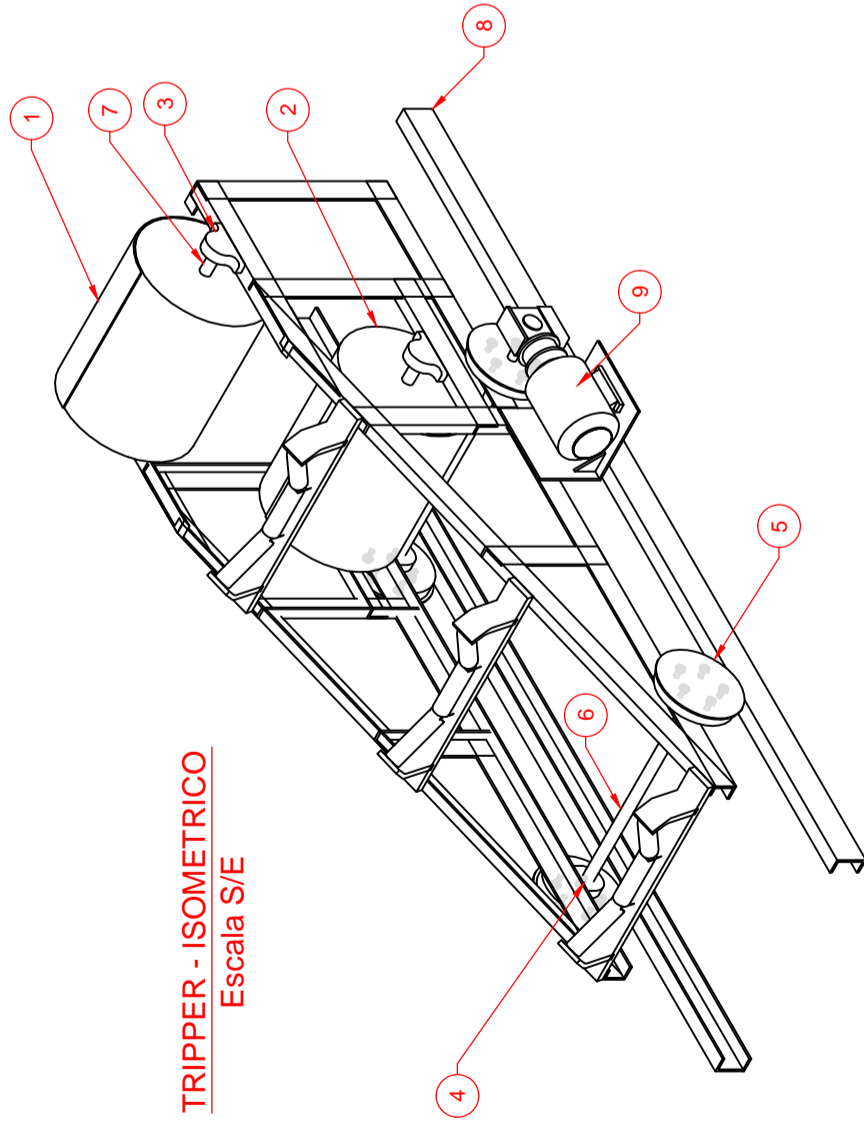
VISTA EN PLANTA
Escala 1:20



U.C.S.M.

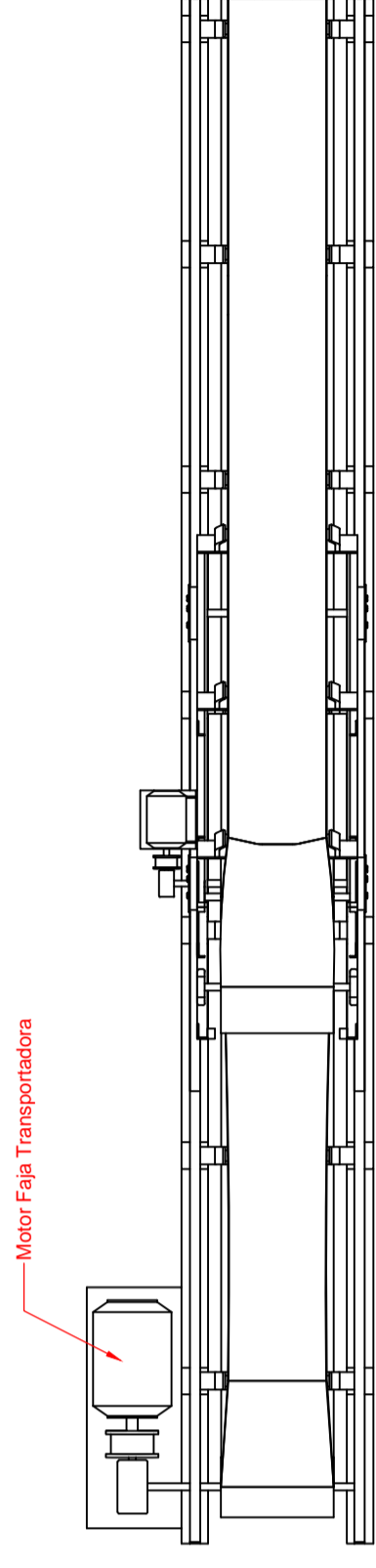
DISEÑO Y SELECCION DE UNA FAJA TRIPPER PARA UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE CONCENTRADO DE COBRE CON CAPACIDAD DE 600 TON/HR

CHUTE DEL SISTEMA TRIPPER		ESCALA:	1:20	
DIBUJADO	11/11/2014	Delfor Ballon / Rafael Alonso	PLANO:	5
REVISADO	11/11/2014	MVS	DE:	10
FECHA		NOMBRE	UNIDADES:	mm

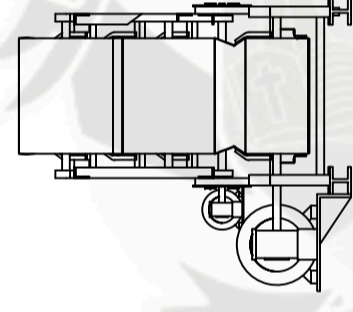


TRIPPER - ISOMETRICO
Escala S/E

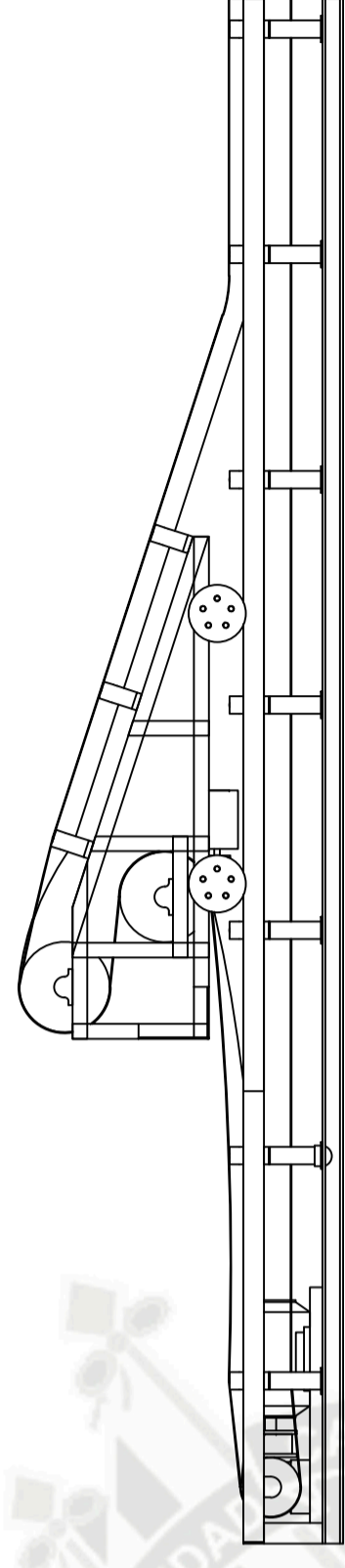
VISTA EN PLANTA
Escala 1:50



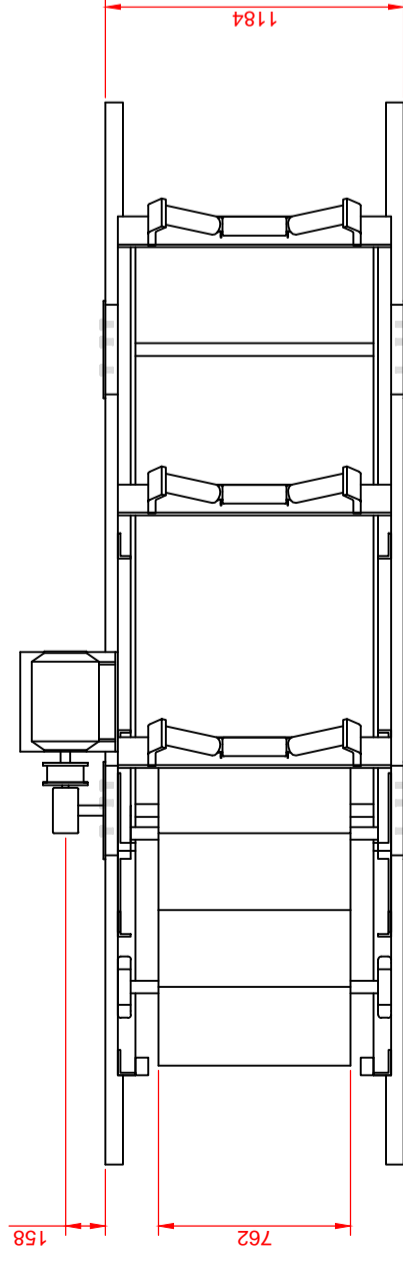
VISTA LATERAL
Escala 1:50



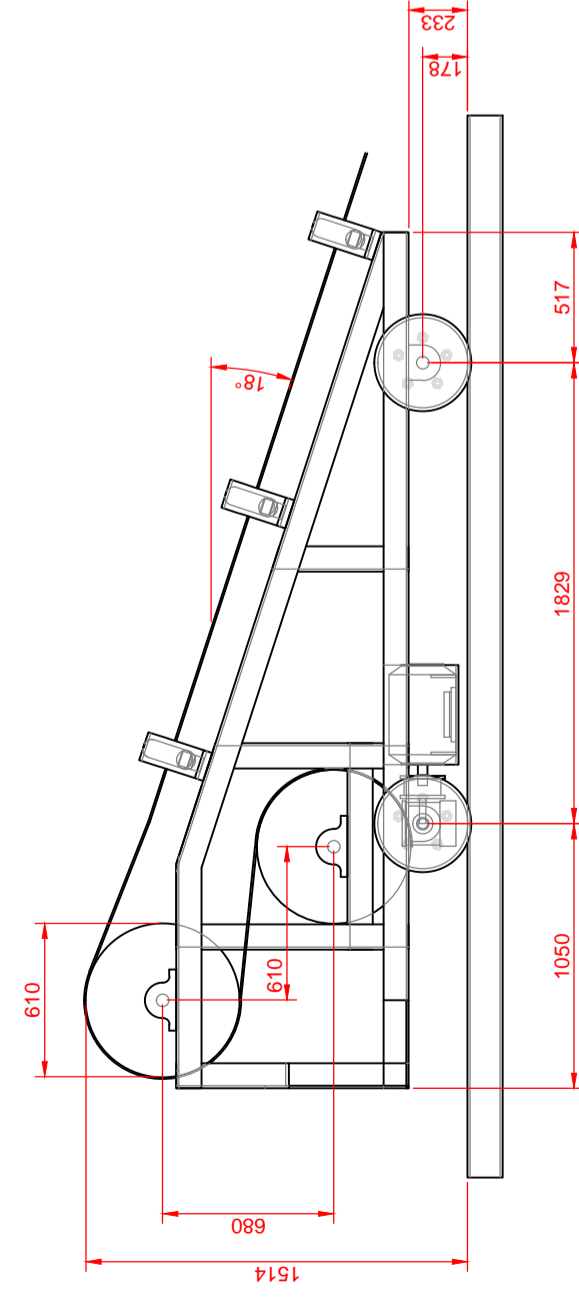
VISTA EN ELEVACIÓN
Escala 1:50



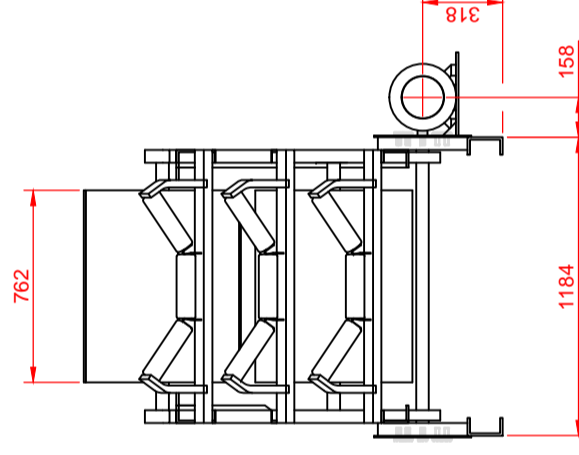
TRIPPER - VISTA EN PLANTA
Escala 1:30



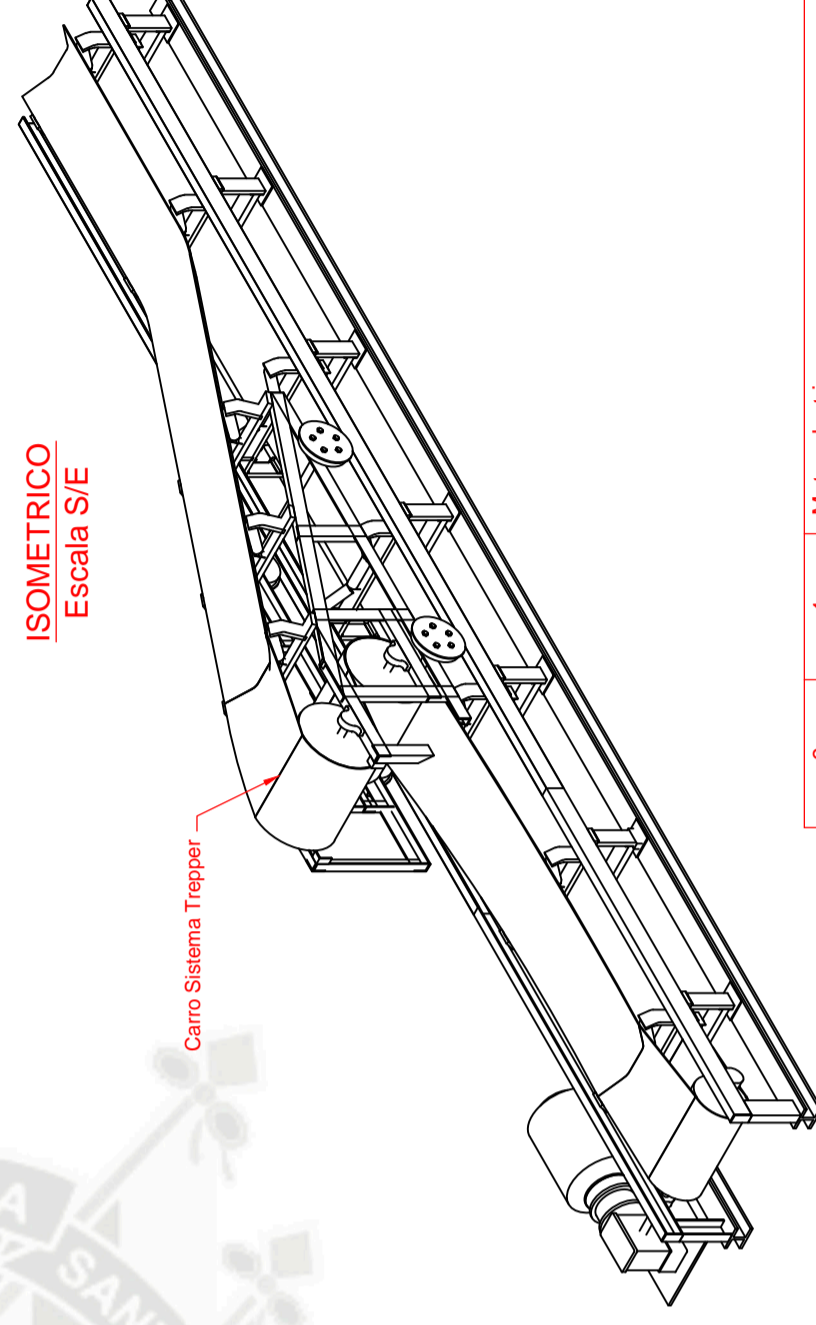
TRIPPER - VISTA EN ELEVACIÓN
Escala 1:30



TRIPPER - VISTA LATERAL
Escala 1:30



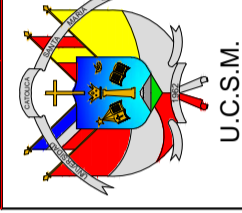
ISOMETRICO
Escala S/E



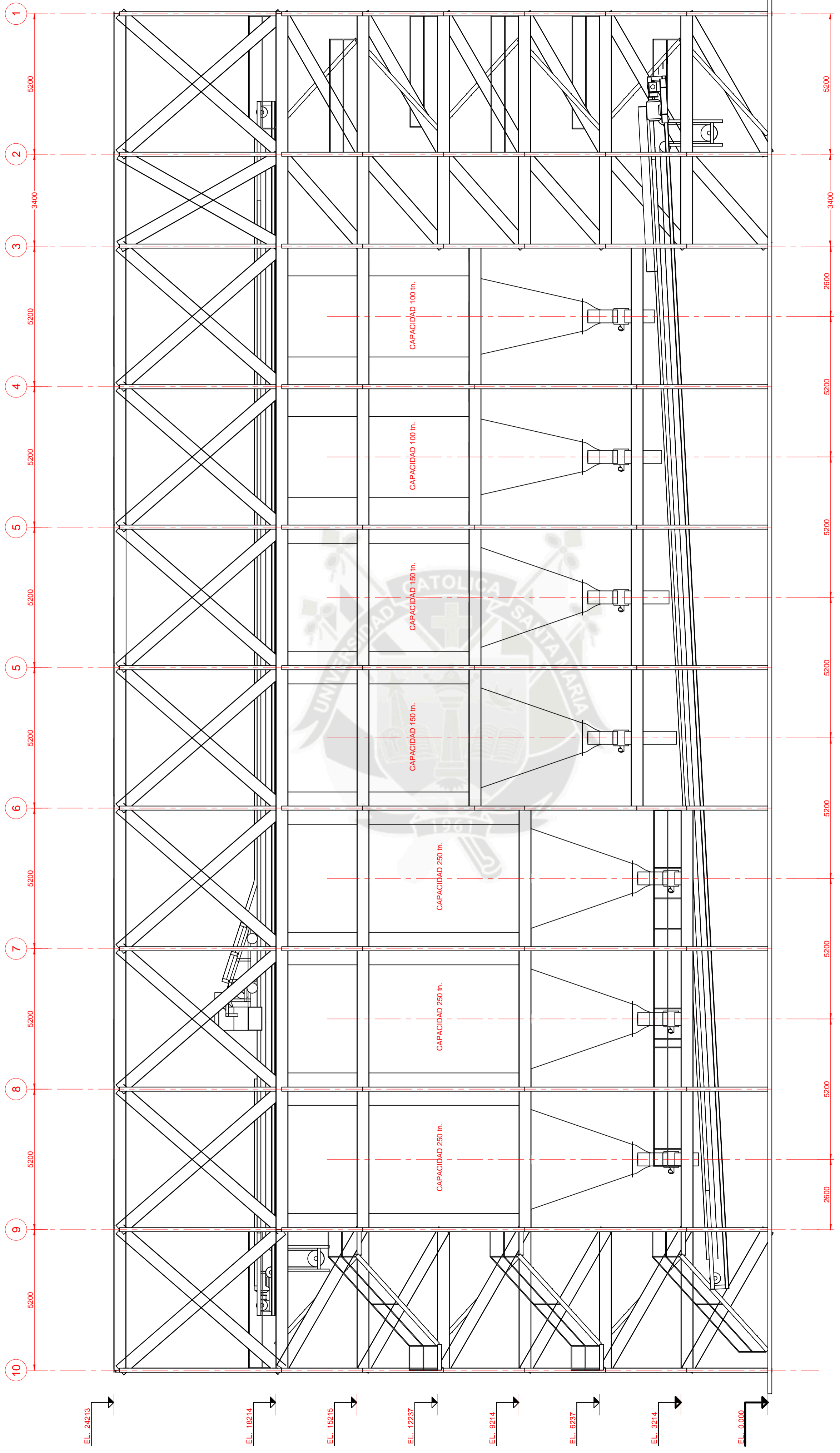
NOTA

1. LA SOLDADURA SERÁ SEGUN NORMA AWS D1.1
2. ELECTRODO E6011 Y E7018
3. EL MATERIAL USADO ESTRUCTURA SERÁ ASTM A-36

ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	MATERIAL-REFERENCIA
9	1	Motor eléctrico	IEC34-1
8	1	Riel rails AH	Hierro fundido
7	2	Eje de polea Ø 2"	SAE 1045
6	3	Eje de rueda Ø 1-1/4"	SAE 1045
5	4	Rueda Øint. 14	Hierro fundido
4	4	Chumacera para ruedas Øint. 1-1/4"	Acero fundido
3	4	Chumacera para poleas Øint. 2"	Acero fundido
2	1	Polea direccional Ø24" L=32"	Cuerpo A36 - espesor 1/2"
1	1	Polea de empuje Ø24" L=32"	Cuerpo A36 - espesor 1/2"

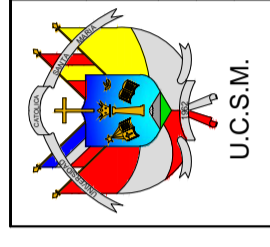


DISEÑO Y SELECCIÓN DE UNA FAJA TRIPPER PARA UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE CONCENTRADO DE COBRE CON CAPACIDAD DE 600 TON/HR		ESCALA:	1:100
DIBUJADO	11/11/2014	Deilor Ballon / Rafael Alonso	PLANO: 4
REVISADO	11/11/2014	MVS	UNIDADES: 10
FECHA:		NOMBRE:	mm



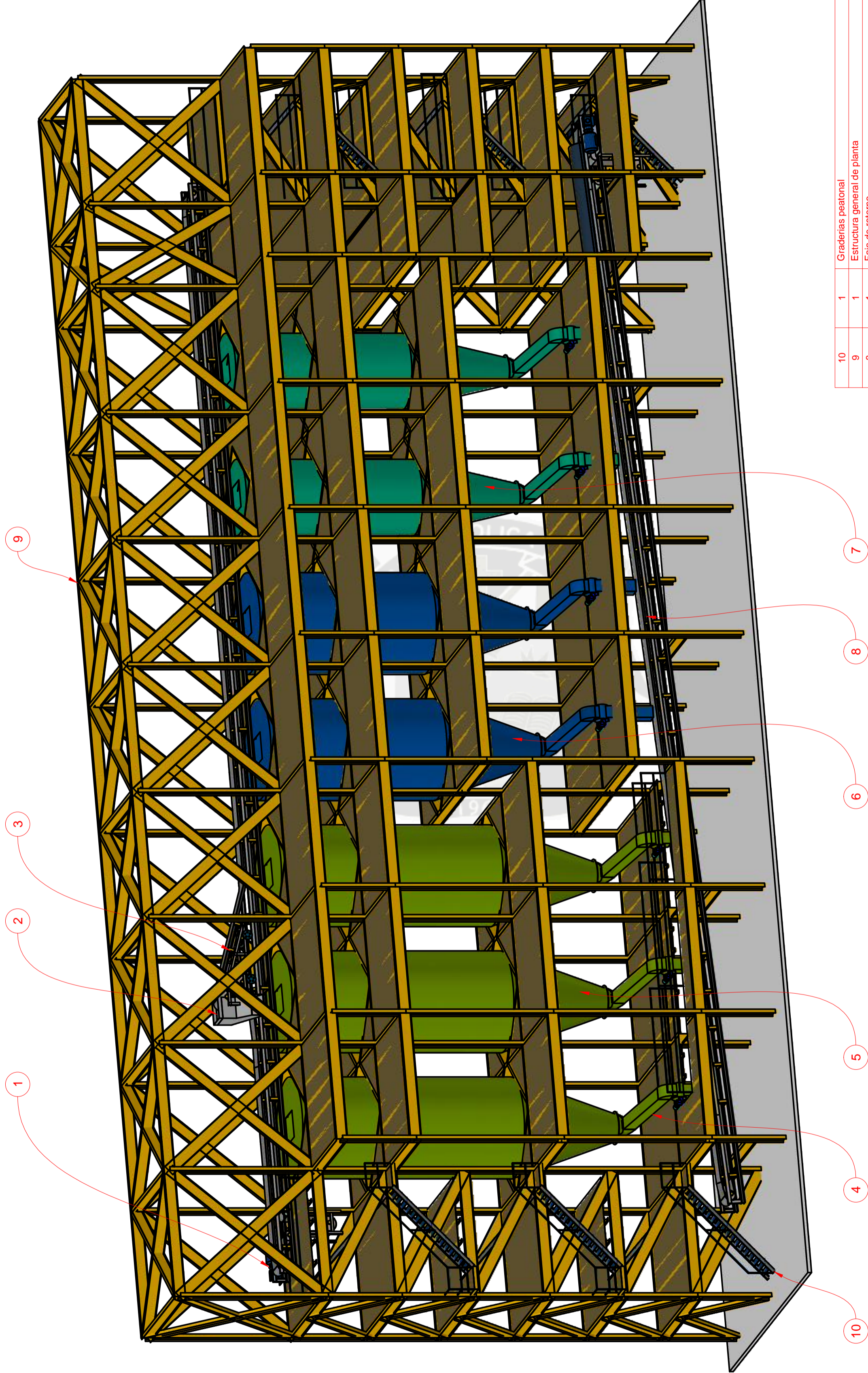
EL. 24213
 EL. 18214
 EL. 15215
 EL. 12237
 EL. 9214
 EL. 6237
 EL. 3214
 EL. 0.000

VISTA EN ELEVACIÓN FRONTAL
 Escala 1:100

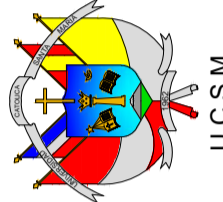


DISEÑO Y SELECCIÓN DE UNA FAJA TRIPPER PARA UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE CONCENTRADO DE COBRE CON CAPACIDAD DE 600 TON/HR

PLANTA GENERAL - VISTA FRONTAL		ESCALA: 1:100	DE: 10
DIBUJADO	11/11/2014	Delfor Bailon / Rafael Alonso	PLANO: 2
REVISADO	11/11/2014	MVS	FECHA
NOMBRE		UNIDADES: mm	



10	1	Graderías peatonal	A36
9	1	Estructura general de planta	A36
8	1	Faja de retorno	Plancha A36
7	1	Tolva de almacenamiento 100TN	Plancha A36
6	1	Tolva de almacenamiento 150TN	Plancha A36
5	1	Tolva de almacenamiento 250TN	Plancha A36
4	7	Chute de descarga	
3	1	Carro del sistema Tripper	
2	1	Chute del sistema Tripper	
1	1	Faja del sistema Tripper	
ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	MATERIAL-REFERENCIA



U.C.S.M.

DISEÑO Y SELECCIÓN DE UNA FAJA TRIPPER PARA UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE CONCENTRADO DE COBRE CON CAPACIDAD DE 600 TON/HR

PLANTA GENERAL DE CONCENTRADO DE COBRE

DIBUJADO	11/11/2014	Dejor Ballon / Rafael Alonso	ESCALA:	1:100
REVISADO	11/11/2014	MVS	PLANO:	1
	FECHA	NOMBRE	UNIDADES:	10
				mm