

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales
Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica
Eléctrica y Mecatrónica



**DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSFERENCIA DE CONCENTRADO DE COBRE
DESDE UNA RECEPCIÓN FÉRREA A UN ALMACEN DE UN TERMINAL
PORTUARIO MEDIANTE FAJAS TRANSPORTADORAS.**

Tesis presentada por el Bachiller:

Santos Peralta, Diego Rafael

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Mecánico Eléctricista

Asesor:

Mag. Carpio Rivera Marco Antonio

Arequipa – Perú

2023

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

DECLARACIÓN DE COMPROMISO DE ASESORÍA DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN, TRABAJOS ACADÉMICOS Y/O TESIS

Arequipa, 13 de Abril del 2023

Mediante el presente documento doy conformidad y soy responsable de la asesoría de tesis y/o trabajo de investigación y/o trabajo académico cumpliendo las normas vigentes establecidas por la Universidad Católica de Santa María

Título:

**DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSFERENCIA DE CONCENTRADO DE COBRE
DESDE UNA RECEPCIÓN FÉRREA A UN ALMACEN DE UN TERMINAL
PORTUARIO MEDIANTE FAJAS TRANSPORTADORAS.**

Autor(es):

SANTOS PERALTA DIEGO RAFAEL

Escuela Profesional, Segunda Especialidad, Maestría o Doctorado

INGENIERIA MECANICA ELECTRICA Y MECATRONICA

Datos del Asesor:

29644724 - CARPIO RIVERA MARCO ANTONIO



DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSFERENCIA DE CONCENTRADO DE COBRE DESDE UNA RECEPCIÓN FÉRREA A UN ALMACEN DE UN TERMINAL PORTUARIO MEDIANTE FAJAS TRANSPORTADORAS

INFORME DE ORIGINALIDAD

10%

INDICE DE SIMILITUD

11%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	3%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	cybertesis.uni.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	esdocs.com Fuente de Internet	1%
5	www.perurail.com Fuente de Internet	1%
6	www.eleconomistaamerica.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	rinacional.tecnm.mx Fuente de Internet	1%

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Apagado

AGRADECIMIENTOS

Al Dios de mis padres, quien hizo verbo las plegarias.

A mi padre y su valentía de formar una familia,

A mi madre y su fortaleza de lucha diaria,

A mi hermana por ser mi amiga,

A mi abuelita que en vida pueda verme logrado,

A mi abuelo que es un ejemplo de maestro,

A mis abuelitos que desde el cielo me cuidan.



RESUMEN

Se estima que a nivel mundial el consumo de cobre el año 2022 fue de 25.1 millones de toneladas métricas. Esta demanda de cobre a nivel mundial y la existencia de bastos yacimientos de este mineral en el sur del Perú hacen que en los últimos 10 años la cartera de proyectos mineros en el sur del país haya crecido de manera exponencial. Debido a que toda esta producción requiere ser embarcada para enviar al exterior, se vuelve una necesidad que el sur del país tenga la infraestructura portuaria requerida para la operación de las unidades mineras existentes, sus expansiones y las futuras unidades mineras.

Como parte de esta necesidad de infraestructura, la empresa TISUR (Terminal internacional del Sur) requiere construir un terminal portuario exclusivamente para sus clientes mineros, los cuales llegarán a exportar el 10% del cobre a nivel mundial.

Es en este contexto que el presente trabajo de investigación muestra los requerimientos necesarios para el correcto diseño del sistema de recepción, transporte y almacenamiento de mineral en una instalación portuaria, con el fin de mostrar una metodología aplicable y que ha demostrado que funciona.

PALABRAS CLAVES: TISUR, SMCV, CEMA, ASD, Sistema de transporte de mineral, Captación de polvos, Sistema de muestreo de mineral, Sistema de balanzas de mineral, Detector de mineral, Carro de descarga, recubrimiento superficial, elementos anti desgaste.

ABSTRACT

It is estimated that in 2017 the copper consumption in 2022 was 25.1 million metric tons. This demand and the existence of large deposits of this mineral in southern Peru mean that in the last 10 years the mining project portfolio in the south of the country has grown exponentially. Because all this production needs to be shipped it becomes a necessity for the south of the country to have the port infrastructure required for the operation of existing mining units, their expansions and future mining units.

As part of this need for infrastructure, TISUR company (South Terminal International) needs to build a port terminal exclusively for its mining clients, which will export 10% of the copper worldwide.

It is in this context that the present research work shows the necessary requirements for the correct design of the system for receiving, transporting and storing ore in a port facility, in order to show an applicable methodology that has shown that has been proved that works.

KEYWORDS: TISUR, SMCV, CEMA, ASD, Material Handling System, Dust Collect System, Sampling material system, belt scale system, Metal detector, Tripper, coating, lining.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	16
CAPÍTULO I.....	17
1. PLANTEAMIENTO TEÓRICO.....	17
1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	17
1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	17
1.3. ANTECEDENTES.....	17
1.3.1. CARTERA ESTIMADA DE PROYECTOS MINEROS	17
1.3.2. DEFICIT DE INFRAESTRUCTURA DEL PERÚ	21
1.3.3. SITUACIÓN ACTUAL – INFRAESTRUCTURA PORTUARIA DEL PERÚ	21
1.3.4. SITUACIÓN ACTUAL – PUERTO DE MATARANI	23
1.4. PROYECTO SISTEMA DE REPECIÓN, ALMACENAMIENTO Y EMBARQUE DE MINERALES EN EL AMARRADERO F EN LA BAHÍA ISLAY	26
1.4.1. UBICACIÓN	26
1.4.2. DESCRIPCION GENERAL	28
1.5. OBJETIVOS.....	32
1.5.1. OBJETIVO PRINCIPAL	32
1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	32
1.6. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROYECTO	33
1.6.1. JUSTIFICACION.....	33
1.6.2. IMPORTANCIA	33
1.7. ALCANCES Y LIMITACIONES	33
1.7.1. ALCANCE	33
1.7.2. EXCLUSIONES AL ALCANCE.....	34
1.8. METODOLOGÍA DE TRABAJO	35
1.9. NORMA APLICABLE	35
CAPÍTULO II.....	37

2. MARCO TEÓRICO	37
2.1. CONCEPTOS BÁSICOS.....	37
2.1.1. SISTEMA BIMODAL DE TRANSPORTE DE CONTENEDORES DESDE SMCV HACIA TISUR.....	37
2.1.2. CONCEPTO DEL SISTEMA DE DESCARGA DE MINERAL EN EL EDIFICIO DE RECEPCIÓN DE MINERAL DE SMCV.....	40
2.1.3. SISTEMA DEL PUENTE GRÚA.....	42
2.1.4. SISTEMA DE PRESIÓN NEGATIVA	44
2.1.5. SISTEMA DE TRANSPORTE MEDIANTE FAJAS TRANSPORTADORAS.....	45
2.1.6. SISTEMAS AUXILIARES DE LAS FAJAS TRANSPORTADORAS 62	62
2.1.7. ESTRUCTURA DE SOPORTE DEL SISTEMA.....	65
2.1.8. SISTEMA DE RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL.....	66
2.1.9. RECUBRIMIENTOS ANTI DESGASTE	66
2.2. ANÁLISIS DE LOS REQUERIMIENTOS DEL DISEÑO APLICADO AL PROYECTO.....	67
CAPÍTULO III.....	71
INGNIERIA DEL PROYECTO	71
DISEÑO MECÁNICO.....	71
3. SISTEMA DE TRANSPORTE DE MINERAL.....	71
3.1. ALCANCE DEL DISEÑO.....	71
3.2. SISTEMA DE FAJAS TRANSPORTADORAS.....	72
3.2.1. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE TRANSPORTE. 73	73
3.2.2. CARACTERISTICAS DEL MATERIAL A TRANSPORTAR....	73
3.2.3. DETERMINACIÓN DE CARGAS ACTUANTES EN EL SISTEMA DE TRANSPORTE	75
3.2.4. VELOCIDAD Y ANCHO DE FAJA RECOMENDADA.....	75
3.2.5. SELECCIÓN DE RODILLOS	77
3.2.6. ESPACIAMIENTO ENTRE RODILLOS	78
3.2.7. SELECCIÓN DE RODILLOS	79
3.2.8. CÁLCULO DE LA TENSIÓN EFECTIVA (T_e).....	82
3.2.9. CÁLCULO DE LA POTENCIA Y SELECCIÓN DEL MOTOR PARA LAS FAJAS TRANSPORTADORAS	86
3.2.10. CÁLCULO DE MÁXIMAS Y MÍNIMAS TENSIONES DE FAJA	88
3.2.11. SELECCIÓN DE FAJA	89
3.2.12. SELECCIÓN DE LAS POLEAS	92
3.2.13. SELECCIÓN DE RODAMIENTOS Y SUS ALOJAMIENTOS..	93

3.3.	SELECCIÓN DEL SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	95
3.3.1.	COLECTOR DE POLVOS INSERTABLE DE PULSOS.....	95
3.3.2.	SELECCIÓN DE LA CAPACIDAD DEL COLECTOR DE POLVOS INSERTABLE	99
3.3.3.	DESCRIPCIÓN DE INSTALACIONES	102
3.3.4.	SELECCION DE EQUIPOS.....	103
3.4.	SELECCIÓN DEL SISTEMA DE MUESTREO	104
3.4.1.	SISTEMA DE MUESTREO PRIMARIO Y SECUNDARIO	105
3.4.2.	TRANSPORTADOR DE FAJA DE MINERAL DE MUESTREO	107
3.4.3.	COLECTOR DE MUESTRAS	107
3.4.4.	UBICACIÓN DEL SISTEMA DE MUESTREO	107
3.5.	SELECCIÓN DEL DETECTOR DE METALES	108
3.6.	SELECCIÓN DEL SISTEMA DE BALANZA DE MINERAL	109
3.6.1.	PUENTE DE PESAJE PARA FAJAS TRANSPORTADORAS.	110
3.6.2.	CELDA DE PUENTE DE PESAJE (Weighbridge)	110
3.6.3.	TACÓMETRO DE BALANZA DE FAJA	111
3.6.4.	UBICACIÓN DE LA BALANZA	112
3.7.	SELECCIÓN DEL CARRO DESCARGADOR (TRIPPER CAR)	112
3.7.1.	COMPONENTES DEL CARRO DESCARGADOR (TRIPPER CAR) 114	
3.8.	SISTEMA DE RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL	118
3.8.1.	ZONA DE TRABAJO.....	118
3.8.2.	LIMPIEZA SUPERFICIAL – PREPARACION DE SUPERFICIES	118
3.8.3.	APLICACIÓN Y SISTEMAS DE PINTURAS	120
3.8.4.	ACEPTACIÓN Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD	121
3.9.	RECUBRIMIENTOS ANTI DESGASTE.....	121
CAPÍTULO IV		123
DISEÑO ESTRUCTURAL		123
4. DISEÑO DE ESTRUCTURA DE SOPORTE DEL SISTEMA DE FAJAS TRANSPORTADORAS		123
4.1.	CONSIDERACIÓN GENERAL DE CARGAS PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL SISTEMA DE FAJAS TRANSPORTADORAS	123
4.1.1.	CARGA MUERTA	123
4.1.2.	PESO VIVO	123
4.1.3.	CARGA MATERIAL.....	123
4.1.4.	CARGA DERRAME DE MATERIAL.....	123
4.1.5.	TENSIÓN DE FAJAS	124

4.1.6.	TENSIÓN MÁXIMA DE FAJAS.....	124
4.1.7.	CARGA VIVA DE TECHO.....	124
4.1.8.	CARGA DE VIENTO	124
4.1.9.	CARGA SISMICA	124
4.1.10.	CHUTE DE CARGA ATOLLADO.....	126
4.1.11.	CARGA DE TEMPERATURA	126
4.1.12.	CARGA DETENIDA POR ATRÁS	126
4.1.13.	CARGA DE MONTAJE Y DE POLIPASTOS	126
4.2.	CÁLCULO ESTRUCTURAL - FAJA TRANSPORTADORA #1-0310-CB-1001.....	127
4.2.1.	DISTRIBUCIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES, NUMERACIÓN DE NODOS, MIEMBROS Y SOPORTES	127
4.2.2.	CÁLCULO DE CARGAS.....	130
4.2.3.	Cargas Aplicadas a la Estructura.....	137
4.2.4.	Combinaciones de Cargas Aplicadas a la Estructura	164
4.2.5.	Análisis de resultados	164
CONCLUSIONES.....		171
RECOMENDACIONES.....		172
BIBLIOGRAFÍA.....		173
ANEXOS		174

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°1. Pirámide de Cartera de Proyectos Mineros.....	18
Figura N°2 Participación Regional en la Cartera Estimada de Proyectos Mineros ..	19
Figura N°3. Representación gráfica de los productos de exportación del Perú.....	20
Figura N°4. Cartera Estimada de Proyectos Mineros por Mineral Predominante ...	20
Figura N°5. Instalaciones Portuarias del Perú	22
Figura N°6. Área del Proyecto Central Hidroeléctrica Ángel I, II y III	23
Figura N°7. Terminales portuarios de uso privado	23
Figura N°8. Matarani puerto de salida de la mitad del cobre peruano	24
Figura N°9. Proyectos ubicados a lo largo del corredor minero sur	25
Figura N°10. Almacén del puerto de Matarani realizado el 2007	26
Figura N°11. Embarque de Mineral del Puerto de Matarani realizado el 2007	26
Figura N°12. Ubicación del terminal portuario de TISUR-Matarani en Perú.....	27
Figura N°13. Ubicación del terminal portuario de TISUR-Matarani en Islay.....	27
Figura N°14. Layout general del proyecto Sistema de Recepción, Almacenamiento y Embarque de Minerales en el Amarradero F de la Bahía Islay	28
Figura N°15. Layout Lado Tierra del proyecto Sistema de Recepción, Almacenamiento y Embarque de Minerales en el Amarradero F de la Bahía Islay	29
Figura N°16. Vista de secciones de los 3 tipos de edificios de recepción Cerro Verde, Las Bambas y Antapaccay (De Izquierda a Derecha).....	30
Figura N°17. Vista de sección de la faja de recepción de los almacenes Las Bambas, Cerro Verde y Antapaccay (De Izquierda a Derecha).....	30
Figura N°18. Vista lateral de la faja tubular que lleva el mineral al muelle	30
Figura N°19. Vista en planta del sistema de embarque en el muelle.....	31
Figura N°20. Posiciones del cargador de barcos (Shiploader) en el muelle.....	32
Figura N°21. Carga de contenedores en las instalaciones de la SMCV	37
Figura N°22. Posicionamiento de camión para traslado de contenedores.....	38
Figura N°23. Traslado de contenedores a la plataforma mediante puente grúa	39
Figura N°24. Tren llevando plataformas hasta instalaciones de Tisur en Matarani..	40
Figura N°25. Trackmovil enganchando las plataformas en instalaciones de Tisur....	40
Figura N°26. Ingreso de trackmovil a edificio de recepción férrea	41
Figura N°27. Retiro de precintos de seguridad por personal de operaciones	41
Figura N°28. Traslado de contenedores desde plataforma a volteador de contenedor mediante puente grúa	42
Figura N°29. Volteo de contenedor mediante puente grúa	42
Figura N°30. Diagrama de traslado de contenedores mediante puente grúa	43
Figura N°31. Distribución de puentes grúas.....	44
Figura N°32. Traslado de contenedores a la plataforma mediante puente grúa	44

Figura N°33. Diagrama de flujo del sistema de presión negativa del edificio de recepción férrea SMCV.....	45
Figura N°34. Componentes de la estructura de la banda transportadora.....	48
Figura N°35. Distintos tipos y funciones de las poleas en el sistema de transporte	48
Figura N°36. Terminología de las poleas	49
Figura N°37. Diagrama de arreglos del sistema motriz.....	50
Figura N°38. Arreglo de rodillos transportadores	51
Figura N°39. Arreglo de rodillos de retorno.....	52
Figura N°40. Arreglo de rodillos de impacto.....	52
Figura N°41. Arreglo de rodillos auto-alineantes.....	53
Figura N°42. Tensores de banda manuales.....	54
Figura N°43. Tensores de gravedad en Faja Inclinada	54
Figura N°44. Rascadores de Faja de Hoja Simple o Múltiple.....	56
Figura N°45. Limpiadores de Faja Rotatorios	56
Figura N°46. Limpieza del Tramo de Retorno	56
Figura N°47. Estación de polines auto-alineantes	57
Figura N°48. Interruptor de Pull Cord	58
Figura N°49. Interruptor de Rotura de Banda	58
Figura N°50. Análisis de flujo de material en un chute de flujo controlado.....	59
Figura N°51. Skirtboard o Faldón en una faja abarquillada.....	60
Figura N°52. Feeder o alimentador conectados por un chute de transferencia	61
Figura N°53. Tripper móvil sobre rieles	62
Figura N°54. Sistema de colector de polvo insertable en seco con filtros	63
Figura N°55. Sistema de detección de metales.....	63
Figura N°56. Sistema de muestreo de corte	64
Figura N°57. Sistema de balanza de fajas electrónico	65
Figura N°58. Configuraciones de estructura de soporte de fajas	66
Figura N°59. Flujo de mineral lado tierra 1	71
Figura N°60. Flujo de mineral lado tierra 2	72
Tabla N°19. Clasificación IP (Ingress Protection).....	88
Figura N°61. Tensiones aplicadas en la polea.....	94
Figura N°62. Principio de operación del colector insertable.....	96
Figura N°63. Diseño FabriPulse® “M”	99
Figura N°64. Colectores de polvo insertables en fajas transportadoras	100
Figura N°65. Distribución y componentes del sistema de ventilación.....	102
Figura N°66. Flujo de mineral en el sistema de muestreo	105
Figura N°67. Muestreador/Cortador primario del sistema de muestreo.....	106

Figura N°68. Muestreador/Cortador secundario del sistema de muestreo	106
Figura N°69. Colector de muestras del sistema de muestreo	107
Figura N°70. Detector de metales de faja transportadora	109
Figura N°71. Diagrama de operación de la balanza de faja.....	110
Figura N°72. Celdas de puente de pesaje	111
Figura N°73. Tacómetro de balanza de faja transportadora	111
Figura N°74. Recorrido del Carro descargador (Tripper Car) al interior del almacén.	113
Figura N°75.Vista Frontal del Carro descargador (Tripper Car) al interior del almacén. 113	
Figura N°76. Unidad motriz del Carro descargador (Tripper Car)	114
Figura N°77. Guía y enrollador de cable del Carro descargador (Tripper Car).....	115
Figura N°78. Sistema hidráulico de frenado del Carro descargador (Tripper Car)	116
Figura N°79. Sistema de levantamiento de banda del Carro descargador (Tripper Car) 117	
Figura N°80. Chute de descarga del Carro descargador (Tripper Car).....	118
Figura N°81. Distribución de nodos en torre de contrapeso	127
Figura N°82. Distribución de nodos en carro tensor	128
Figura N°83. Distribución de nodos en bastidor	128
Figura N°84. Distribución de nodos en plataforma de descarga	129
Figura N°85. Numeración de nodos de sopore	129
Figura N°86. Numeración de nodos.....	130
Figura N°87. Numeración de elementos estructurales.....	130
Figura N°88. Carga Tipo 1 (DL) Aplicada a la estructura.....	138
Figura N°89. Carga Tipo 2 (LL) Aplicada a la estructura	139
Figura N°90. Carga Tipo 3 (ML) Aplicada a la estructura.....	140
Figura N°91. Carga Tipo 4 (SL) Aplicada a la estructura	140
Figura N°92. Carga Tipo 5 (Bto) Aplicada a la estructura	141
Figura N°92. Carga Tipo 6 (Btm) Aplicada a la estructura	141
Figura N°93. Carga Tipo 12 (E+X) Aplicada a la estructura	143
Figura N°94. Carga Tipo 13 (E-X) Aplicada a la estructura	144
Figura N°95. Carga Tipo 14 (E+Y) Aplicada a la estructura	146
Figura N°96. Carga Tipo 15 (E-Y) Aplicada a la estructura	148
Figura N°97. Carga Tipo 16 (E+Z) Aplicada a la estructura.....	150
Figura N°98. Carga Tipo 17 (E+Z) Aplicada a la estructura.....	151
Figura N°99. Carga Tipo 18 (PC) Aplicada a la estructura	152
Figura N°100. Carga Tipo 20 (E+X solo peso muerto) Aplicada a la estructura.....	154
Figura N°101. Carga Tipo 21 (E-X solo peso muerto) Aplicada a la estructura.....	155

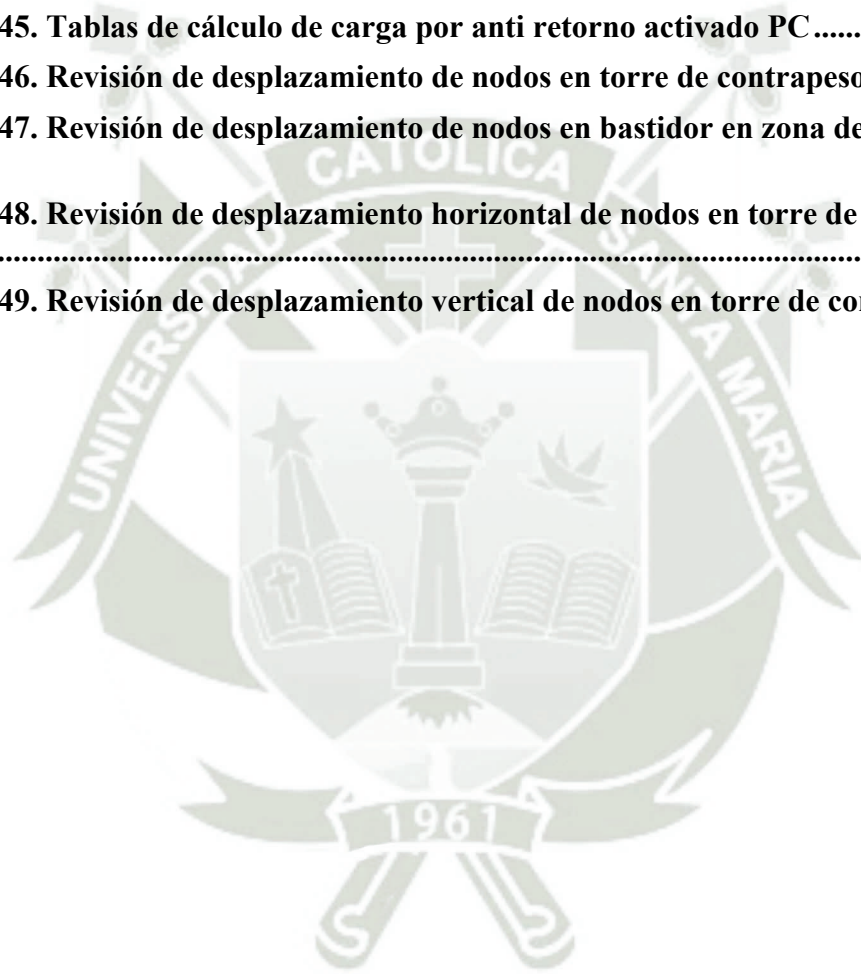
Figura N°102. Carga Tipo 22 (E+Y solo peso muerto) Aplicada a la estructura.....	157
Figura N°103. Carga Tipo 23 (E-Y solo peso muerto) Aplicada a la estructura.....	159
Figura N°104. Carga Tipo 24 (E+Z solo peso muerto) Aplicada a la estructura	161
Figura N°105. Carga Tipo 25 (E-Z solo peso muerto) Aplicada a la estructura.....	163
Figura N°106. Carga Tipo 26 (BE) Aplicada a la estructura.....	164
Figura N°107. Miembros y nodos con deflexión en torre de contrapeso	165
Figura N°108. Miembros y nodos con deflexión en bastidor zona de atoro de chute	166
Figura N°109. Miembros y nodos con deflexión en plataforma de descarga	167
Figura N°110. Ratio de utilización estructural en torre de contrapeso.....	169



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1. Requerimientos del diseño básico.....	68
Tabla N°2. Requerimientos del cliente y prioridades	69
Tabla N°3. Nomenclatura de sistemas y componentes	72
Tabla N°4. Características del material a transportar	73
Tabla N°5. Fluidez – Angulo de sobrecarga – Angulo de reposo.....	74
Tabla N°6. Descripción de la Clasificación de los Materiales	74
Tabla N°7. Características del material y peso por pie cúbico	75
Tabla N°8. Velocidades máxima de banda recomendadas.....	75
Tabla N°9. Angulo de sobrecarga para faja abarquillada de 35°.....	77
Tabla N°10. Clasificación del rodillo.....	78
Tabla N°11. Espaciamiento recomendado para rodillos	78
Tabla N°12. Peso de la faja estimado	79
Tabla N°13. Factor de ajuste del trozo k1.....	80
Tabla N°14. Factores ambientales y de mantenimiento k2	81
Tabla N°15. Factor de servicio k3.....	81
Tabla N°16. Factor de corrección de la velocidad de la faja k4.....	81
Tabla N°17. Valores de carga para los rodillos CEMA C.....	82
Tabla N°18. Tensión de la faja al rodamiento de las poleas.....	84
Tabla N°20. Porcentajes de flecha recomendados para condiciones de carga	88
Tabla N°21. Factor de Arrollamiento Cw.....	89
Tabla N°22. Selección de la calidad de la cubierta de la faja transportadora.....	90
Tabla N°23. Valores de Tensión para fajas de Pliegue Multiple	90
Tabla N°24. Máximo número de pliegues recomendados	91
Tabla N°25. Mínimo número de pliegues recomendados	91
Tabla N°26. Mínimo recomendado para la cubierta superior	91
Tabla N°27. Mínimo número de pliegues recomendados	92
Tabla N°28. Diámetro de polea mínimo recomendado.....	93
Tabla N°29. Mínimo número de pliegues recomendados	93
Tabla N°30. Colectores de polvo insertables del sistema de ventilación	102
Tabla N°31. Cálculo del caudal requerido en los túneles y galerías.....	103
Tabla N°32. Flujos calculados en cada punto de captación de polvos.....	103
Tabla N°33. Flujos calculados para los inyectores de aire	104
Tabla N°34. Caudal, caída de presión y potencia de los colectores de polvo.....	104
Tabla N°35. Tipo y grado de preparación de superficies	120
Tabla N°36. Sistemas de recubrimiento superficial.....	121
Tabla N°37. Tablas de los tipos de carga y sus abreviaciones.....	131

Tabla N°38. Tablas del cálculo de carga muerta DL	132
Tabla N°39. Tablas del cálculo de carga viva LL.....	133
Tabla N°40. Tablas del cálculo de carga por material ML	133
Tabla N°41. Tablas del cálculo de la tensión de operación de la faja Bto.....	133
Tabla N°42. Tablas del cálculo de la tensión mínima de la faja BTm	134
Tabla N°43. Tablas del cálculo de carga por sismo E	135
Fuente: Proyecto de investigación	136
Tabla N°44. Tablas de cálculo de carga por atoro de chute PC	136
Tabla N°45. Tablas de cálculo de carga por anti retorno activado PC.....	136
Tabla N°46. Revisión de desplazamiento de nodos en torre de contrapeso.....	165
Tabla N°47. Revisión de desplazamiento de nodos en bastidor en zona de atoro de chute 166	166
Tabla N°48. Revisión de desplazamiento horizontal de nodos en torre de contrapeso	168
Tabla N°49. Revisión de desplazamiento vertical de nodos en torre de contrapeso .	168



GLOSARIO DE TERMINOS

En el transcurso del trabajo de investigación se describe varios términos descritos, otros que pueden emplearse son:

TISUR	Terminal Internacional Del Sur
SMCV	Sociedad Minera Cerro Verde
CEMA	Conveyor Equipment Manufacturers Association
ASD	Allowable Stress Design
NACE	National Association of Corrosion Engineers
ACGIH:	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
OIML-50	Organisation Internationale de Metrologie Legale



INTRODUCCIÓN

TISUR (Terminal Internacional del Sur) es la concesionaria del puerto de Matarani ubicada en la provincia de Islay en Arequipa. Con capital peruano cuenta con una infraestructura existente la cual sirve al momento para el embarque de mineral de la Sociedad Minera Cerro Verde SMCV. Esta última inició su expansión de operaciones para aumentar la producción de concentrado de cobre, esto sumado a la minera las Bambas, Antapaccay y otras ubicadas en el sur del país harán que el 10% del cobre a nivel mundial sea en un futuro exportado en el sur del país. Esto hace que sea requerido ampliar la infraestructura y tener un terminal portuario específicamente para la recepción almacenamiento y embarque de mineral.

El motivo fundamental de este estudio fue analizar el diseño de las fajas transportadoras mediante el manual del CEMA, los sistemas auxiliares y el sistema de recubrimiento. Una vez se tiene este diseño y con las cargas obtenidas así como las cargas de operación realizar un análisis estructural de acuerdo al Método de Diseño por Tensiones Admisibles (Allowable Stress Design), ASD. Con esto demostrar la factibilidad de un diseño para futuras instalaciones portuarias que serán requeridas en un futuro cercano para la operación de más unidades mineras en el sur del país.

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO TEÓRICO

1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Es conocido que el crecimiento económico del Perú en los últimos 20 años ha estado ligado directamente al crecimiento de la minería. Debido a la gran cartera de proyectos mineros que la región sur del país tiene, existe un déficit de infraestructura portuaria para poder satisfacer la demanda que las empresas mineras requieren para exportar el mineral producido.

Debido a este déficit, se requieren nuevos proyectos de recepción, almacenamiento y embarque de mineral que cumpla los estándares de calidad, seguridad, social y medioambiental requeridos.

1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En respuesta a este déficit, el gobierno peruano ha puesto como prioridad la modernización de la infraestructura portuaria nacional, promoviendo iniciativas privadas en las concesiones que se encuentran en el litoral peruano.

Específicamente, en el caso de Arequipa, el concesionario TISUR S.A proyectó la construcción de un nuevo terminal en Matarani que es capital del distrito de Islay, provincia de Islay, departamento de Arequipa. Esto para uso exclusivo de exportación de mineral para las compañías mineras que se encuentran en el sur del país. Este terminal requiere un sistema de recepción, almacenamiento y embarque de mineral que cumpla los estándares internacionales. Figura 2.

1.3. ANTECEDENTES

1.3.1. CARTERA ESTIMADA DE PROYECTOS MINEROS

La cartera estimada de inversión en minería se encuentra compuesta por 47 principales proyectos (*). Incluye proyectos de ampliación de unidades mineras, proyectos en etapa de exploración avanzada, así como proyectos con estudio ambiental aprobado o en proceso de evaluación y que en conjunto ascienden a US\$ 46,996 millones. Cabe mencionar que si bien existen otros proyectos en etapa de exploración que no se encuentran en la cartera, esta solo es de carácter referencial e intenta recoger las principales comunicaciones formales de los

titulares mineros. (Dirección de Promoción Minera-Ministerio de Energía y Minas)

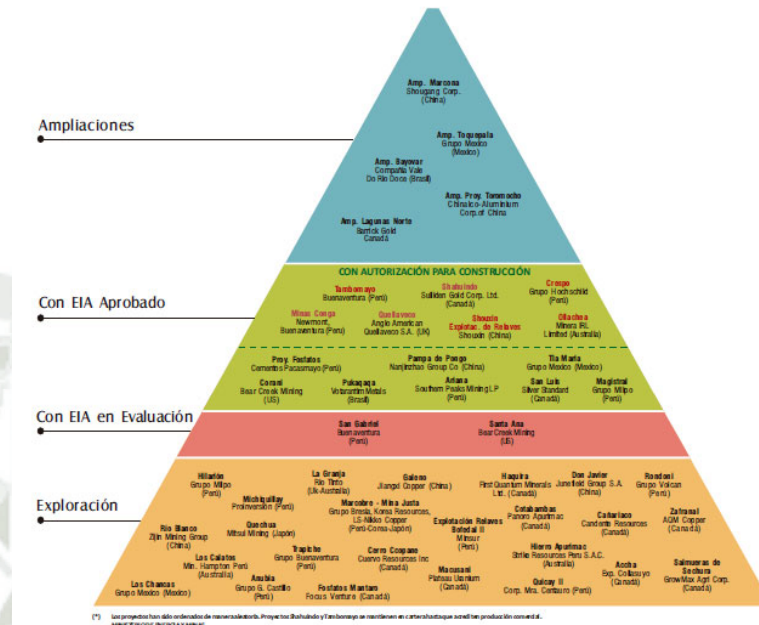


Figura N°1. Pirámide de Cartera de Proyectos Mineros

Fuente: Dirección de Promoción Minera

Autor: Ministerio de Energía y Minas

Algunos de los 47 proyectos mencionados no han definido su fecha de inicio de operación ni su fecha de construcción dado que aún se encuentran en etapa de estudios y permisos como se muestra en la Figura 3.

Esta cartera de proyectos de la industria minera en el país se encuentra diversificada a lo largo del territorio nacional, sin embargo y cómo podemos ver en la Figura 4, la mayoría de estos proyectos se encuentran en las regiones del norte y sur del país. (Dirección de Promoción Minera-Ministerio de Energía y Minas)

PARTICIPACIÓN REGIONAL EN LA
CARTERA ESTIMADA DE PROYECTOS MINEROS

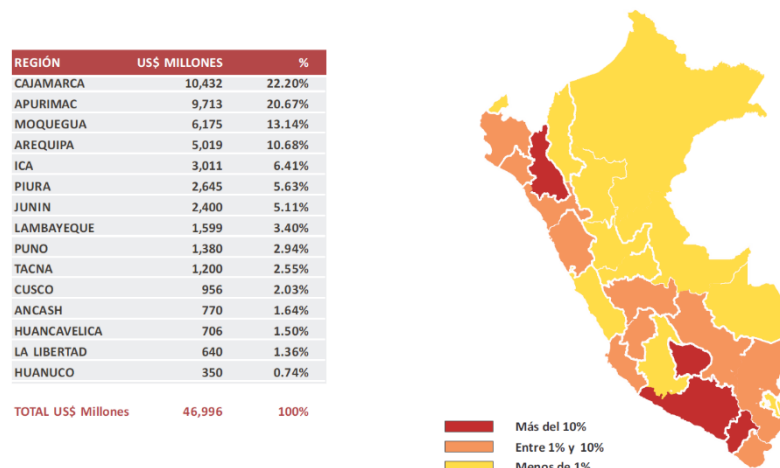


Figura N°2 Participación Regional en la Cartera Estimada de Proyectos Mineros

Fuente: Dirección de Promoción Minera

Autor: Ministerio de Energía y Minas

Esto convierte a estos proyectos en una ventana para la descentralización del país debido a que los referidos proyectos conllevan a que se requiera invertir en la infraestructura necesaria para su funcionamiento ya sea esta infraestructura vial, portuaria, logística, etc.

La mencionada cartera de proyectos de la industria minera se encuentra influenciada directamente por los requerimientos del mercado global de minerales, lo cual nos posiciona en un lugar privilegiado ya que el Perú es un país con una minería polimetálica. Sin embargo, nuestra mayor producción y al mismo tiempo nuestra mayor cartera de proyectos mineros es en relación al oro y cobre ver Figura 5. Siendo el Cobre el que tiene la mayoría de nuestra cartera de proyectos mineros como se muestra en la Figura 6. (Dirección de Promoción Minera-Ministerio de Energía y Minas)

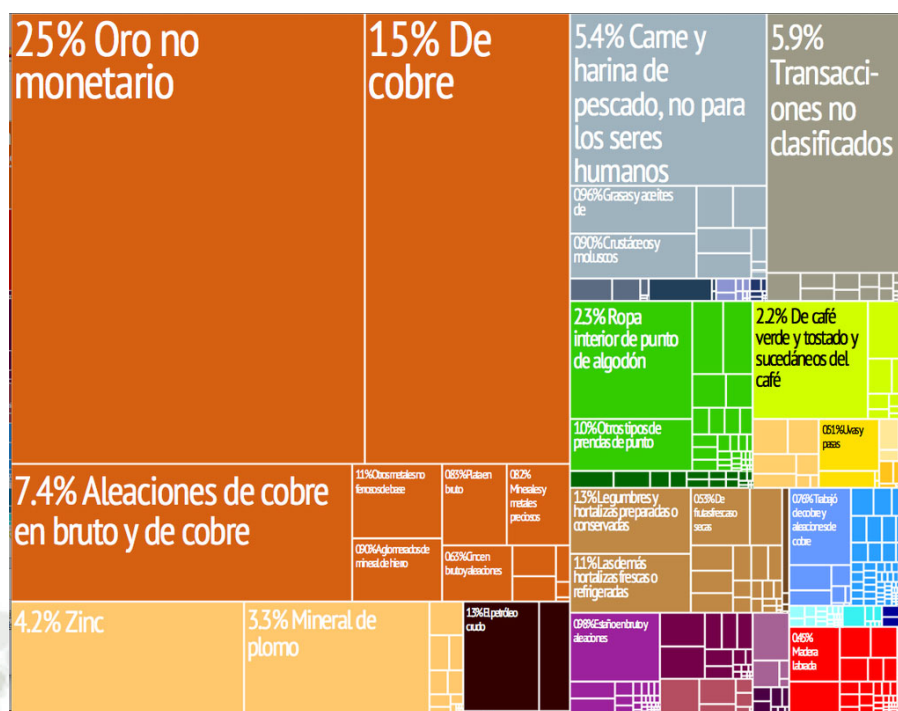


Figura N°3. Representación gráfica de los productos de exportación del Perú

Fuente: Economic Complexity Observatory, MIT Media Lab and the Center for International Development at Harvard University

Autor: Cesar Hidalgo Haussman

CARTERA ESTIMADA DE PROYECTOS MINEROS PARTICIPACIÓN POR MINERAL PREDOMINANTE

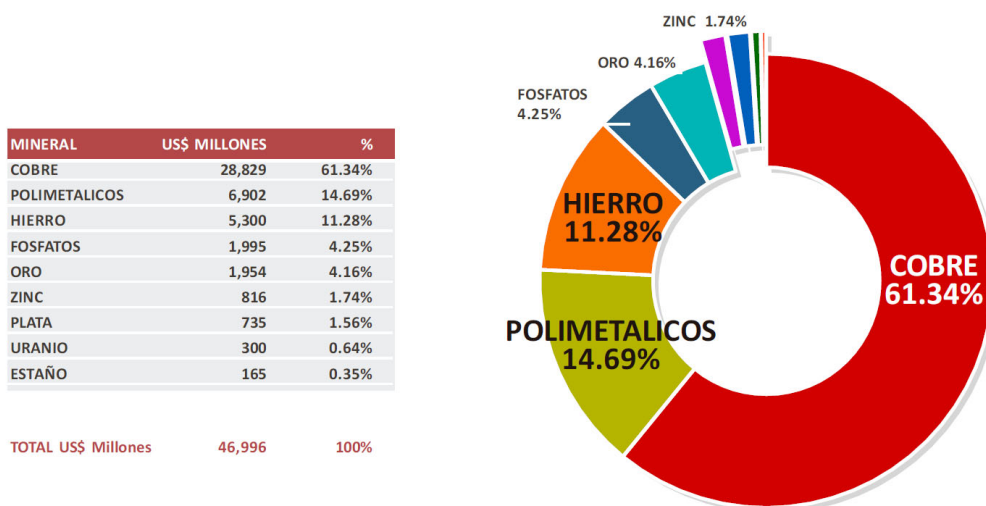


Figura N°4. Cartera Estimada de Proyectos Mineros por Mineral Predominante

Fuente: Dirección de Promoción Minera

Autor: Ministerio de Energía y Minas

1.3.2. DEFICIT DE INFRAESTRUCTURA DEL PERÚ

Habiendo expuesto la cartera de proyectos que se tiene, nos es imposible evitar el comentar acerca de los requisitos de infraestructura que se tienen para que estos puedan realizarse y al mismo tiempo beneficiar a las regiones en las que se encuentran.

Tenemos que resaltar que toda esta producción es para exportación, lo cual requiere infraestructura vial, ferroviaria y portuaria de acuerdo a los estándares internacionales medioambientales y de calidad, lo cual tiene al Perú en una situación desafiante.

Perú se ubica en la posición 89 en lo que a Infraestructura se refiere, según el Índice de Competitividad Global 2015-2016 elaborado por el Banco Mundial (BM). Así, la calidad en infraestructura en carreteras ocupa el puesto 111, en ferrocarriles ocupa el puesto 94, puertos se ubica en la posición 86 y la infraestructura en transporte aéreo, el puesto 82. Estos resultados, según COMEXPERÚ, muestran lo alejado que está el Perú frente a sus competidores en la región ya que, en promedio, América Latina ocupa el puesto 70 en el ranking general y el APEC, en conjunto, el puesto 31. (Índice de Competitividad Global 2015-2016- Banco Mundial)

Según COMEXPERÚ, para promover el desarrollo portuario, disminuir la brecha en infraestructura y descentralizar el desarrollo logístico es necesario incentivar la inversión en puertos de uso público, auto-sostenibles, y ampliar la cartera de proyectos. La evidencia de que los costos logísticos han generado una concentración en el puerto del Callao es que, según cifras de la APN, en 2015, más del 74% del total de la carga en terminales de uso público se concentró en Lima, seguida de Arequipa (9%) y Piura (5%). (Infraestructura portuaria: La foto del momento - Comexperu)

1.3.3. SITUACIÓN ACTUAL – INFRAESTRUCTURA PORTUARIA DEL PERÚ

Dada la naturaleza del proceso de exportación del mineral producido, se requiere inevitablemente que se tenga infraestructura portuaria competente y de acuerdo a los requisitos de calidad y medioambientales requeridos.

Como se indicó en el anterior punto, el Perú se encuentra en el puesto 86 de infraestructura portuaria lo cual dista mucho de lo que el momento requiere. En base a esto la autoridad competente encargada de la administración de estos puertos “ENAPU” y con la finalidad de revertir los bajo índices en el Ranking de Competitividad del World Economic Forum, especialmente en el subíndice de infraestructura, y reducir los costos logísticos del país, continua promoviendo las inversiones en infraestructura portuaria, para una mayor competencia intra e inter portuaria. (Veronica Zambrano Copello – Autoridad Portuaria Nacional)

En el país se contemplan actualmente 81 Instalaciones Portuarias de las cuales son 7 concesiones portuarias, ver Figura 7.



Figura N°5. Instalaciones Portuarias del Perú

Fuente: Autoridad Portuaria Nacional

Autor: Veronica Zambrano Copello

De las instalaciones portuarias que se tienen en el litoral la mayoría se encuentra bajo el manejo del estado mediante ENAPU (Empresa Nacional de Puertos).

Al momento se encuentran 7 como concesiones portuarias con asociaciones público privadas, que requieren de proyectos de inversión como requisito para tanto para obtener la. Figura 8. (Veronica Zambrano Copello – Autoridad Portuaria Nacional)



Figura N°6. Área del Proyecto Central Hidroeléctrica Ángel I, II y III

Fuente: Autoridad Portuaria Nacional

Autor: Veronica Zambrano Copello

Así mismo se tiene 55 terminales portuarios de uso privado, las cuales pertenecen a empresas que utilizan las instalaciones para sus operaciones Figura 9.

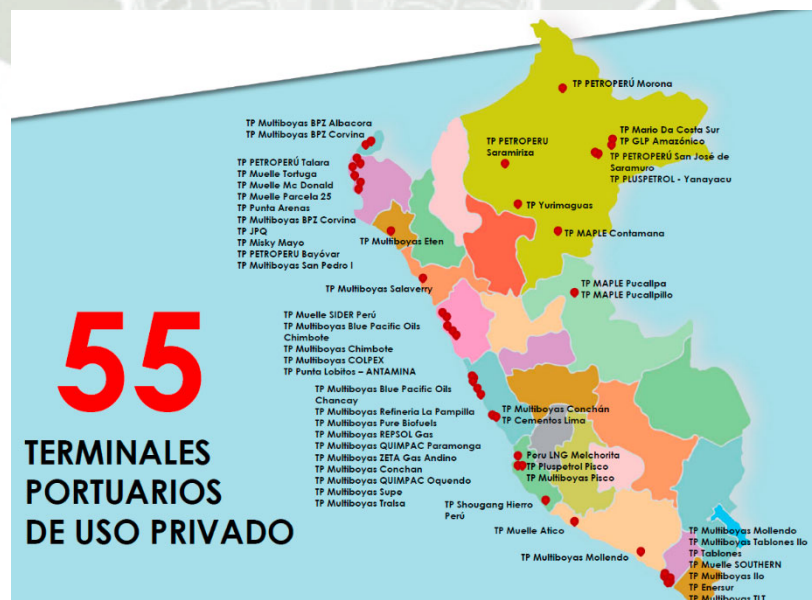


Figura N°7. Terminales portuarios de uso privado

Fuente: Autoridad Portuaria Nacional

Autor: Veronica Zambrano Copello

1.3.4. SITUACIÓN ACTUAL – PUERTO DE MATARANI

El 18 de agosto de 1999, inicia sus operaciones el Terminal Internacional del Sur S.A. (TISUR) tras adjudicarse la concesión del Terminal Portuario de Matarani, convirtiéndose en el primer operador portuario privado del Perú.

TISUR S.A., una empresa perteneciente al Grupo Romero, creada con el objetivo de promover el desarrollo de la actividad portuaria de la provincia de Islay, departamento de Arequipa. (Evaluación Económica de la concesión del terminal portuario de Matarani – Ositran 2009)

La ubicación de la instalación portuaria la convierte en un punto estratégico, debido a su proximidad a los centros mineros más importantes del sur del país y a los proyectos mineros a corto y mediano plazo (Figura 10). Así como la cercanía a Bolivia, convirtiéndose en un puerto de vital importancia para proyectos similares que a futuro pueda desarrollar el país altiplánico.



Figura N°8. Matarani puerto de salida de la mitad del cobre peruano

Fuente: Google Maps

Autor: Propia

Esta situación conlleva a que el puerto de Matarani tenga como proyección la salida de alrededor el 10% del Cobre a nivel mundial. Esto hace necesario que la infraestructura este de acuerdo al desafío que se plantea para hacer posible el transporte de esta cantidad de mineral. Al mismo tiempo la proyección de los futuros proyectos del corredor minero del sur del país tienen a Matarani como punto de exportación para la producción de dichos proyectos. (Figura 11)

Proyectos ubicados a lo largo del corredor minero

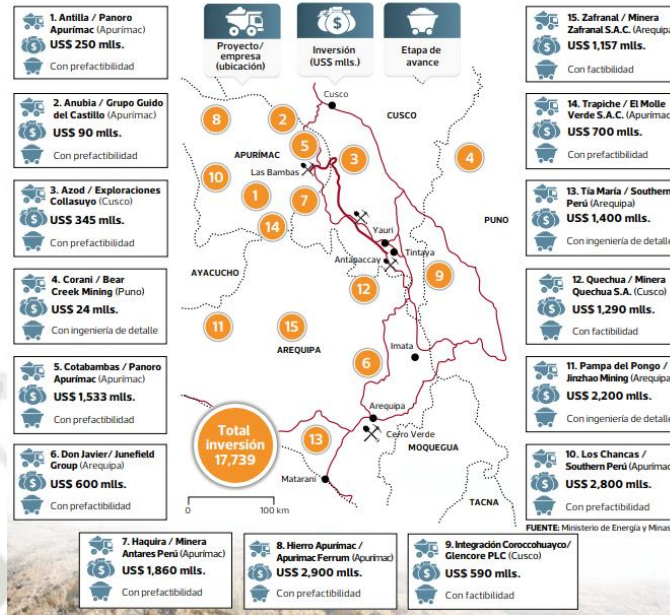


Figura N°9. Proyectos ubicados a lo largo del corredor minero sur

Fuente: Gestion

Autor: Gestion

1.3.4.1. PUERTO DE MATARANI – INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

El terminal de TISUR realizó el 2007 un proyecto de recepción, almacenamiento y embarque de mineral para cumplir con los requisitos que en ese entonces tenía su cliente Sociedad Minera Cerro Verde (SMCV) perteneciente a Freeport-McMoRan Copper & Gold Inc. Con las siguientes características:

- Capacidad de Almacenaje: 125,000 TM (Ver Figura 12)
- Capacidad de Recepción: 2,880 TM/d
- Capacidad de Embarque de 1,500 TM/h (Ver Figura 13)



Figura N°10. Almacén del puerto de Matarani realizado el 2007**Fuente:** Tisur**Autor:** Tisur

Con este y otras ampliaciones el Puerto de Matarani generó más de US\$ 31 millones en el 2012, su mayor ganancia durante concesión a TISUR (Fuente Gestion).

Fue en este contexto que se realizó el análisis para el proyecto del "Sistema de Recepción, Almacenamiento y Embarque de Minerales y Amarradero F en Bahía Islay", con el cual se podrá embarcar concentrados de mineral de los principales proyectos mineros del sur peruano.

**Figura N°11. Embarque de Mineral del Puerto de Matarani realizado el 2007****Fuente:** Tisur**Autor:** Tisur**1.4. PROYECTO SISTEMA DE REPECIÓN, ALMACENAMIENTO Y
EMBARQUE DE MINERALES EN EL AMARRADERO F EN LA
BAHAÍA ISLAY****1.4.1. UBICACIÓN**

Está ubicado en la parte sur del Perú, en la provincia de Islay, región Arequipa, en las siguientes coordenadas geográficas: 16° 59' 42.5" Latitud Sur y 72° 06' 13.2" Longitud: Oeste, ver Figura 1.

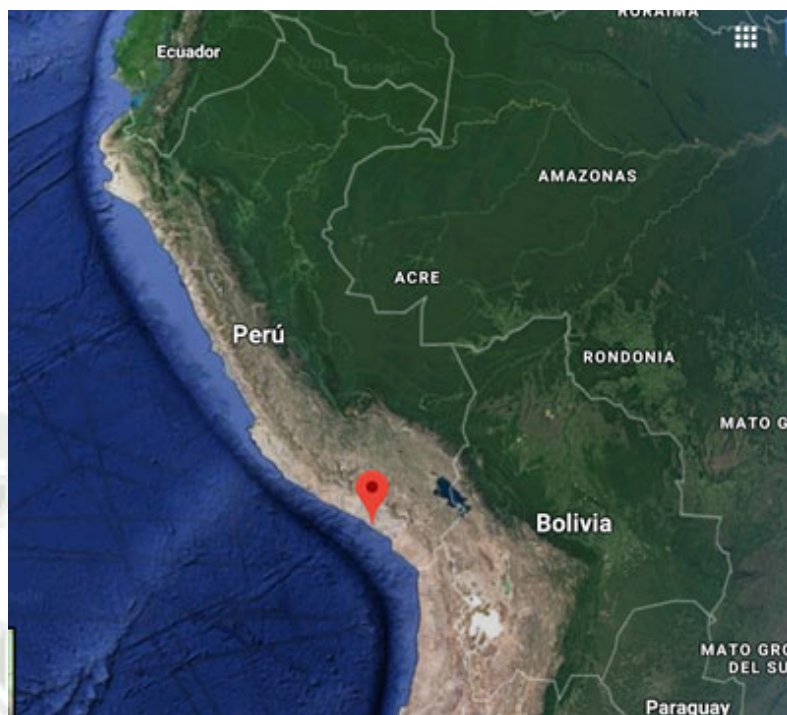


Figura N°12. Ubicación del terminal portuario de TISUR-Matarani en Perú

Fuente: Google Maps

Autor: Propia



Figura N°13. Ubicación del terminal portuario de TISUR-Matarani en Islay

Fuente: Google Maps

Autor: Propia

1.4.2. DESCRIPCIÓN GENERAL

La empresa TISUR S.A, teniendo la coyuntura antes descrita, tomó la decisión de efectuar el Proyecto Sistema de Recepción, Almacenamiento y Embarque de Minerales y Amarradero F – Bahía Islay, esto con el fin de realizar la exportación de concentrado de forma segura, eficiente y sin contaminar el medio ambiente. Este proyecto está ubicado en las instalaciones contiguas a la existente infraestructura. (Ver Figura 14).

El proyecto tiene como objetivo recibir la carga de concentrados de cobre de los proyectos mineros Las Bambas, Antapaccay y Cerro Verde por vía férrea y carretera desde un desvío de la vía de acceso al puerto Matarani hasta los nuevos almacenes proyectados que contarán con un sistema de embarque hacia el Nuevo Muelle de Minerales en donde se embarcarán los concentrados.

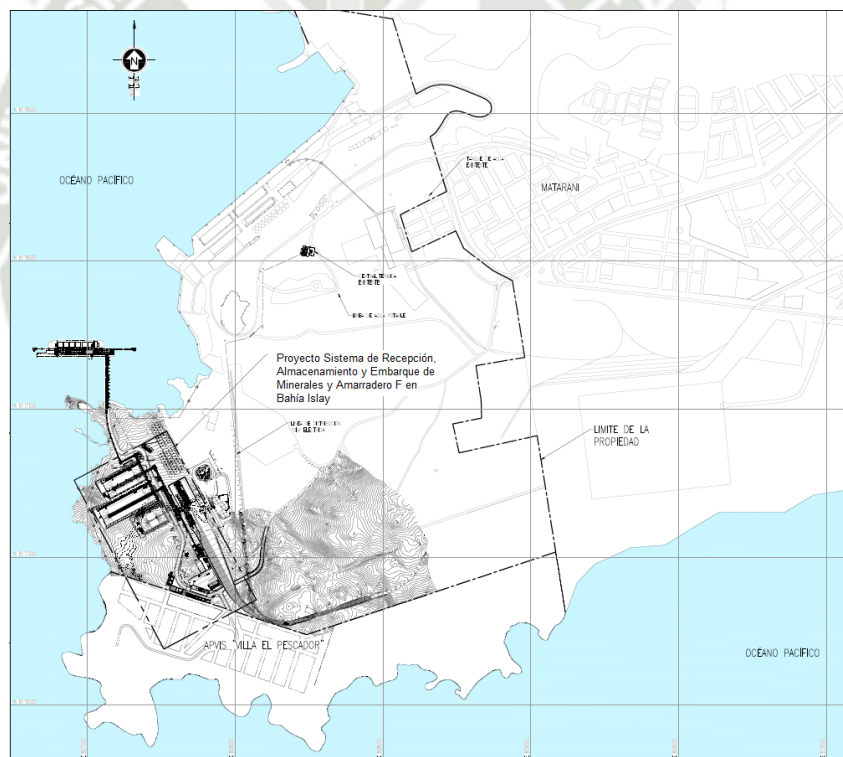


Figura N°14. Layout general del proyecto Sistema de Recepción, Almacenamiento y Embarque de Minerales en el Amarradero F de la Bahía Islay

Fuente: Proyecto de Investigación

Autor: Diego Santos Peralta

EL terminal portuario atenderá a 3 clientes principales:

- Freeport-McMoRan Copper & Gold Inc.- Sociedad Minera Cerro Verde
- MMG (Minerals and Metal Group) - Las Bambas
- Glencore - Antapaccay

Teniendo en cuenta que cada cliente tiene un manejo y toma de decisiones independiente, el proyecto contempla la diferenciación de instalaciones y facilidades para los clientes en la recepción y almacenamiento de concentrados, en base a esto cada cliente tendrá un edificio de recepción y un edificio de almacenamiento propio y autónomo dentro del proyecto (Ver Figura 15).

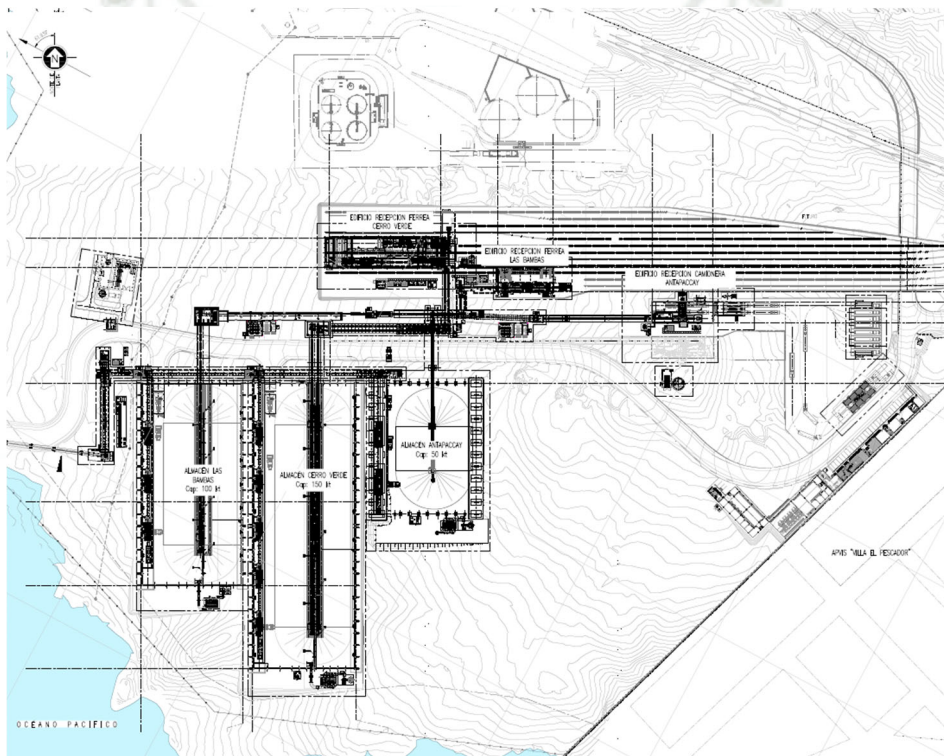


Figura N°15. Layout Lado Tierra del proyecto Sistema de Recepción, Almacenamiento y Embarque de Minerales en el Amarradero F de la Bahía Islay

Fuente: Proyecto de Investigación

Autor: Diego Santos Peralta

Cada cliente tiene un sistema de entrega de producto final de su concentrado, en el caso de SMCV y Las Bambas, la llegada de su producto es mediante vía férrea y en el caso de Antapaccay mediante camiones, por ende, cada edificio de recepción de mineral es distinto para cada cliente, esto con el fin de que se satisfaga las necesidades particulares de cada cliente. (Ver Figura 16)

Esto conlleva a que el propio sistema de transporte de mineral desde la recepción hacia el almacenamiento también sea independiente y sea diseñado de acuerdo a las características propias de cada cliente. (Ver Figura 17).

En el caso del embarque se considera una faja de reclamo principal compartida para los almacenes (Ver Figura 18) que se conectará a una faja transportadora tubular que llevará el concentrado desde tierra hacia el muelle protegida por una galería cerrada con el fin de evitar la contaminación al exterior (Ver Figura 19).

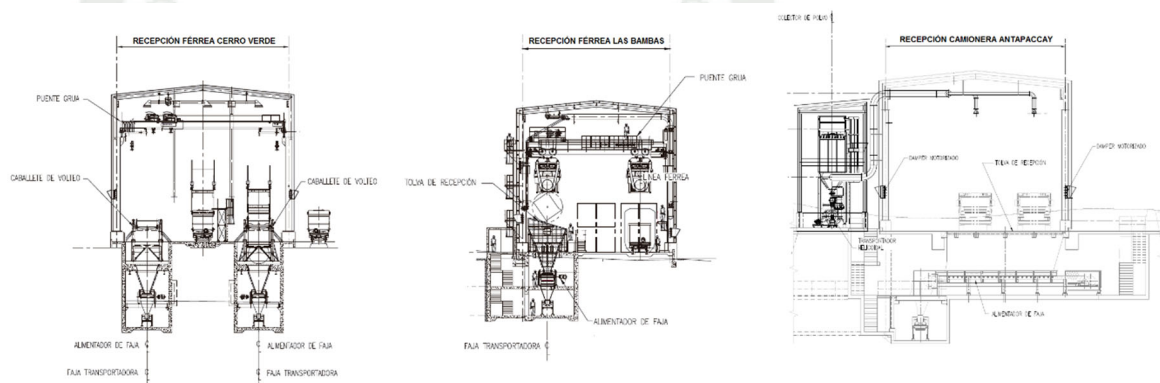


Figura N°16. Vista de secciones de los 3 tipos de edificios de recepción Cerro Verde, Las Bambas y Antapaccay (De Izquierda a Derecha)

Fuente: Proyecto de Investigación

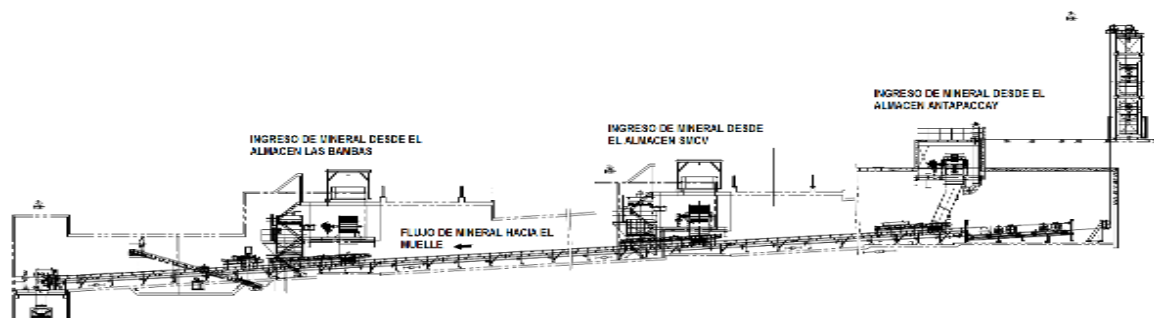


Figura N°17. Vista de sección de la faja de recepción de los almacenes Las Bambas, Cerro Verde y Antapaccay (De Izquierda a Derecha)

Fuente: Proyecto de Investigación

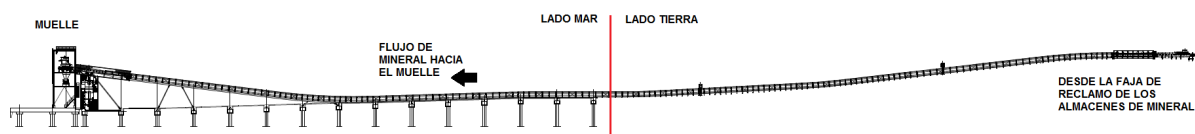


Figura N°18. Vista lateral de la faja tubular que lleva el mineral al muelle

Fuente: Proyecto de Investigación

Autor: Diego Santos Peralta

En el lado mar se encuentra un puente de acceso hacia el Nuevo Muelle de Concentrados de Minerales que contará con 296 metros de largo y 20.5 metros de ancho (Ver Figura 15).

En este nuevo muelle se instalará un cargador de barcos apoyado en rieles para su traslado con una capacidad para recibir naves de hasta 55,000 DWT (Ver Figura 16).

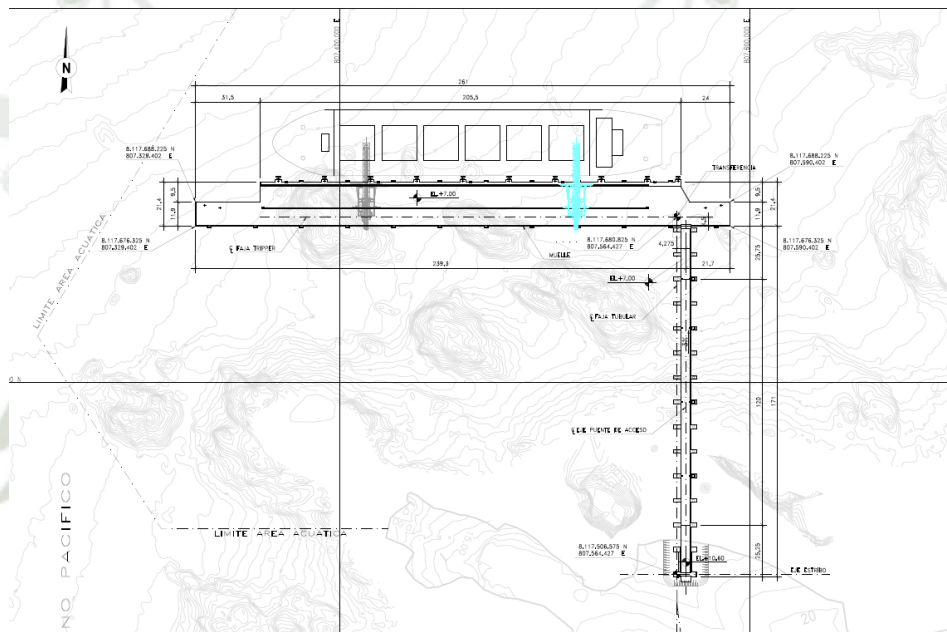


Figura N°19. Vista en planta del sistema de embarque en el muelle

Fuente: Proyecto de Investigación

Autor: Diego Santos Peralta

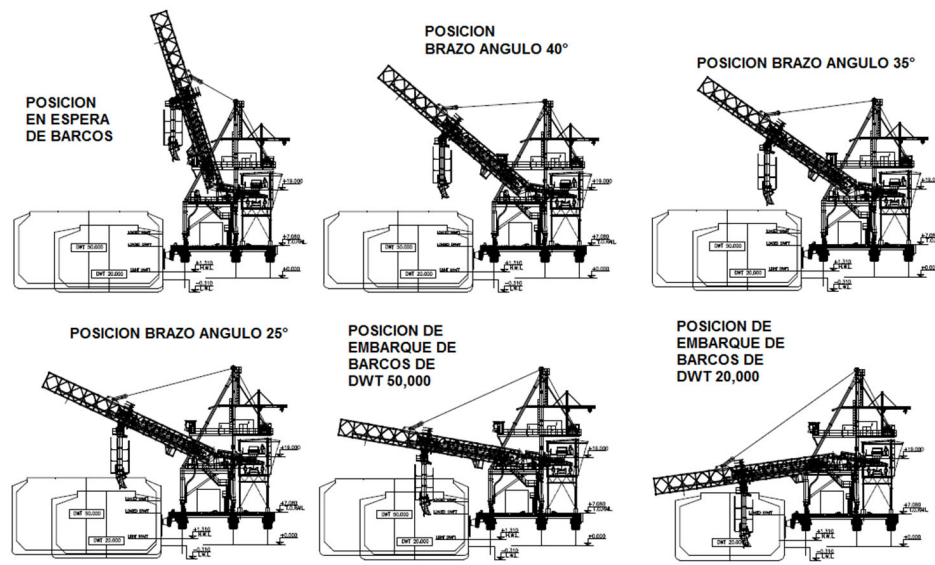


Figura N°20. Posiciones del cargador de barcos (Shiploader) en el muelle

Fuente: Proyecto de Investigación

De acuerdo a los términos de referencia, el proyecto está definido entonces en los siguientes elementos, a saber:

- Vías Férreas y Carretera
- Infraestructura de Recepción
- Almacenes
- Facilidades para el embarque
- Muelle
- Servicios complementarios

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. OBJETIVO PRINCIPAL

Diseñar el sistema de transporte de fajas para el sistema de recepción, transferencia y almacenamiento de mineral en un terminal portuario y los requerimientos específicos que aplican.

1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Se tiene como objetivos específicos del estudio:

1. Diseño del sistema de fajas transportadoras del sistema de recepción, transferencia y almacenamiento de mineral en un terminal portuario mediante el manual del CEMA.
2. Selección de los sistemas auxiliares, equipamiento para el del sistema de recepción, transferencia y almacenamiento de mineral en un terminal portuario.
3. Diseño y análisis del soporte de la estructura de la faja transportadora más crítica del sistema de recepción, transferencia y almacenamiento de mineral en un terminal portuario mediante de acuerdo al Método de Diseño por Tensiones Admisibles (Allowable Stress Design), ASD.
4. Proponer un sistema de protección superficial adecuado para el medio de trabajo.
5. Proponer un sistema anti desgaste adecuado para el recubrimiento de las tolvas de transferencia.

1.6. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROYECTO

1.6.1. JUSTIFICACION

El trabajo presentado muestra la necesidad de recortar el déficit de instalaciones portuarias requeridas para la operación de unidades mineras en el sur del país en los próximos años.

1.6.2. IMPORTANCIA

Este proyecto es de alta importancia para los futuros diseños de instalaciones portuarias para unidades mineras requeridas en el sur del país, mostrando los requerimientos que aplican su diseño.

1.7. ALCANCES Y LIMITACIONES

1.7.1. ALCANCE

El presente trabajo de tiene como alcance el desarrollo del sistema de fajas transportadoras adecuado para el transporte de concentrado de cobre desde la recepción hasta el almacenamiento y consta de:

- Diseño de la faja transportadora y sus componentes mecánicos.
- Diseño de la estructura de soporte para la faja transportadora.

- Selección del sistema de colección de polvos de las fajas transportadoras.
- Selección del sistema de muestreo de mineral.
- Selección del detector de metales.
- Selección de la balanza de faja.
- Selección del sistema de recubrimiento superficial.
- Selección de los elementos de recubrimiento anti desgaste.

1.7.2. EXCLUSIONES AL ALCANCE

Se excluye del alcance del trabajo:

- Diseño de los edificios de Recepción Férrea, los túneles y el edificio de acopio de concentrado de mineral y sus componentes.
- Sistemas de izaje y volteo de contenedores.
- Diseño de chutes y análisis de flujo.
- El diseño e ingeniería de los ítem seleccionados como “Vendor” (Colectores de polvo, muestreadores, balanzas, detectores de metales, chutes telescópicos, puente grúa, cobertura de FRP para las estructuras metálicas.)
- La ingeniería de DSS, instalaciones eléctricas, control e instrumentación, subestaciones eléctricas.
- Sistema de lucha contra incendio.
- Piping, p&id, instalaciones sanitarias, tubería de aire comprimido.
- Laboratorio de muestreo en recepción férrea.
- Sala de compresores.
- La línea de embarque.
- Planos de montaje.
- Plan de mantenimiento.
- Pruebas de pre-comisionamiento y comisionamiento.

1.8. METODOLOGÍA DE TRABAJO

La metodología empleada se realizará en base a la observación, la factibilidad del proyecto, el análisis de la factibilidad, el análisis técnico y la propuesta como resultado de estas etapas

La observación del terminal existente de TISUR que se encuentra en operación, obteniendo sus recomendaciones y sugerencias propias de la operación y mantenimiento.

La factibilidad del proyecto se da por la característica geográfica del terminal portuario en sí que permite que barcos de gran tonelaje puedan atracar en sus instalaciones, además de tener una línea férrea existente que trae el mineral desde las unidades mineras.

El análisis de factibilidad nos muestra que existen unidades mineras en la región que requieren un punto de embarque para su producto final que es el concentrado de cobre.

El análisis técnico nos permite realizar un diseño que cumpla tanto con los requerimientos propios del cliente así como las características propias del mineral así como las condiciones de sitio, todo esto cumpliendo con estándares internacionales requeridos por el cliente.

La propuesta presentada es producto de la metodología descrita, presentando un diseño óptimo que cumple con requerimientos mencionados.

1.9. NORMA APLICABLE

Cada norma mencionada a continuación será especificada de acuerdo a cada punto en el desarrollo del presente trabajo.

- ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienist.
- AGMA: American Gear Manufacturer Association.
- AISC: American Institute of Steel Construction
- ANSI: American National Standards Institute
- ASTM: American Society for testing Materials
- AWS: American Welding Society

- CEMA: Conveyor Equipment Manufacturer Association
- MHI: Material Handling Institute
- NACE: National Association and Corrosion Engineers
- SSPC: Society for protective coatings



CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. CONCEPTOS BÁSICOS

2.1.1. SISTEMA BIMODAL DE TRANSPORTE DE CONTENEDORES DESDE SMCV HACIA TISUR

PeruRail es la empresa encargada del traslado del producto enviado por SMCV hacia las instalaciones de TISUR, este traslado utiliza un sistema bimodal.

La primera etapa comienza en la mina, dos cargadores frontales recogen el concentrado de mineral y lo depositan en una bandeja de acopio. Paralelamente ingresan a la zona de carga los camiones llevando contenedores con una capacidad de 15TM por cada uno. Tanto los semirremolques como los contenedores cilíndricos han sido diseñados exclusivamente para el transporte de concentrado y fabricados en el Perú. Cuando los camiones se posicionan en la zona de carga, en la sala de control el personal capacitado de PeruRail activa el sistema de carga: una faja transporta el concentrado hacia un embudo hidráulico que introduce la cantidad exacta de mineral en los contenedores. La operación se realiza siguiendo todas las normas vigentes de seguridad (Ver Figura 21). (Sistema Bimodal – PeruRail)



Figura N°21. Carga de contenedores en las instalaciones de la SMCV

Fuente: PeruRail

Autor: PeruRail

En la segunda etapa, una vez que los contenedores han sido cargados, sellados herméticamente y el vehículo tiene toda la documentación pertinente, salen de la mina y se dirigen hacia la estación de La Joya.

En la estación de la Joya tiene lugar la tercera etapa del proceso. Los camiones son revisados por el personal de seguridad y luego se inicia la transferencia de los contenedores de los camiones al tren.

Los camiones ingresan a la zona de transferencia donde a ambos lados hay líneas ferroviarias en las que se ubican los convoys de tren (Ver Figura 22).

Un puente grúa con la capacidad de 20TN operado por personal especialmente calificado retira el contenedor del camión y lo coloca en el espacio correspondiente en el carro plano. (Sistema Bimodal – PeruRail)



Figura N°22. Posicionamiento de camión para traslado de contenedores

Fuente: PeruRail

Autor: PeruRail

Luego, toma un contenedor vacío del carro plano y lo coloca en el camión. La operación de repite hasta completar la carga del convoy (Ver Figura 23).

La cuarta etapa del proceso de transporte bimodal de minerales es el transporte en tren. La locomotora arrastra 16 carros planos, cada carro plano lleva 4 contenedores. La carga máxima del convoy es de 960TN. (Sistema Bimodal – PeruRail)



Figura N°23. Traslado de contenedores a la plataforma mediante puente grúa

Fuente: PeruRail

Autor: PeruRail

El tren recorre el trayecto en aproximadamente 2hr y 30mins, superando la diversidad geográfica y climática de la zona y sin impactar en el medio ambiente con el contenido que transporta (Ver Figura 24).

En la quinta y última etapa del proceso al llegar a la zona de parqueo de la empresa portuaria TISUR, un trackmovil desengancha el convoy y traslada los carros planos, de dos en dos, al almacén de descarga, donde finaliza la tarea de PeruRail. (Sistema Bimodal – PeruRail)

En el Edificio de Recepción de Mineral, personal especializado alza los contenedores, los deposita en un caballete donde, por gravedad, se hace la descarga del concentrado. El recinto está cerrado herméticamente y con presión negativa para evitar que el polvo que se levanta contamine el entorno. (Ver Figura 25).



Figura N°24. Tren llevando plataformas hasta instalaciones de Tisur en Matarani

Fuente: PeruRail

Autor: PeruRail



Figura N°25. Trackmovil enganchando las plataformas en instalaciones de Tisur

Fuente: PeruRail

Autor: PeruRail

2.1.2. CONCEPTO DEL SISTEMA DE DESCARGA DE MINERAL EN EL EDIFICIO DE RECEPCIÓN DE MINERAL DE SMCV

El diseño del edificio de recepción de mineral proveniente de SMCV está orientado a satisfacer las necesidades del mencionado cliente. La SMCV

actualmente envía 3 convoyes diarios de 16 plataformas cada uno, cada plataforma tiene 4 contenedores de 15 TM c/u. (Ver Figura 26)



Figura N°26. Ingreso de trackmovil a edificio de recepción férrea

Fuente: Proyecto de Investigación

Cada contenedor enviado tiene una etiqueta con un código de barras y un precinto de seguridad que sella el contenedor, dicho precinto debe ser retirado de forma manual por los operadores de TISUR (Ver Figura 27).



Figura N°27. Retiro de precintos de seguridad por personal de operaciones

Fuente: TISUR

Autor: TISUR

Una vez se retira el precinto del contenedor este es izado mediante un puente grúa de 25 Ton que tiene ganchos de izaje diseñados para sostener el contenedor y llevarlo hasta un caballete de volteo (Ver Figura 28).



Figura N°28. Traslado de contenedores desde plataforma a volteador de contenedor mediante puente grúa

Fuente: Proyecto de Investigación

Este caballete de volteo gira el contenedor y la tapa de este se abre por gravedad y permite que el mineral del contenedor pase al chute de los alimentadores (Ver Figura 29), en esta operación, polvo de mineral es generado el cual es absorbido por el sistema de presión negativa del edificio.



Figura N°29. Volteo de contenedor mediante puente grúa

Fuente: Proyecto de Investigación

2.1.3. SISTEMA DEL PUENTE GRÚA

Un puente grúa o puente-grúa, es un tipo de grúa que se utiliza en fábricas e industrias, para izar y desplazar cargas pesadas, permitiendo que se puedan movilizar piezas de gran porte en forma horizontal y vertical

Un puente grúa se compone de un par de rieles paralelos ubicados a gran altura sobre los laterales del edificio con un puente metálico (viga) desplazable que cubre el espacio entre ellas. El guinche, también conocido como polipasto, es el dispositivo de izaje de la grúa, se desplaza junto con el puente sobre el cual se encuentra; el guinche a su vez se encuentra alojado sobre otro riel que le permite moverse para ubicarse en posiciones entre los dos rieles principales. (Ver Figura 30).

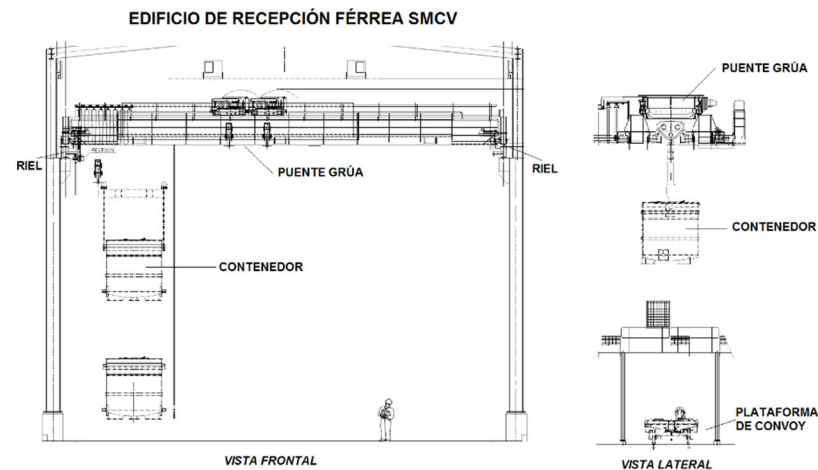


Figura N°30. Diagrama de traslado de contenedores mediante puente grúa

Fuente: Proyecto de Investigación

En este caso, los puentes grúa del edificio de recepción férrea de SMCV fueron diseñado para trasladar y maniobrar los contenedores de concentrado de cobre, teniendo en consideración que siempre operen dos puentes grúa y dos puentes grúa de respaldo permanentemente (Ver Figura 31). Esto asegura que el sistema siempre tiene dos puentes grúa permanentemente en operación para la descarga de las plataformas.

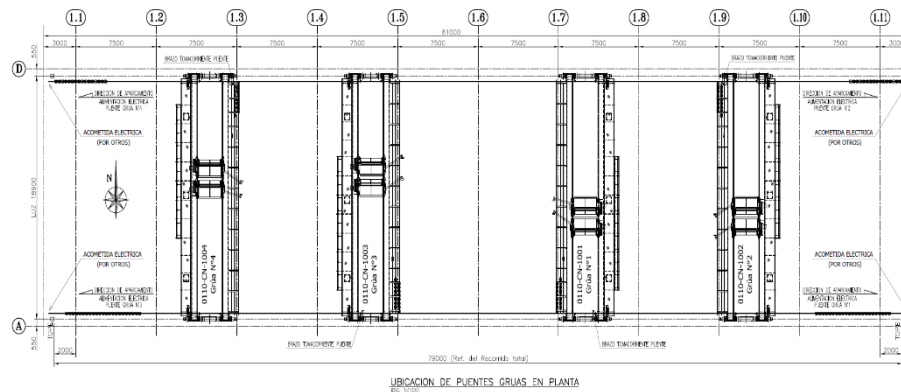


Figura N°31. Distribución de puentes grúas

Fuente: Proyecto de Investigación

2.1.4. SISTEMA DE PRESIÓN NEGATIVA

En un edificio, con un “volumen de control definido”, cuando la cantidad de aire introducida en un recinto es inferior a la cantidad extraída, la presión local será inferior a la presión atmosférica, esta circunstancia se conoce con el nombre de “presión negativa” (Ver Figura 32).

FLUJO DE INGRESO << FLUJO DE SALIDA

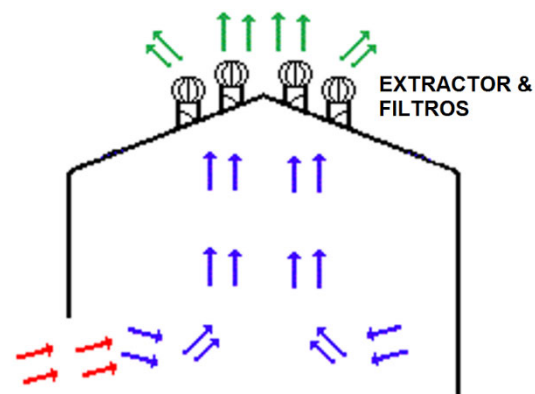


Figura N°32. Traslado de contenedores a la plataforma mediante puente grúa

Fuente: Proyecto de Investigación

Cabe indicar que, para mantener este volumen de control definido, es necesario que el edificio se encuentre sellado.

Estos sistemas de presión negativa se utilizan en ambientes en los que existe un contaminante y se requiere prevenir que se escape a los alrededores.

Cada país tiene sus propias organizaciones que protegen la seguridad y la salud de los trabajadores. En los Estados Unidos, estos son OSHA (Administración de Seguridad y Salud Ocupacional), MSHA (Administración de Seguridad y

Salud Minera) y NIOSH (Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional). Muchas plantas de energía y minas están adoptando los límites establecidos por MSHA, quien establece que "cada operador mantendrá continuamente la concentración promedio de polvo respirable en la atmósfera de la mina durante cada turno al que operador en el funcionamiento activo estará expuesto a 2.0 miligramos o menos de polvo respirable por metro cúbico de aire".

En nuestro caso tenemos el concentrado de cobre que tiene residuos del ácido sulfúrico que es utilizado en el proceso de lixiviación, el cual es nocivo para el medioambiente. Es por esto que en todos los edificios y túneles donde se encuentran las fajas transportadoras existe un sistema de presión negativa para evitar que el polvo, generado en las transferencias de mineral, pueda escapar al exterior.

En el caso de la recepción férrea SMCV, se dispone de un colector de polvos centralizado que contiene un sistema de filtros, un extractor y una chimenea para liberar la presión al exterior habiendo filtrado los elementos de acuerdo a las normas mencionadas.

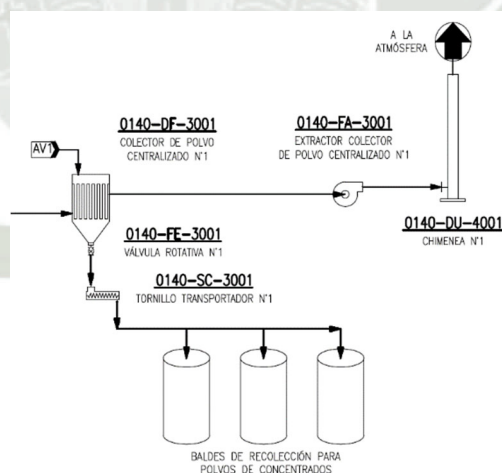


Figura N°33. Diagrama de flujo del sistema de presión negativa del edificio de recepción férrea SMCV

Fuente: Proyecto de Investigación

2.1.5. SISTEMA DE TRANSPORTE MEDIANTE FAJAS TRANSPORTADORAS

Las fajas transportadoras han logrado una posición dominante transportando los materiales a granel, debido a ventajas inherentes tales como su economía y

seguridad de funcionamiento, fiabilidad, versatilidad, y el rango prácticamente ilimitado de capacidades. Además, son convenientes para realizar las numerosas funciones del proceso en relación con su propósito normal de proporcionar un flujo continuo de material mientras funciona. Recientemente, su conformidad a los requisitos medioambientales ha mantenido un incentivo extenso para la selección de fajas transportadoras por encima de otros medios de transporte. (CEMA 5ta Edición, 2002)

Una cinta transportadora o banda transportadora o transportadora de banda o cintas francas es un sistema de transporte continuo formado por una banda continua que se mueve entre dos tambores.

Por lo general, la banda es arrastrada por la fricción de sus tambores, que a la vez este es accionado por su motor. Esta fricción es la resultante de la aplicación de una tensión a la banda transportadora, habitualmente mediante un mecanismo tensor por husillo o tornillo tensor. El otro tambor suele girar libre, sin ningún tipo de accionamiento, y su función es servir de retorno a la banda. La banda es soportada por rodillos entre los dos tambores. Denominados rodillos de soporte.

Debido al movimiento de la banda el material depositado sobre la banda es transportado hacia el tambor de accionamiento donde la banda gira y da la vuelta en sentido contrario. En esta zona el material depositado sobre la banda es vertido fuera de la misma debido a la acción de la gravedad y/o de la inercia.

Los principales componentes del sistema de fajas transportadoras son:

- Banda transportadora,
- Poleas o tambores,
- Sistema motriz,
- Polines o Rodillos,
- Dispositivos de limpieza,
- Sistema de tensión de faja,
- Sistema de alineamiento de faja,
- Sistema de seguridad,

- Sistemas de transferencia de material,
- Soporte y cerramiento de Faja,

Los sistemas auxiliares de fajas transportadoras son:

- Sistema de captación de polvos,
- Sistema de detección de metales,
- Sistema de muestreo,
- Sistema de balanza o pesaje,

2.1.5.1. BANDA TRANSPORTADORA

La banda es el elemento principal que está en contacto con las poleas, polines, dispositivo de limpieza, etc. Mediante el sistema de tensión la banda es forzada a estar en contacto con las poleas y al girar la polea motriz la banda gira en torno a las poleas y mediante esto el material que se encuentra depositado encima de esta. La estructura de la banda está formada por una serie de tejidos superpuestos que forman el armazón, protegidos por sus caras libres con coberturas protectoras. En los tejidos destinados a la construcción de bandas transportadoras, predominan los armazones que están contruidos por urdimbre y trama, revestidos por compuesto de goma a fin de conseguir una alta adherencia entre las distintas capas. (Textile Conveyor Belt)

La banda transportadora debe tener alta resistencia mecánica longitudinal, flexibilidad en direcciones longitudinal (en tambores) y transversal (en apoyos de rodillos), elevada resistencia al desgaste y a la desestatificación por reiterados dobleces, poca elasticidad y alta resistencia a la humedad. (Textile Conveyor Belt)

Se emplean distintos tipos de materiales para conformar las bandas: De telas naturales, sintéticas, y de acero. Para el caso de la minería, y en específico para el concentrado de cobre, se utilizan bandas transportadoras textiles (Textile Conveyor Belt) (Ver Figura 34).

Las normas de cinta transportadora textil abordan las pruebas adicionales que experimentan las cintas transportadoras con una composición textil. La inflamabilidad, la propagación de roturas, la resistencia a la tracción y las pruebas dimensionales están incluidas. Adicionalmente, se dan especificaciones para cinturones recubiertos de caucho o plástico de construcción textil, que abordan la minería tanto general como subterránea, anticipándose a la gama de entornos en los que se utilizarán cintas transportadoras con una carcasa textil.

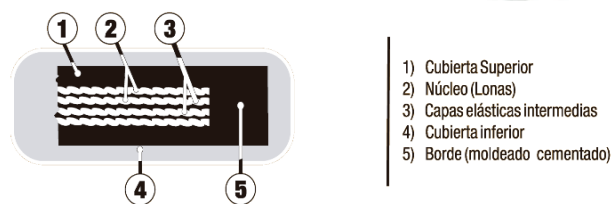


Figura N°34. Componentes de la estructura de la banda transportadora

Fuente: JORVEX

Autor: JORVEX

2.1.5.2. POLEAS O TAMBORES

Las poleas están diseñadas para usarse en sistemas de cintas transportadoras como un medio para conducir, redirigir, proporcionar tensión o ayudar a alinear la cinta transportadora (Ver Figura 35).

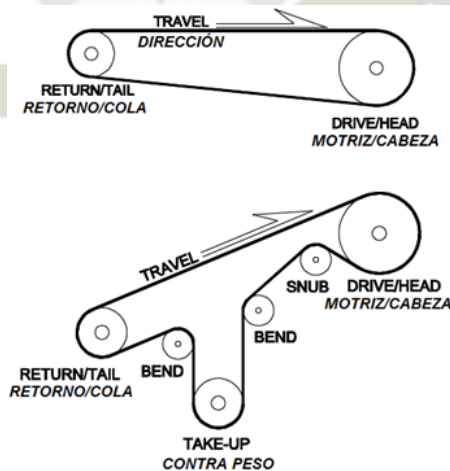


Figura N°35. Distintos tipos y funciones de las poleas en el sistema de transporte

Fuente: PCI Pulley Selection Guide

Autor: PCI

Los tambores o poleas están constituidos de acuerdo a su tipo y función, entre los componentes y términos se muestran en la Figura 36:

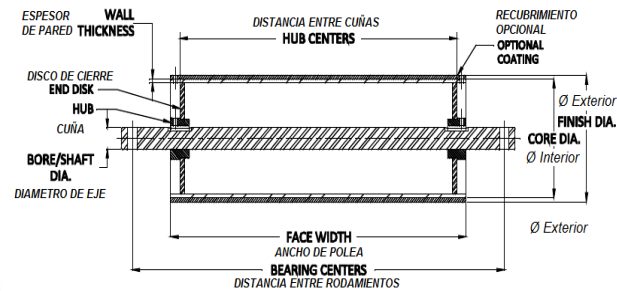


Figura N°36. Terminología de las poleas

Fuente: PCI Pulley Selection Guide

Autor: PCI

Como un grupo general se podría acomodar a las poleas o tambores en dos grupos principales:

- Tambores o poleas motrices,
- Tambores o poleas no motrices,

2.1.5.3. SISTEMA MOTRIZ DEL SISTEMA

Es uno de los componentes principales del sistema y el que aporta la fuerza para poder mover la banda y el material depositado en esta. El sistema motriz debe ser diseñado y/o seleccionado de acuerdo los requerimientos del sistema para su óptimo funcionamiento.

Habiendo determinado los requisitos básicos de potencia, la selección de los motores para accionamiento de la faja transportadora, entonces depende de muchos factores. Esto incluye características de arranque; el tipo y voltaje del suministro de energía; el ambiente y las condiciones atmosféricas; requerimientos de velocidad simple o múltiple; condiciones especiales de servicio; si el portador es inclinado, declinado, o particularmente si tiene una o más curvas verticales (Ver Figura 37). (CEMA 5ta Edición, 2002)

Entre las partes principales se tienen:

- Motor Eléctricos
- Acople (Puede ser mecánico o por fluido),

- Reductor de Velocidad,
Freno (Mecánico y/o eléctrico).

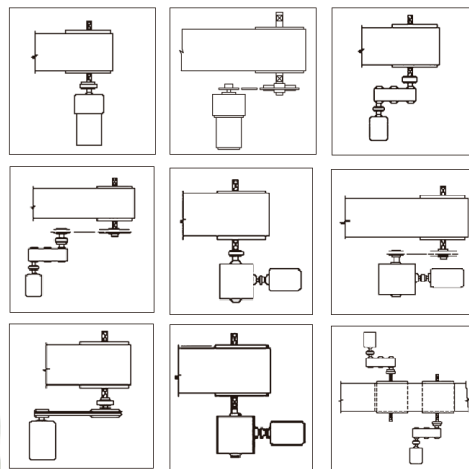


Figura N°37. Diagrama de arreglos del sistema motriz

Fuente: CEMA 5ta Edición

Autor: CEMA

2.1.5.4. POLINES O RODILLOS

Los polines o rodillos, pertenecen a los principales componentes del sistema de bandas transportadoras, su composición es similar a la de las poleas, están conformados por eje y un cuerpo que exterior que permite el giro de este en el eje. (CEMA 5ta Edición, 2002)

Su función dentro del sistema está definido por el tipo al que pertenecen pero entre las principales tenemos:

- Soportar la faja transportadora o banda y por ende el material a transportar por la misma en la parte superior. Los polines o rodillos situados en la zona de carga, deben soportar además el impacto producido por la caída del material, por lo que generalmente son de caucho y son llamados polines de impacto o estaciones de impacto.
- Contribuir a la limpieza de la faja o banda, aunque esta es la función de los raspadores o rascadores, existen rodillos de goma especiales (autolimpiantes) que son instalados cuando el material a transportar se adhiere fácilmente a los rodillos convencionales.

- Ayudar a alinear la banda o faja transportadora, ya por factores diversos la banda está sometida a diferentes factores que tienden a desalinearla de su eje. Existen varios tipos de rodillos o polines que permiten corregir estas variaciones, entre ellos están los polines auto-alineantes.

La distancia entre los polines o rodillos, su tipo y clase son seleccionados de acuerdo al manual del CEMA.

Hay dos tipos básicos de rodillos para faja transportadora: rodillos de transporte que soportan el tramo con carga de la faja transportadora; y los rodillos de retorno que sostienen el tramo vacío de retorno de la faja transportadora. Los otros tipos están dados para las funciones a detallar:

Rodillos Transportadores. Tienen dos configuraciones generales. Una se usa para las fajas acanaladas y normalmente consiste de tres rodillos. Los dos rodillos exteriores están inclinados hacia arriba; el rodillo central está en posición horizontal. La otra configuración se usa para soportar las fajas planas. Este rodillo generalmente consiste en un solo rodillo horizontal posicionado entre dos carteras que se fijan directamente a la estructura del transportador (Ver Figura 38)

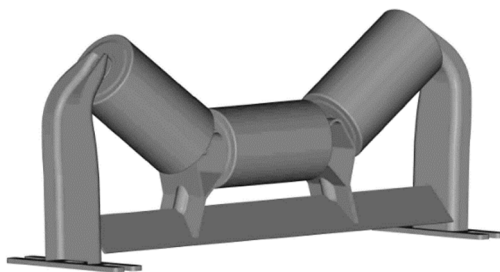


Figura N°38. Arreglo de rodillos transportadores

Fuente: CEMA 5ta Edición

Autor: CEMA

Rodillos de Retorno. Normalmente son rodillos horizontales, posicionados entre carteras que normalmente se fijan a la parte inferior de la estructura en la que los rodillos transportadores están montados. Los rodillos dobles de retorno en "V" se usan también para una mejor guía y para rangos de carga mayores (Ver Figura 39).

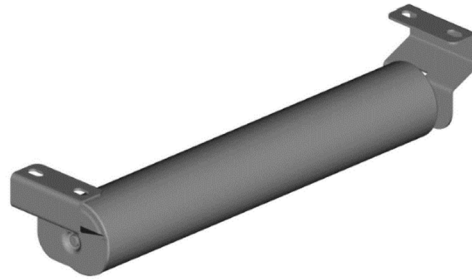


Figura N°39. Arreglo de rodillos de retorno

Fuente: CEMA 5ta Edición

Autor: CEMA

Rodillos de Impacto. A veces llamados "rodillos amortiguadores," están hechos de un material elástico. Ellos se usan en puntos de carga donde el impacto resultante del tamaño del trozo y del peso del material manejado podría dañar seriamente la faja, si fuera el apoyo fuera rígido. Un tipo frecuentemente usado consiste en un ensamblado de tres rodillos, cada uno de los cuales está constituido por discos elásticos, espaciados. (Ver Figura 40).

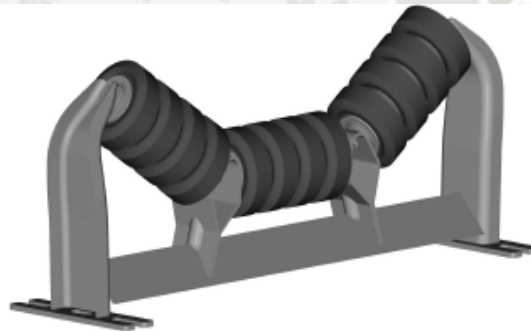


Figura N°40. Arreglo de rodillos de impacto

Fuente: CEMA 5ta Edición

Autor: CEMA

Rodillos Autoalineantes (Rodillos Guía) Ayudarán a mantener la alineación de la faja en situaciones transitorias que pueden ocasionar que la faja se afloje. Los rodillos guía usuales tienen el bastidor del rodillo de transporte montado en un pivote central aproximadamente perpendicular a la faja transportadora (Ver Figura 41).

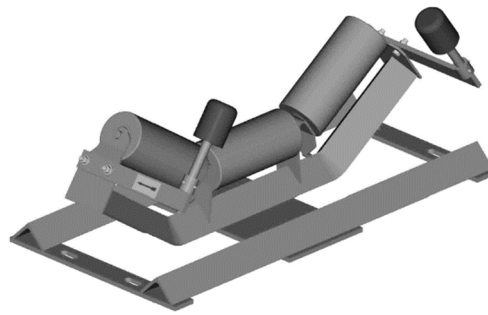


Figura N°41. Arreglo de rodillos auto-alineantes

Fuente: CEMA 5ta Edición

Autor: CEMA

2.1.5.5. SISTEMA DE TENSION DE BANDA TRANSPORTADORA

Todos los transportadores de faja adecuadamente diseñados requieren el uso de alguna forma de dispositivo de tensor por las siguientes razones:

- Asegurar la cantidad apropiada de tensión del lado flojo en la polea motriz para prevenir el derramamiento de la faja,
- Asegurar la tensión de la faja apropiada en la carga y en otros puntos a lo largo del transportador (necesario para prevenir pérdidas del contorno abarquillado de la faja entre rodillos, evitando el derrame del material de la faja),
- Compensar los cambios de longitud de la faja,
- Permitir el almacenamiento de la faja para realizar los empalmes de reemplazo (sin el almacenamiento, las secciones pequeñas de faja nueva tendrían que ser adicionados, requiriendo dos empalmes para cada reparación del empalme).

Los tensores pueden ser de acuerdo a su uso o carga y pueden estar localizados en distintos puntos, dependiendo del sistema. (CEMA 5ta Edición, 2002)

Tensores manuales. Los tensores manuales tienen las ventajas de tamaño reducido y el costo bajo; sin embargo, debido a que con este tipo el tensor de la faja es para un periodo, las tensiones de faja resultantes casi siempre son demasiado altas o demasiado bajas. Por consiguiente, sólo se recomiendan los tensores manuales donde el tensor automático no sea práctico debido a las limitaciones de espacio o en el caso de transportadores de faja relativamente

cortos y de servicio ligero, donde las consideraciones del tensor no son tan críticas (Ver Figura 42).

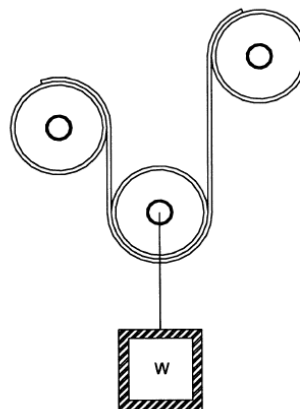
Figura N°42. Tensores de banda manuales



Fuente: CEMA 5ta Edición

Autor: CEMA

Tensores automáticos. Los tensores automáticos son el tipo más deseable para el uso en cualquier faja transportadora. Ellos pueden instalarse en forma horizontal, vertical, o en una pendiente. Pueden operarse por gravedad o por energía, tanto por medios hidráulicos, eléctricos, o neumáticos. El tipo más común es el tensor de gravedad (Ver Figura 43). (CEMA 5ta Edición, 2002)



*Tensor de Gravedad
en Faja Inclinada*

Figura N°43. Tensores de gravedad en Faja Inclinada

Fuente: CEMA 5ta Edición

Autor: CEMA

2.1.5.6. DISPOSITIVOS DE LIMPIEZA DE BANDA

Muchos materiales transportados por fajas son pegajosos. Las porciones se aferran a la superficie de la faja y no se descargan con el resto del material en los puntos de descarga. El material regresa por el tramo de retorno, dónde puede ocasionar desgaste excesivo, crecimiento de los rodillos de retorno, desalineamiento de la faja, y el posible daño de forzar la faja contra alguna parte de la estructura de apoyo. El material que se regresa por el tramo de retorno, eventualmente cae de la faja, causando problemas de mantenimiento y manejo. Por consiguiente, se desea la limpieza de la faja antes de que haga contacto con cualquier polea de reenvío o con los rodillos de retorno.

Esto además que el material, en el caso de la minería, puede ser nocivo para el medio ambiente hace que sea necesario limpiar los componentes que podrían afectarse por la acumulación de material.

Limpiadores de Faja

Un limpiador de banda transportadora es cualquier accesorio utilizado para eliminar el material que se adhiere al lado de transporte de una cinta transportadora después del punto normal de descarga del material. (CEMA 5ta Edición, 2002)

Rascadores de Faja de Hoja Simple o Múltiple Se diseñan para raspar el material de la superficie de la faja. Un rascador de hoja simple típico. Una o más hojas están en contacto con la superficie de la faja por medio de la tensión de un contrapeso o de un resorte. Un rascador de hoja simple consiste en una hoja a través del ancho de la faja. Un rascador hojas múltiple consiste en dos o más hojas paralelas que cruzan el ancho de la faja (Ver Figura 44).

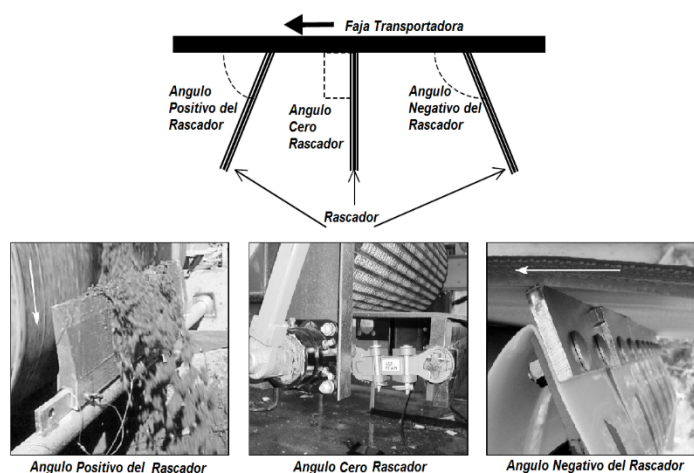
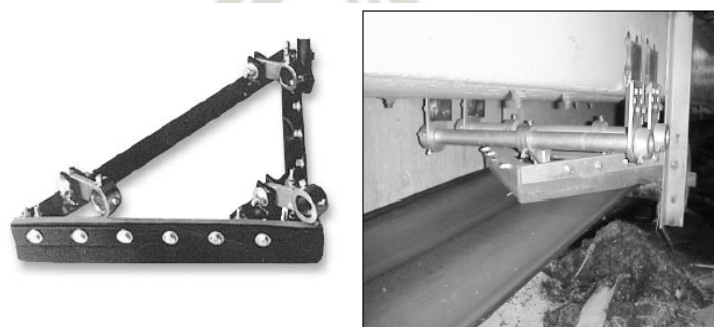


Figura N°44. Rascadores de Faja de Hoja Simple o Múltiple**Fuente:** CEMA 5ta Edición**Autor:** CEMA

Limpiadores de Faja Rotatorios Consisten en ejes o tubos accionados con energía sobre los cuales se sujetan cerdas del cepillo u hojas. Estos cepillos u hojas se hacen de ancho mayor que el ancho de la faja nominal. Las cerdas del cepillo se hacen de nylon. Las hojas se hacen de caucho (Ver Figura 45).

**Figura N°45. Limpiadores de Faja Rotatorios****Fuente:** CEMA 5ta Edición**Autor:** CEMA

Limpeza del Tramo de Retorno Aunque una faja transportadora se diseña cuidadosamente, el derrame de la faja puede ocurrir en el punto de carga y cualquier otro punto a lo largo de la faja. Si ocurre, podría aterrizar en el tramo de retorno de la faja y quedarse atrapado entre la faja y polea de cola, causando posible daño o el des alineamiento de la faja (Ver Figura 46).

**Figura N°46. Limpieza del Tramo de Retorno****Fuente:** CEMA 5ta Edición**Autor:** CEMA**2.1.5.7. DISPOSITIVOS DE ALINEAMIENTO**

El diseño del sistema de transportador permite una cantidad nominal de desplazamiento de la correa durante el funcionamiento normal. Derrame o daños en la correa y la estructura del transportador pueden ocurrir si la correa se mueve del centro y más allá del límite de diseño. El alineamiento de la cinta transportadora es crítico y el mantenimiento de la alineación correcta de la correa debe recibir una atención considerable durante el diseño de un sistema, así como durante la operación y el mantenimiento preventivo. (CEMA 5ta Edición, 2002)

Un dispositivo de entrenamiento de correa es un accesorio o sistema que ayuda a mantener la alineación deseada de la cinta transportadora (Ver Figura 47).

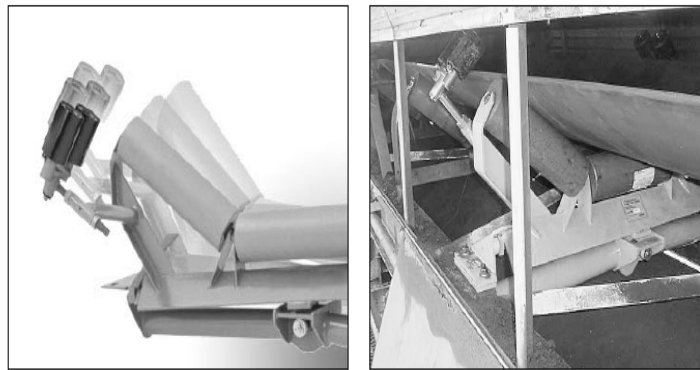


Figura N°47. Estación de polines auto-alineantes

Fuente: CEMA 5ta Edición

Autor: CEMA

2.1.5.8. **DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD**

Teniendo comprendido que el sistema de fajas transportadoras tienen elementos en movimiento, materiales en gran volumen y velocidad y, en algunos casos, materiales que pueden ser nocivos para los operadores y/o el medioambiente. Como elementos de seguridad en el sistema de fajas transportadoras se tienen: (CEMA 5ta Edición, 2002)

Interruptores Pull Cord Es un interruptor de parada de emergencia con disposiciones de enganche que se pueden activar tirando en un cable. Debido a que los transportadores tienen numerosos puntos de riesgo a lo largo de su longitud, es necesario contar con un sistema de parada de emergencia que se pueda activar en cualquier lugar a lo largo del transportador, esta es la ventaja

principal del Pull Cord ya que puede ser activado en cualquier ubicación de la faja transportadora (Ver Figura 48).

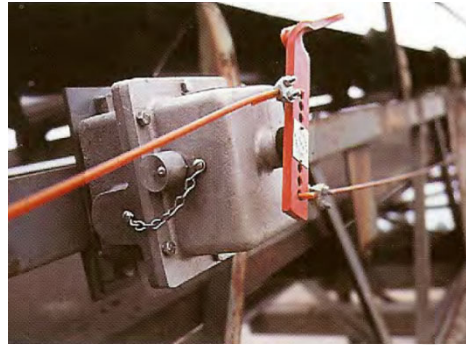


Figura N°48. Interruptor de Pull Cord

Fuente: Conveyor Components Company

Autor: Conveyor Components Company

Interruptores de Atoro de Chute Es un interruptor o sensor que está diseñado para detectar el atoro del material que fluye desde la descarga de un transportador hacia un chute. Esto evita que los puntos de transferencia, en los que los chutes están ubicados, no puedan transferir el material originando grandes cúmulos de paralizarían el proceso de transporte de material.

Interruptores de Desalineamiento Es un accesorio transportador que incorpora un interruptor que se coloca a lo largo de un transportador para detectar una condición de desalineación de la correa.

Interruptores de Rotura de Banda Es un interruptor que detecta un sector dañado de la banda mediante una alarma o apagando el sistema de transporte de faja por completo, evitando así derrame de material (Ver Figura 49).

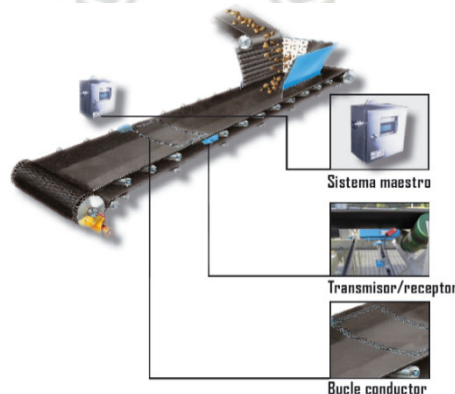


Figura N°49. Interruptor de Rotura de Banda

Fuente: Sensor rotura de cinta

Autor: Coal Control

2.1.5.9. SISTEMA DE TRANSFERENCIA DE MATERIAL

El funcionamiento exitoso de cualquier sistema de faja transportadora requiere: primero, que la cinta transportadora se cargue correctamente; segundo, que el material transportado por el cinturón se descargue correctamente. Esta transferencia de material, tanto de un cinturón a otro cinturón, contenedor o pila, se produce en un punto de transferencia, cuyo diseño puede variar de acuerdo a la necesidad o requerimiento. Los principales y más utilizados sistemas de transferencia son:

Chutes o tolvas de flujo controlado Los principios de diseño de los sistemas de flujo controlado se basan en la capacidad de predecir y controlar con precisión el flujo de material durante todo el proceso de transferencia.

El diseño de la trayectoria del flujo dentro del chute, el análisis de velocidad, ángulo y profundidad del flujo en todos los puntos a lo largo de la transferencia, caída libre minimizada, etc., resulta en una geometría del sistema específicamente diseñada para controlar la dirección y velocidad del material en una aplicación específica (Ver Figura 50).

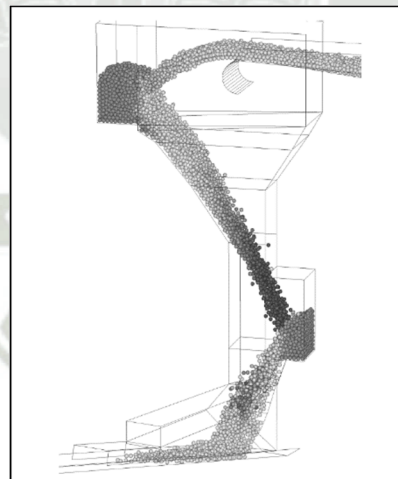


Figura N°50. Análisis de flujo de material en un chute de flujo controlado

Fuente: CEMA 5ta Edición

Autor: CEMA

Faldones o Skirtboards Estos faldones normalmente son una extensión de los lados del conducto inferior y se extienden aproximadamente paralelos entre sí a cierta distancia a lo largo de la cinta transportadora. Para retener el material a medida que se asienta en el cinturón después de que sale del conducto de transferencia y para depositar las partículas de polvo en el cinturón, a menudo son necesarios los faldones. Los faldones normalmente están hechos de acero con alta resistencia a la abrasión. Las placas de cerámica se utilizan cada vez más como forro de desgaste en los faldones, debido a su mejor deslizamiento y resistencia (Ver Figura 51). (CEMA 5ta Edición, 2002)

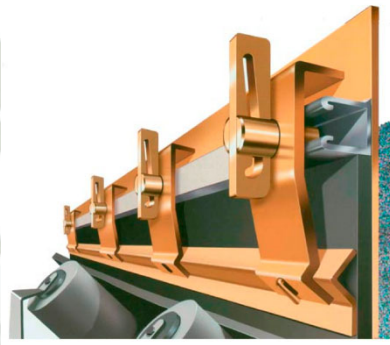


Figura N°51. Skirtboard o Faldón en una faja abarquillada

Fuente: Conviber

Autor: Conviber

Feeders o Alimentadores La alimentación intermitente o irregular del material a la correa dará como resultado la alternación de porciones vacías y sobrecargadas de la correa. Tal condición generalmente causa una pérdida de capacidad y, muy probablemente, un derrame de material sobre los bordes de la correa a lo largo de las partes sobrecargadas. Un alimentador es un transportador u otro mecanismo adaptado para controlar la velocidad de entrega del material a granel (Ver Figura 52).

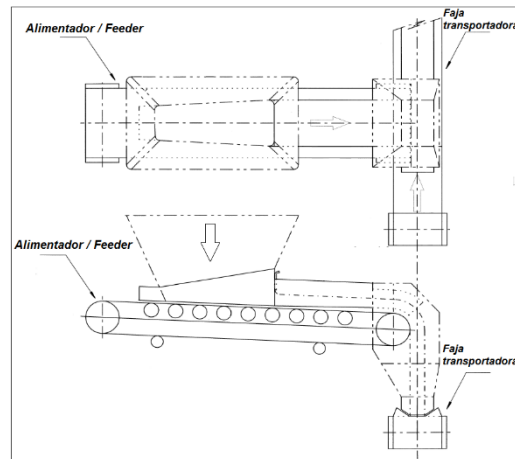


Figura N°52. Feeder o alimentador conectados por un chute de transferencia

Fuente: CEMA 5ta Edición

Autor: CEMA

Trippers Son dispositivos utilizados para descargar materiales a granel de una cinta transportadora en la parte superior de la polea de cabeza. Esencialmente, un tripper consiste en un marco que soporta dos poleas en vacío, una arriba y otra adelante. La cinta transportadora pasa por encima y alrededor de la polea superior y alrededor y debajo de la polea inferior. La correa generalmente se inclina hacia la polea superior y puede correr horizontalmente. (Diseño y selección de una faja tripper para un sistema de transporte de concentrado de cobre con capacidad de 600 ton/hr, Dalfor Giancarlo Ballon Salazar 2014)

Los trippers pueden ser estacionarios (fijos) o móviles. Los trippers estacionarios se usan donde la descarga de material debe ocurrir en un lugar específico. Se puede utilizar más de un disparador estacionario en una cinta transportadora, ya sea para descargar material de la correa en ubicaciones definidas o para dirigir el material de vuelta a la cinta transportadora para su descarga sobre otro tripper. (Diseño y selección de una faja tripper para un sistema de transporte de concentrado de cobre con capacidad de 600 ton/hr, Dalfor Giancarlo Ballon Salazar 2014)

Los móviles tienen el marco del tripper montado en ruedas, que se acoplan a rieles paralelos que se apoyan en cada lado de la correa, generalmente desde el bastidor del transportador. Estos trippers móviles pueden ser movidos por un cable y cabrestante, por la propia correa, o por un motor eléctrico montado en el tripper. El movimiento sobre los rieles, y la descarga, puede ser en ambos

sentidos (Ver Figura 53). (Diseño y selección de una faja tripper para un sistema de transporte de concentrado de cobre con capacidad de 600 ton/hr, Dalfor Giancarlo Ballon Salazar 2014)



Figura N°53. Tripper móvil sobre rieles

Fuente: Proyecto de Investigación

2.1.6. SISTEMAS AUXILIARES DE LAS FAJAS TRANSPORTADORAS

Así como se describe los componentes principales del sistema de fajas transportadoras, cabe mencionar los sistemas auxiliares que pueden variar de acuerdo al material y/o el requerimiento del cliente.

2.1.6.1. Sistema de Captación de Polvo

El diseño de los puntos de transferencia de material debe abordar el control del polvo transportado por el aire. Incluso cuando los conductos de transferencia están diseñados con características de flujo óptimas, aún puede ser necesario proporcionar un sellado de los componentes para evitar la adición de aire en la transferencia. Entre los principales tenemos dos: (CEMA 5ta Edición, 2002)

Sistema de Captación de polvo en seco Es un sistema que se utiliza en los puntos de transferencia de material mediante una ventilación forzada hacia el interior de filtros de aire que acumulan el material en polvo y lo concentran en las mencionadas bolsas por vacío. Una vez que el sistema detecta saturación de

las bolsas, un sistema de aire comprimido emite una inyección de aire a presión el cual libera el polvo y lo regresa al sistema de transporte (Ver Figura 54).

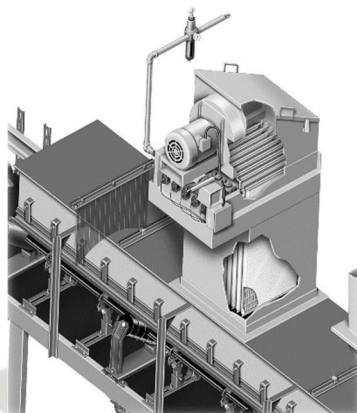


Figura N°54. Sistema de colector de polvo insertable en seco con filtros

Fuente: CEMA 5ta Edición

Autor: CEMA

2.1.6.2. Sistema de detección de metales

Un detector de metales es un dispositivo que detecta cambios en los campos electromagnéticos y causa la presencia de materiales conductores. Los detectores de metales se utilizan por muchas razones en el proceso donde los materiales a granel se transportan por correa. Los detectores de metales están disponibles en una amplia gama de sensibilidades y configuraciones para que se pueda equipar prácticamente cualquier diseño de transportador. Los detectores de metales son capaces de detectar metales ferrosos y no ferrosos (Ver Figura 55). (CEMA 5ta Edición, 2002)

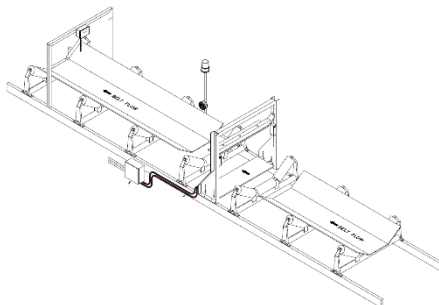


Figura N°55. Sistema de detección de metales

Fuente: CEMA 5ta Edición

Autor: CEMA

2.1.6.3. Sistema de muestreo de mineral

Un sistema de muestreo de correa es un accesorio transportador que remueve una parte representativa de la material de la cinta transportadora, esta pequeña porción de material, es representativo del todo. Las muestras se toman tanto para determinar la calidad aceptable como para controlar las operaciones y el inventario. Debido a la necesidad de una operación continua, los sistemas automatizados de muestreo de cinta de corte transversal se utilizan con frecuencia en los sistemas de manejo de materiales a granel. (Ver Figura 56). (CEMA 5ta Edición, 2002)

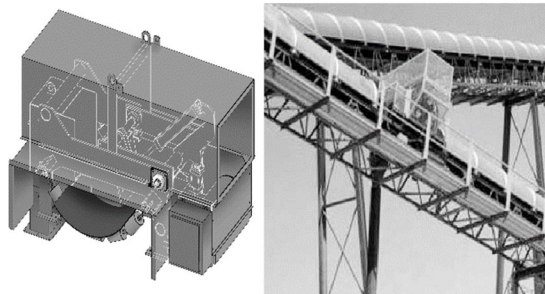


Figura N°56. Sistema de muestreo de corte

Fuente: CEMA 5ta Edición

Autor: CEMA

2.1.6.4. Sistema de balanza de material

El sistema de pesaje en un sistema de faja transportadora es un dispositivo que produce una señal que es proporcional al peso de la correa y de la carga y se puede calibrar para proporcionar una tasa precisa de flujo sólido a granel, mientras el sistema de transporte está en funcionamiento. Para las funciones de proceso en la planta, el pesaje continuo de una amplia variedad de materiales a granel en una cinta transportadora en movimiento se logra mediante el uso de básculas de cinta. Existen dos tipos de balanzas específicamente para este propósito: el sistema totalmente mecánico y la balanza electrónica. En el caso de los minerales, la balanza electrónica es el sistema más utilizado, este sistema utiliza una medida de acuerdo a medir la deformación de un pad instalado en una zona de polines o rodillos calibrados (Ver Figura 57). (CEMA 5ta Edición, 2002)

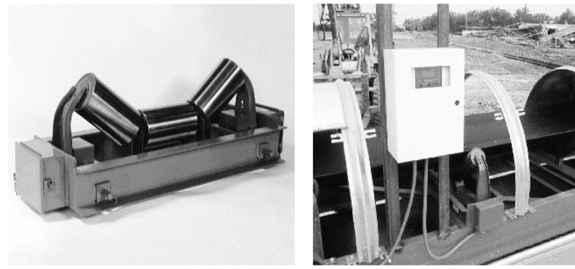


Figura N°57. Sistema de balanza de fajas electrónico

Fuente: CEMA 5ta Edición

Autor: CEMA

2.1.7. ESTRUCTURA DE SOPORTE DEL SISTEMA

Todas las estructuras de soporte deben diseñarse para permitir el funcionamiento adecuado de las cintas transportadoras al tiempo que abordan muchos problemas como economía, fabricación, envío, instalación, alineación, deflexión, cargas, seguridad, acceso, espacios libres, limpieza, corrosión, rutas de servicios públicos, protección contra la intemperie y mantenimiento. Dada la capacidad de carga que se tiene en minería, las estructuras son de acero estructural. Las estructuras de soporte varían de acuerdo a los requerimientos y condiciones del sitio (Ver Figura 58). (CEMA 5ta Edición, 2002)

Estructuras tipo Stringer Los transportadores soportados por Stringer a menudo se encuentran en o cerca del nivel del suelo, con secciones de transportador apoyadas por vigas cortas apoyadas por cimientos estrechamente espaciados. Las secciones de canales de acero estándar a menudo se usan como vigas. Presenta una sección transversal típica soportada por el larguero. Si el perfil del cinturón está a una corta distancia sobre el nivel del piso, las secciones con soporte del larguero a menudo no tienen pasarelas de mantenimiento adjuntas.

Estructuras tipo Truss Para luces más largas, las vigas de acero se han utilizado durante mucho tiempo para soportar transportadores de cinta. Cuando se compara con una construcción tipo viga o larguero para luces largas, una armadura fabricada de elementos de acero puede ser considerablemente más liviana y menos costosa. Se han empleado varias configuraciones de truss, con el tipo de truss "Pratt" siendo históricamente el más popular. En una trama simple de "Pratt", los miembros verticales suelen estar en compresión, mientras

que los miembros diagonales más largos están en tensión. Las viguetas de acero formadas en frío de largo alcance también pueden ser apropiadas para usar como armaduras de soporte del transportador.

Galerías Cerradas Se emplean a menudo para tramos más largos, especialmente en situaciones donde es deseable encerrar el sistema de transporte y la pasarela. Para cumplir esto se recubre la estructura metálica con un sistema de cobertura hermética de modo tal que no existe contaminación del interior al exterior y viceversa.

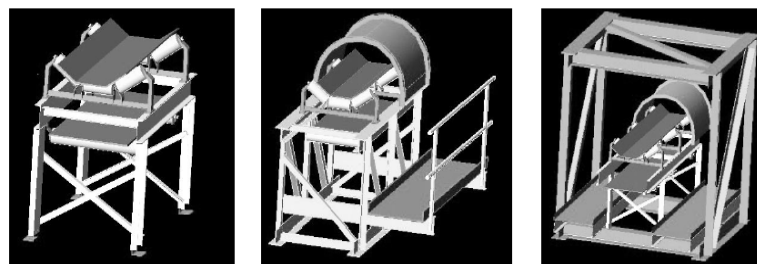


Figura N°58. Configuraciones de estructura de soporte de fajas

Fuente: CEMA 5ta Edición

Autor: CEMA

2.1.8. SISTEMA DE RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL

La superficie de equipos y materiales deberá estar cubierta con pintura o recubrimientos adecuados para protegerlas contra la agresiva corrosión que se tiene en el ambiente del proyecto que es próximo al mar. El recubrimiento superficial estará aplicado en las estructuras y equipamientos de acuerdo a su exposición al ambiente. La descripción del sistema de recubrimiento está desarrollada en el capítulo 3.8.

2.1.9. RECUBRIMIENTOS ANTI DESGASTE

Los sistemas de transferencia de material tienen elementos que están sometidos al desgaste producto de la abrasión del mineral en su trayecto.

Debido a que el ambiente en el que se desarrolla el proyecto tiene una salinidad altamente corrosiva, los elementos anti desgaste no están compuestos por materiales metálicos ya que se van a oxidar y desgastar más rápido, además de contaminar el mineral.

Por lo tanto, se utilizarán planchas de polietileno de ultra alto peso molecular (UHMW, tipo Tivar 88 azul) para recubrir todos los elementos que se encuentren expuestos al concentrado de mineral. La descripción del sistema anti desgaste está explicado el capítulo 3.9.

2.2. ANÁLISIS DE LOS REQUERIMIENTOS DEL DISEÑO APLICADO AL PROYECTO

Como se explicó en el punto 2.1, se tiene un sistema bimodal de entrega de mineral desde la mina al terminal portuario. La mina envía diariamente 3 convoyes, el convoy llega al terminal con 16 plataformas cada uno, cada plataforma tiene 4 contenedores y cada contenedor carga 15 TM. Por lo tanto se tiene un ingreso de 2880 TM cada día.

Este es el flujo de entrada promedio de mineral diario que se tiene como ingreso al edificio de recepción de mineral. El cliente dispondrá de un trackmovil para posicionar cada plataforma al interior del edificio de recepción de mineral y para cambiarlo por uno lleno una vez se haya descargado la plataforma.

Dado el flujo de mineral que se tiene, el sistema de transferencia desde la recepción hasta el almacenamiento tendrá dos líneas de sistemas de fajas transportadoras independientes una de otra y con proyección a una tercera línea a futuro, cada una de estas líneas tendrá un chute de alimentación y un feeder (alimentador) independiente.

El edificio de recepción férrea dispondrá de un puente grúa de 25 toneladas de capacidad de carga para izar los contenedores y llevarlos a un caballete de volteo fijado en el piso del edificio. El polvo generado en esta descarga debe ser mitigado por un sistema colector de polvos centralizado al exterior del edificio y que mediante ductos y campanas debe generar el efecto de sistema de presión negativa.

Cabe indicar que como requerimiento del cliente se necesita que el mineral ingresado sea pesado y se obtenga una muestra por cada 1000 toneladas ingresadas, al tener dos sistemas de fajas transportadoras independientes, se va requerir que cada línea tenga su propio sistema de pesaje y de muestreo. Así mismo, el cliente advierte que es posible que en el proceso de obtención de concentrado de mineral alguno pedazos de metales u otro objeto metálico (uñas

de cargador, pernos, etc.) hayan podido caer al concentrado y estar en los contenedores a descargar. Esta advertencia hace que sea necesaria la inclusión de detectores de metal en el sistema de fajas transportadoras y al ser dos líneas independientes se requiere que cada una tenga su propio sistema de detección de metales.

El cliente tiene estándares de calidad y ambientes de más alta exigencia, por esto y por un análisis geotécnico, los sistemas de transporte por fajas transportadoras estarán ubicados en túneles hasta antes de su ingreso al almacén, además estos estándares de seguridad y medio ambientales, se tiene que asegurar en todo momento la calidad de aire de los operadores, esto conlleva a que se tenga un sistema de captación de polvos en cada transferencia al interior de estos túneles. Por preferencia de parte del cliente, se tomó la decisión que este sistema de colección de polvos sea en seco.

Para el almacén, se tiene una estructura con una geometría piramidal que maximiza la capacidad volumétrica del área de la concesión, las fajas transportadoras de mineral tienen que llegar a la parte superior del almacén y con el fin de que el material sea distribuido en toda la longitud del almacén, se instalará un tripper en cada línea de sistema de fajas transportadoras soportadas en un riel que estará a su vez soportado por el almacén. Estos trippers tienen un movimiento independiente uno del otro y su posición será gobernada por sensores de posicionamiento. Además, al igual que el edificio de recepción, el almacén tiene un sistema de colector de polvos centralizado al exterior del edificio y que mediante ductos y campanas genera el sistema de presión negativa al interior del edificio para mitigar el polvo generado al momento de descargar el mineral desde los trippers.

Habiendo expuesto los requisitos de diseño, se elabora una tabla en la que se resume estos requerimientos de diseño:

Tabla N°1. Requerimientos del diseño básico

Ítem	Requerimiento	Objetivo	Solución brindada
1	Poder tener un sistema continuo de recepción	Evitar paradas en el servicio de recepción por fallas en el	Se va requerir dos líneas de transporte de fajas transportadoras,

	y almacenamiento de concentrado de cobre	sistema o mantenimientos programados	independiente una de la otra con todos los servicios requeridos.
2	Para que el almacenamiento sea continuo, se requiere que las fajas transportadoras tengan distintos puntos de descarga distribuidos en el almacén	Evitar que el acopio de mineral sea concentrado en un solo punto.	Cada sistema de transporte de fajas transportadoras debe tener un tripper en la descarga al almacén.
3	Los puntos de transferencia de mineral generan polvo de concentrado de cobre que es nocivo para el medioambiente y para los operadores.	Captar el polvo de mineral generado en cada punto de transferencia.	Sistemas de presión negativa para coleccionar el polvo de concentrado de cobre y colectores insertables en los puntos de transferencia entre faja y faja.

Fuente: Proyecto de Investigación

Y también se elabora una tabla de resumen en la cual se indican los requerimientos del cliente y el grado de prioridad:

Tabla N°2. Requerimientos del cliente y prioridades

Ítem	Área	Descripción	Nivel De Requisito
1	Alimentadores de Faja(Feeders)	Capacidad de cada alimentador de faja 350 Tn/hr	Exigencia
		Velocidad de cada alimentador de faja 0.30 m/s	Exigencia
		Ancho de banda de alimentador de faja 42 pulg.	Exigencia
2	Fajas transportadoras	Capacidad de cada faja 350 Tn/hr	Exigencia
		Velocidad de cada faja 1.84 m/s	Exigencia
		Ancho de banda de faja 24 pulg.	Exigencia
		Los polines o rodillos de carga deben tener 35° de abarquillamiento.	Exigencia
		Limpiador primario, limpiador secundario y limpiador en "V".	Exigencia
3	Estructuras de soporte	Galerías cerradas herméticamente con cerramiento de FRP.	Exigencia
4	Balanzas de fajas	Tipo electrónico, en cada línea de faja transportadora.	Exigencia
5	Detectores de metales	En cada línea de faja transportadora.	Exigencia

6	Sistema de muestreo	Del tipo barrido (Sweep) en cada línea de faja transportadora.	Exigencia
7	Sistema de colección de polvos	Mediante sistema de presión negativa	Exigencia
		Colectores centralizados al exterior de los edificios (Recepción&Almacén)	Exigencia
		Colectores insertables en cada punto de transferencia.	Exigencia
8	Chutes de transferencia	Recubiertos interiormente por planchas UHMW.	Exigencia
9	Trippers	Apoyados en rieles y con movimiento independiente para cada línea.	Exigencia
10	Sistemas de transmisión de potencia	Facilidades para instalación.	Deseable
		Guardas de protección contra atrapamiento.	Exigencia
		Facilidades para el desmontaje y mantenimiento.	Deseable
		Piezas de recambio disponibles en el mercado local.	Exigencia
		Factor de servicio continuo 1.5 (mínimo).	Deseable
11	Construcción	Dispositivos de izaje para facilitar el montaje.	Deseable
		Facilidad de mantenimiento	Deseable
12	Operación	Accesibilidad a ventanas de inspección.	Exigencia
		Evitar contaminación al personal.	Exigencia
13	Seguridad Ocupacional y medioambiente	Mitigar los daños al medioambiente.	Exigencia
		Sistemas de emergencia y parada de emergencia en todo el sistema.	Exigencia

Fuente: Proyecto de Investigación

CAPÍTULO III

INGNIERIA DEL PROYECTO

DISEÑO MECÁNICO

3. SISTEMA DE TRANSPORTE DE MINERAL

3.1. ALCANCE DEL DISEÑO

Habiendo descrito en el punto 2.7 los requerimientos de diseño y del cliente sobre el sistema de recepción, transferencia y almacenamiento del mineral, se indicó que el sistema estará compuesto por dos líneas independientes de fajas transportadoras y sistemas auxiliares, haciendo en total 8 fajas transportadoras desde el edificio de recepción de minerales hasta el almacén. De estas 8 fajas 4 se encuentran dentro de túneles , 2 se encuentran dentro de las galerías aéreas cerradas por FRP y las 2 restantes son las fajas tripper .que se encuentran dentro del almacén (Ver Figura 59 y Figura 60).

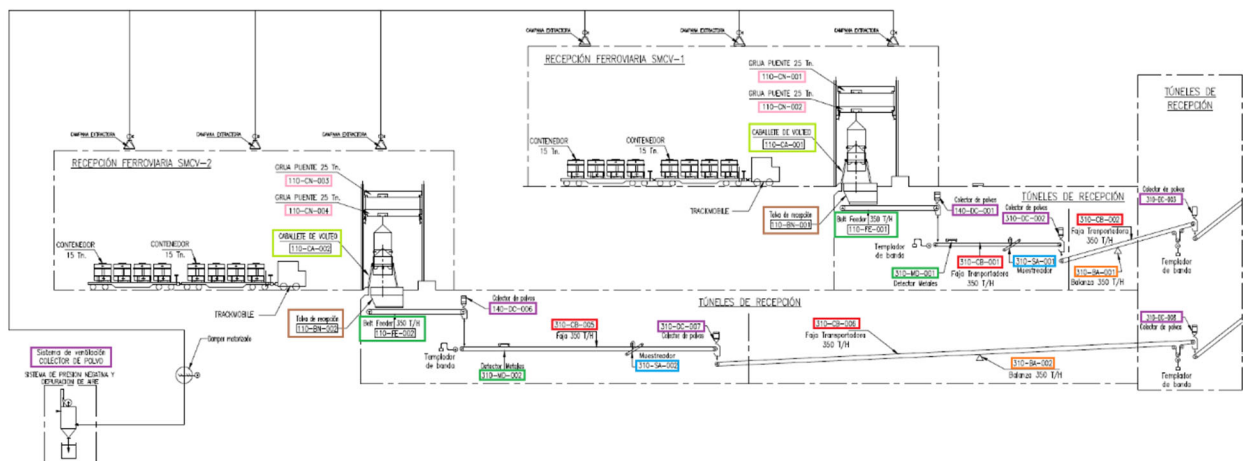


Figura N°59. Flujo de mineral lado tierra 1

Fuente: Proyecto de Investigacion

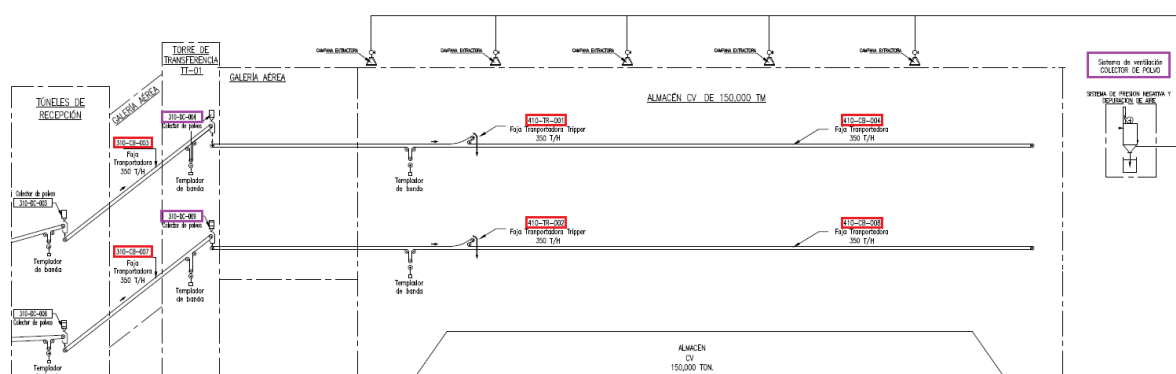


Figura N°60. Flujo de mineral lado tierra 2

Fuente: Proyecto de Investigación

Con el fin de estandarizar el sistema, las fajas tendrán la nomenclatura como se indica en la tabla como se muestra en la Tabla 3:

Tabla N°3. Nomenclatura de sistemas y componentes

Item	Sistema	Nombre	Nomenclatura	Descripción
1	Sistema de fajas transportadoras	Alimentador de faja #1	0110-FD-1001	Alimentador de banda de 42" de ancho @ 350 Tn/hr
2		Alimentador de faja #2	0110-FD-1002	Alimentador de banda de 42" de ancho @ 350 Tn/hr
3		Faja transportadora #1	0310-CB-1001	Faja transportadora de 24" de ancho @ 350 Tn/hr
4		Faja transportadora #2	0310-CB-1002	Faja transportadora de 24" de ancho @ 350 Tn/hr
5		Faja transportadora #3	0310-CB-1003	Faja transportadora de 24" de ancho @ 350 Tn/hr
6		Faja transportadora #4	0420-CB-1004	Faja transportadora de 24" de ancho @ 350 Tn/hr
7		Faja transportadora #5	0310-CB-1005	Faja transportadora de 24" de ancho @ 350 Tn/hr
8		Faja transportadora #6	0310-CB-1006	Faja transportadora de 24" de ancho @ 350 Tn/hr
9		Faja transportadora #7	0310-CB-1007	Faja transportadora de 24" de ancho @ 350 Tn/hr
10		Faja transportadora #8	0420-CB-1008	Faja transportadora de 24" de ancho @ 350 Tn/hr
11	Sistema de colección de polvo	Colector de polvo Centralizado - Recepción	0140-DF-4001	Colector de polvo centralizado - Edificio de Recepción
12		Colector de polvo Centralizado - Almacén	0420-DF-3001	Colector de polvo centralizado - Almacén de mineral
13		Colector Insertable #1	0110-DF-2001	Colector Insertable de descarga de Feeder #1 a Faja #1
14		Colector Insertable #2	0110-DF-2002	Colector Insertable de descarga de Feeder #2 a Faja #5
15		Colector Insertable #3	0310-DF-2001	Colector Insertable de Faja #1 a Faja #2
16		Colector Insertable #4	0310-DF-2002	Colector Insertable de Faja #2 a Faja #3
17		Colector Insertable #5	0310-DF-2003	Colector Insertable de Faja #3 a Faja #4
18		Colector Insertable #6	0310-DF-2005	Colector Insertable de Faja #5 a Faja #6
19		Colector Insertable #7	0310-DF-2006	Colector Insertable de Faja #6 a Faja #7
20	Colector Insertable #8	0310-DF-2007	Colector Insertable de Faja #7 a Faja #8	
21	Sistema de detección de metales	Detector de metales #1	0310-MD-1001	Detector de metales de Faja #1
22		Detector de metales #2	0310-MD-1002	Detector de metales de Faja #5
23	Sistema de muestreo de mineral	Muestreador de minerales #1	0310-PK-1001	Muestreador de minerales de Faja #1
24		Muestreador de minerales #2	0310-PK-1002	Muestreador de minerales de Faja #5
25	Sistema de pesaje de mineral	Balanza de faja #1	0310-WG-1001	Balanza de minerales de Faja #2
26		Balanza de faja #2	0310-WG-1002	Balanza de minerales de Faja #6
27	Sistema de puente grúa	Puente Grúa #1	0110-CN-1001	Puente Grúa 1 (Operativo)
28		Puente Grúa #2	0110-CN-1002	Puente Grúa 2 (Stand by)
29		Puente Grúa #3	0110-CN-1003	Puente Grúa 3 (Operativo)
30		Puente Grúa #4	0110-CN-1004	Puente Grúa 4 (Stand by)
31	Tripper de faja transportadora	Tripper #1	0410-TR-1003	Carro Tripper de baja #4
32		Tripper #2	0410-TR-1004	Carro Tripper de baja #8

Fuente: Proyecto de Investigación

3.2. SISTEMA DE FAJAS TRANSPORTADORAS

3.2.1. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE TRANSPORTE

El presente proyecto contempla el diseño del sistema de recepción, transporte y almacenamiento de concentrado de cobre enviado por la SMCV, incluyendo los sistemas de fajas transportadoras y los sistemas auxiliares que estos requieren. Habiendo indicado en el punto 2.7 los requerimientos de diseño y del cliente tendríamos:

- Capacidad de transporte : 350 Ton/hr,
- Material a filtrar : Concentrado de cobre,
- Velocidad de banda de alimentadores de faja: 0.30 m/s (59.05 ppm),
- Velocidad de banda de fajas transportadoras: 1.84 m/s (362.20 ppm),
- Ancho de banda de alimentadores de faja : 42 pulg.
- Ancho de banda de fajas transportadoras : 24 pulg,

Teniendo en base lo descrito utilizaremos como guía el manual del CEMA.

3.2.2. CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL A TRANSPORTAR

Las características del material a transportar han sido brindadas como criterio de diseño por parte del cliente y es como lo descrito:

Tabla N°4. Características del material a transportar






Propiedades físicas y químicas	
Material	Concentrado de Cobre
Estado físico y apariencia	Polvo fino
Punto de fusión	750 °C
Gravedad específica	4.1
Solubilidad	Poca en agua y mediana en ácido
Olor	Orgánico suave
Color	Negro a gris verdoso oscuro
% de humedad	8-11
Angulo de reposo	37 °C
Angulo de sobrecarga	22 °C
Granulometría (P80)	10 µm
Densidad Aparente de Material (Máxima)	1800 kg/m ³
Densidad Aparente de Material (Mínima)	1800 kg/m ³
Temperatura Mínima	15 °C
Temperatura Máxima	27 °C

Fuente: Proyecto de Investigacion

La tabla 3.1 del manual del CEMA define la relación entre Fluidez-Angulo de sobrecarga – Angulo de reposo, con esto corroboramos que los valores de ángulo de sobrecarga y ángulo de reposo son similares a los indicados en la tabla:

Tabla N°5. Fluidez – Angulo de sobrecarga – Angulo de reposo

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°	Ángulo de sobrecarga de 10°	Ángulo de sobrecarga de 20°	Ángulo de sobrecarga de 25°	Ángulo de sobrecarga de 30°	
5° 	10° 	20° 	25° 	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 silíceo 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 antracita y carbón de piedra, semilla de algodón, arcilla, etc.	Materiales comunes típicos: carbón bituminoso, piedra, 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.

Fuente: CEMA 5ta Edición

Autor: CEMA

En el caso de la clasificación del material, podemos tomar de la Tabla del CEMA en el cual se puede detallar:

Material: Cobre mineral, concentrado de Cu para el proceso de fundición.

B Fino hasta un 1/8",

1 Fluidez muy buena – Angulo de reposo entre 20° - 34°,

5 No es abrasivo,

T Medio corrosivo.

Tabla N°6. Descripción de la Clasificación de los Materiales

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
		R
		S
	Altamente Corrosivo	T
	Medio Corrosivo	U
	Higroscópico	V
	Que se atora	W
	Presenta aceites o químicos que pueden afectar productos de caucho	X
	Empacado bajo presión	Y
	Muy liviano y , puede dispersarse con el viento	Z
	Temperatura elevada.	

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

Fuente: CEMA 5ta Edición

Autor: CEMA

3.2.3. DETERMINACIÓN DE CARGAS ACTUANTES EN EL SISTEMA DE TRANSPORTE

De la Tabla 3-3 del CEMA muestra las características del material que se requiere transportar

Tabla N°7. Características del material y peso por pie cúbico

Tabla 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
Cobre, mineral de	120-150	30-44	20	*D37

Fuente: CEMA 5ta Edición

Autor: CEMA

3.2.4. VELOCIDAD Y ANCHO DE FAJA RECOMENDADA

La velocidad y el ancho de faja transportadora dependen de las características del material a ser transportado y la capacidad que se requiere. En el caso de los materiales polvorientos las velocidades deben ser bajas para minimizar la generación de polvo especialmente en los puntos de transferencia.

Tabla N°8. Velocidades máxima de banda recomendadas

Tabla 4-1
Las Velocidades de Cinturón de Máximo recomendadas

Material que se transporta	Velocidad de la faja (ppm)	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 cancho.	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

Fuente: CEMA 5ta Edición

Autor: CEMA

Para nuestro caso, la tabla 4-1 del CEMA, muestra que para el caso del concentrado de cobre se tiene una buena fluidez, ángulo de reposo entre 20° a 34°, el material no es abrasivo y corrosión media. Los valores recomendados por CEMA son similares a los valores requeridos por el cliente los cuales son indicados en el punto 2.7, en los que se muestra la velocidad (1.84 m/s) y el ancho de banda requerido por el cliente (24”).

Verificaremos la capacidad y el ancho de banda se utilizará la tabla 4.3 del CEMA, teniendo:

$$\frac{\text{pie}^3}{\text{hora}} = \frac{\text{tph} * 2200}{\text{densidad} - \text{material}}$$

$$\frac{\text{pie}^3}{\text{hora}} = \frac{350\text{tph} * 2200}{112.37 \text{ lb/pie}^3}$$

$$\text{Capacidad} = 6852.36 \frac{\text{pie}^3}{\text{hora}}$$

Se convierte la capacidad a una capacidad equivalente a una velocidad de faja de 100 ppm.

$$\text{Capacidad Equivalente} = \frac{\text{Capacidad} * 100}{\text{Velocidad de la faja}}$$

$$\text{Capacidad Equivalente} = \frac{6852.36 * 100 \text{ pie}^3}{362.20 \text{ hora}}$$

$$\text{Capacidad Equivalente} = 1891.87 \frac{\text{pie}^3}{\text{hora}}$$

Teniendo en consideración para el diseño que el cliente solicita que el cálculo de la faja se realice con una capacidad de carga al 75% de capacidad. Se tiene:

$$\text{Capacidad Equivalente} = 1891.87 \frac{\text{pie}^3}{\text{hora}} \times .075$$

$$\text{Capacidad Equivalente} = 1418.90 \frac{\text{pie}^3}{\text{hora}}$$

Comparando el valor con la tabla 4-3 del manual del CEMA, vemos que no existen valores para un ángulo de sobrecarga de 22° por lo cual vamos a requerir interpolar los valores.

Tabla N°9. Angulo de sobrecarga para faja abarquillada de 35°

Tabla 4-3
Faja abarquillada de 35° - Distancia standard al borde de tres rodillos iguales = 0.055b + 0.9 pulg

Ancho de la faja (pulg)	A _t - Sección transversal de carga (pie ²)						Capacidad en 100 PPM (pie ³ /Hr)							
	Angulo de sobrecarga						Angulo de sobrecarga							
	0°	5°	10°	15°	20°	30°	0°	5°	10°	15°	20°	30°		
18	0.144	0.160	0.177	0.194	0.212	0.230	0.248	864	964	1066	1169	1274	1381	1492
24	0.278	0.309	0.341	0.373	0.406	0.440	0.474	1668	1857	2048	2241	2438	2640	2847
30	0.455	0.506	0.557	0.609	0.662	0.716	0.772	2733	3039	3346	3658	3975	4300	4636
36	0.676	0.751	0.826	0.903	0.980	1.060	1.142	4058	4508	4961	5419	5886	6364	6857
42	0.940	1.044	1.148	1.254	1.361	1.471	1.585	5644	6266	6891	7524	8169	8830	9511
48	1.248	1.385	1.523	1.662	1.804	1.949	2.099	7491	8312	9138	9974	10825	11698	12598
54	1.599	1.774	1.950	2.128	2.309	2.494	2.686	9598	10646	11700	12768	13855	14969	16118
60	1.994	2.211	2.429	2.651	2.876	3.107	3.345	11966	13269	14850	15906	17257	18642	21058
72	2.913	3.229	3.547	3.869	4.197	4.532	4.879	17484	19378	21285	23215	25182	27196	29275
84	4.007	4.440	4.876	5.317	5.766	6.226	6.701	24043	26641	29256	31902	34597	37360	40210
96	5.274	5.842	6.415	6.994	7.584	8.189	8.812	31645	35058	38490	41966	45506	49134	52876

Fuente: CEMA 5ta Edición

Autor: CEMA

Interpolando los valores para una faja de ancho 24" y con un ángulo de sobrecarga de 22° tendríamos:

$$\text{Sección transversal de carga} = A_s = 0.4196 \text{ pie}^2 = 0.030 \text{ m}^2$$

$$\text{Capacidad de transporte recomendada} \leq 2518 \frac{\text{pie}^3}{\text{hora}}$$

Con lo cual cumpliríamos al ser nuestra capacidad equivalente menor que la recomendada:

$$1418.90 \frac{\text{pie}^3}{\text{hora}} \leq 2518 \frac{\text{pie}^3}{\text{hora}}$$

3.2.5. SELECCIÓN DE RODILLOS

La selección correcta de los rodillos, su diámetro, el tamaño y tipo de rodamiento así como el diseño del eje están basados en el tipo de servicio, la condición a la que se va operar, la carga a transportar y la velocidad de la faja.

Tabla N°10. Clasificación del rodillo

**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	" "

Fuente: CEMA 5ta Edición

Autor: CEMA

Para nuestro caso utilizaremos los rodillos tipo C5 para un servicio medio.

3.2.6. ESPACIAMIENTO ENTRE RODILLOS

Los factores a considerar cuando se selecciona el espaciamiento para los rodillos son: el peso de la faja, el peso del material, el valor de carga del rodillo, la flecha, la vida útil de los rodillos, los rangos de carga de la faja, y tensión de la faja.

Tabla N°11. Espaciamiento recomendado para rodillos

**Table 5-2
Espaciamiento Normal Recomendado para Rodillos (S)**

Ancho de la faja (pulgadas)	Rodillos abarquillados						Rodillos de retorno
	Peso del material manipulado, en lbs por pie cúbico						
	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

Fuente: CEMA 5ta Edición

Autor: CEMA

Utilizando la tabla 5-2 de CEMA tenemos que para una faja de 24" y la densidad indicada:

$$Si = \text{Espaciamiento del Rodillo (pie)} = 4 \text{ pies}$$

- La distancia recomendada para rodillos de carga es de 4 pies, redondeando al sistema internacional será 1.20m,
- La distancia recomendada para rodillos de retorno es de 10 pies, redondeando al sistema internacional será 3.00m,

3.2.7. SELECCIÓN DE RODILLOS

La selección apropiada de los rodillos requieren que se determine primero la carga ajustada, la carga ajustada es la carga que maneja el rodillo pero afectada por factores establecidos por factores de tamaño de partícula, condiciones ambientales y factores de servicio. Esto de acuerdo al manual del CEMA se define por:

$$\text{Carga del Rodillo Ideal} = IL = (W_b + W_m) S_i$$

$$\text{Carga Ajustada} = AL$$

Donde:

$$AL = (IL \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4) + IML$$

$$W_b = \text{Peso de la Faja (lbs por pie) (Tabla 6 - 1)}$$

$$W_m = \text{Peso del Material (lbs por pie) (Tabla 6 - 2)}$$

$$S_i = \text{Espaciamiento del Rodillo (pie) (Tabla 5 - 2)}$$

$$K_1 = \text{Factor de Ajuste por Tamaño de Trozo (Tabla 5 - 4)}$$

$$K_2 = \text{Factor de Medio Ambiente y de Mantenimiento (Tabla 5 - 5)}$$

$$K_3 = \text{Factor de Servicio (vea Tabla 5 - 6)}$$

$$K_4 = \text{Factor Factor de Corrección de la Velocidad de la faja (Tabla 5 - 7)}$$

$$IML = \text{Fuerza Debido a la Desviación por la Altura del Rodillo}$$

Entonces tenemos que:

Tabla N°12. Peso de la faja estimado

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

Ancho de la faja en pulgs. (b)	Material transportado, lbs/ft ³		
	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 50%
2. Los pesos reales de la faja varían con las diferentes construcciones, fabricaciones, calibres de cubierta, etc. Use estos valores para una estimación. Obtenga los valores reales de los fabricantes de faja, en lo posible.

Fuente: CEMA 5ta Edición

Autor: CEMA

$$W_b = 5.5 \frac{lb}{pie}$$

Sin embargo y como indica en la tabla, se recomienda utilizar el valor brindado por el proveedor, que nos brinda como dato:

$$W_b = 8.7 \frac{kg}{m} = 5.846 \frac{lb}{pie}$$

Luego tenemos que de acuerdo a CEMA:

$$W_m = \frac{Q * 2000}{60 * V}$$

$$W_m = \frac{350 * 2000}{60 * 362.20}$$

$$W_m = 32.21 \frac{lb}{pie}$$

Con lo cual la carga del rodillo es:

$$\text{Carga del Rodillo Ideal} = IL = (W_b + W_m) S_i$$

$$IL = (5.846 \frac{lb}{pie} + 32.21 \frac{lb}{pie}) 4pies$$

$$IL = 152.224 lb$$

Para la carga ajustada se tiene:

$$AL = (IL \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4) + IML$$

K_1

Tabla N°13. Factor de ajuste del trozo k_1

Tabla 5-4
Factor de ajuste del trozo K_1

Tamaño máximo del trozo (pulgadas)	Peso del material, lbs/cu. ft. $K_1 = 1.1$						
	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

Fuente: CEMA 5ta Edición

Autor: CEMA

$$K_1 = 1.00$$

K_2

Tabla N°14. Factores ambientales y de mantenimiento k2

Tabla 5-5
Factores Ambientales y de Mantenimiento K₂

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

Fuente: CEMA 5ta Edición

Autor: CEMA

$$K_2 = 1.10$$

K₃

Tabla N°15. Factor de servicio k3

Tabla 5-6
Factores de servicio K₃

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

Fuente: CEMA 5ta Edición

Autor: CEMA

$$K_3 = 1.20$$

K₄

Tabla N°16. Factor de corrección de la velocidad de la faja k4

Tabla 5-7
Factor de Corrección de la Velocidad de la Faja K₄

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

Fuente: CEMA 5ta Edición

Autor: CEMA

Interpolando tendríamos que para una velocidad de faja de 362.2 ppm:

$$K_4 = 0.887$$

Para el caso del IML (Fuerza debido a la desviación por la altura del rodillo), en el caso de las fajas #1, #2, #3, #5, #6 y #7, el valor es 0 debido a que no existe desviación de la banda en ningún recorrido.

$$IML = 0 \text{ lb}$$

Para el caso del IML (Fuerza debido a la desviación por la altura del rodillo), en el caso de las fajas #4 y #8, tendríamos:

$$IML = 46 \text{ lb}$$

Entonces:

$$AL = (IL \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4) + IML$$

$$AL = (152.224 \times 1.00 \times 1.10 \times 1.20 \times 0.887) + 46$$

$$AL = 224.23 \text{ lb}$$

Con lo que se cumple que:

$$AL > IL$$

$$224.23 \text{ lb} > 152.224 \text{ lb}$$

Comprobando que la capacidad estándar indicada por CEMA es mayor que la capacidad calculada sobre el rodillo:

Tabla N°17. Valores de carga para los rodillos CEMA C

Table 5-10
Valores de carga para los rodillos CEMA C, lbs

Ancho de la faja (pulgadas)	Angulo de abarquillamiento			Retorno
	20°	35°	45°	
18	900	900	900	475
24	900	900	900	325
30	900	900	900	250
36	900	837	810	200
42	850	791	765	150
48	800	744	720	125
54	750	698	675	*
60	700	650	630	*

* Use CEMA D return idlers

Fuente: CEMA 5ta Edición

Autor: CEMA

La capacidad del rodillo de 35° de abarquillamiento y 24" de banda es mayor que la que estará sometido:

$$900 \text{ lb} > 224.23 \text{ lb}$$

Como conclusión se tiene que para todo el sistema de fajas transportadoras utilizaremos rodillos C5 con diámetro de 5".

3.2.8. CÁLCULO DE LA TENSIÓN EFECTIVA (T_e)

Para calcular la potencia requerida, para el accionamiento del sistema de fajas transportadoras, se deduce de la cantidad de fuerza requerida en la tensión efectiva en la polea motriz para impulsar el transportador cargado a la velocidad de diseño de la banda, que de acuerdo al manual del CEMA se tiene:

$$hp = \frac{T_e * V}{33000}$$

Para lo cual requerimos hallar la tensión efectiva en cada sistema. Siendo las fajas #1,#2,#3 y #4 de igual configuración que las fajas #5,#6,#7 y #8 respectivamente, se indicará el cálculo de las 4 primeras y los resultados de las 4 últimas.

3.2.8.1. Cálculo de la Tensión Efectiva (T_e) para la Faja Transportadora #1 – 0310-CB-1001

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

T_x

Se tiene que de acuerdo al manual de CEMA:

$$T_x = L * K_x * K_t$$

Donde:

T_x = Tensión resultante de la resistencia de fricción de los rodillos de transporte y de retorno

L = Longitud de la banda

K_t = Factor de corrección de la temperatura de ambiente
= 1 (Temperatura ambiente)

K_x = Factor de Fricción del Rodillo

$$K_x = 0.00068(Wb + Wm) + \frac{A_i}{S_i}$$

Que de acuerdo a lo obtenido:

$$Wb = 8.7 \frac{kg}{m} = 5.846 \frac{lb}{pie}$$

$$Wm = 32.21 \frac{lb}{pie}$$

$A_i = 1.8$ (Para rodillos de $\emptyset = 5$ pulg, CEMA C5)

$S_i = 4$ pies

$L = 109.5$ pies (Faja #1 – 0310 – CB – 1001)

Entonces:

$$K_x = 0.48 \frac{lb}{pie}$$

Reemplazando:

$$T_x = L * K_x * K_t$$

$$T_x = 109.5 * 0.48 * 1$$

$$T_x = 52.56 lb$$

T_{yb}

Se tiene que de acuerdo al manual de CEMA:

T_{yb} = Resistencia de la faja a flexión cuando se mueve sobre los rodillos

$$T_{yb} = T_{yc} + T_{yr}$$

De donde:

T_{yc} = Tensión en los rodillos de transporte

$$T_{yc} = L * K_y * W_b * K_t$$

$K_y = 0.032$ (Extrapolando de la Tabla 6 – 2 CEMA)

$$T_{yc} = 109.5 * 0.032 * 5.846 * 1$$

$$T_{yc} = 20.48 lb$$

$$T_{yr} = L * W_b * K_t(0.015 + K_y)$$

$$T_{yr} = 109.5 * 32.21 * 1(0.015 + 0.032)$$

$$T_{yr} = 109.5 * 32.21 * 1(0.015 + 0.032)$$

$$T_{yr} = 165.77 lb$$

$$T_{yb} = T_{yc} + T_{yr} = 186.254 lb$$

T_{ym}

T_{ym} = Resistencia del material a la flexión cuando la faja corre sobre los rodillos

$$T_{ym} = L * K_y * W_m$$

$$T_{ym} = 109.5 * 0.032 * 32.21$$

$$T_{ym} = 112.86 lb$$

T_m

T_m = Fuerza necesaria para elevar el material

$$T_m = H * W_m$$

En el caso de la faja transportadora #1 (0310-CB-1001):

H=5

$$T_m = 5 * 32.21$$

$$T_m = 161.05 lb$$

T_p

T_p = Resistencia de la faja a la flexión alrededor de las poleas y la resistencia de poleas a rodar sobre sus rodamientos

Tabla N°18. Tensión de la faja al rodamiento de las poleas

Tabla 6-5
Tensión de la Faja al Rodamiento de las Poleas

Ubicación de la polea	Angulo de arrollamiento	Libras de tensión en la línea de la faja
Lado tenso	150° a 240°	200 lbs por polea
Lado flojo	150° a 240°	200 lbs por polea
Cualquier otra polea	Menor de 150°	200 lbs por polea

Nota: Doble los valores encima considerados para ejes de polea que no operan en rodamientos anti-fricción.

Fuente: CEMA 5ta Edición

Autor: CEMA

Para el caso de la faja transportadora #1 (0310-CB-1001):

$$T_p = 200 \text{ lb}(\text{polea motriz}) + 150 \text{ lb}(\text{polea de cola})$$

$$T_p = 300 \text{ lb}$$

T_{am}

T_{am} = Tensión de aceleración del material

$$T_{am} = \frac{Q * 200}{3600 * 32.2} * \frac{(V - V_0)}{60}$$

$$T_{am} = \frac{350 * 200}{3600 * 32.2} * \frac{(6.03 - 0.98)}{60}$$

$$T_{am} = 3.55 \text{ lb}$$

T_{ac}

T_{ac} = Tensión generada por los accesorios

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

Donde:

T_{tr} = Tension generada por los volteadores y apiladoras,

T_{pl} = Tension generada por los desviadores de la faja,

T_{bc} = Tension generada por los dispositivos de limpieza de la faja,

T_{sb} = Tension resultante de la fuerza para superar la fricción de los faldones,

Tenemos que para la faja #1 (0310-CB-1001):

$$T_{tr} = 0,$$

$$T_{pl} = 0,$$

T_{bc}

En la recomendación CEMA se tiene que es: $5 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}}$, por el ancho de faja, sin embargo el factor brindado por el proveedor de los faldones tenemos:

$$\text{Resistencia limpiador de banda} = 1.1 \frac{\text{N}}{\text{mm}} = 6.28 \frac{\text{lb}}{\text{in}},$$

$$\text{Resistencia limpiador retorno de banda} = 0.9 \frac{\text{N}}{\text{mm}} = 5.14 \frac{\text{lb}}{\text{in}},$$

$$T_{bc} = (6.28 + 5.14) \frac{\text{lb}}{\text{pulg}} * 24 \text{ in}$$

$$T_{bc} = 274.08 \text{ lb}$$

T_{sb}

T_{sb} = Tensión generada por la fricción de los faldones

$$T_{sb} = L_b(C_s h_s^2 + 6)$$

De donde:

C_s = Factor de fricción por los laterales

$$C_s = \frac{2dm}{288} * \frac{1 - \sin \alpha}{1 + \sin \alpha}$$

$$C_s = \frac{2(112.37)}{288} * \frac{1 - \sin 37}{1 + \sin 37}$$

$$C_s = 0.1939$$

L_b = Longitud de faldón

$$L_b = 22.2 \text{ pies}$$

h_s = profundidad del material en contacto,

$$h_s = 0.1 * 24 \text{ pulg.} = 2.4 \text{ pulg}$$

$$T_{sb} = 22.2(0.1939 * (2.4)^2 + 6)$$

$$T_{sb} = 157.99 \text{ lb}$$

Entonces tenemos:

$$T_{ac} = 0 + 0 + 274.08 + 157.99$$

$$T_{ac} = 432.08 \text{ lb}$$

Con los valores de tensión tenemos que:

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

$$T_e = 52.56 + 186.254 + 112.86 + 161.05 + 300 + 3.55 + 432.08$$

$$T_e = 1248.354 \text{ lb}$$

3.2.9. CÁLCULO DE LA POTENCIA Y SELECCIÓN DEL MOTOR PARA LAS FAJAS TRANSPORTADORAS

Habiendo obtenido la tensión efectiva de las fajas transportadoras en el punto 3.9, se requiere estimar la potencia del motor de accionamiento requerido para el traslado de material para cada faja transportadora.

Al igual que en el punto 3.9 se ilustra el cálculo para la obtención de la potencia y las demás potencias serán indicadas.

3.2.9.1. Cálculo de la Potencia y Selección del motor de la Faja Transportadora #1 – 0310-CB-1001

Para hallar la potencia requerida por el motor eléctrico, requerimos obtener antes la potencia en la faja y en la polea motriz.

Potencia de la faja

$$\text{Potencia de faja (hp)} = \frac{T_e * V}{33000}$$

$$\text{Potencia de faja} = \frac{1248.354 * 362.2}{33000}$$

$$\text{Potencia de faja} = 13.7016 \text{ hp}$$

Potencia de la polea motriz

$$\text{Potencia de polea motriz (hp)} = \frac{200 * V}{33000}$$

$$\text{Potencia de polea motriz} = \frac{200 * 362.2}{33000}$$

$$\text{Potencia de polea motriz} = 2.1951 \text{ hp}$$

Potencia en el eje del motor

$$P(\text{hp}) = (\text{Potencia de la faja} + \text{Potencia de polea motriz}) \\ * 5\% (\text{Perdida en el reductor})$$

$$\text{Potencia en el eje del motor} = (13.7016 + 2.1951) * 1.05$$

$$\text{Potencia en el eje del motor} = 16.69 \text{ hp}$$

Con esta potencia se selecciona el motor que cumple las características requeridas de acuerdo al fabricante que el cliente tiene como prioritario (WEG) así como el sistema de reducción (SEW) (Ver Anexo – Sistema Motriz).

3.2.9.2. Selección de la protección IP del motor de la Faja Transportadora #1 – 0310-CB-1001

Dado el ambiente en el que se encuentra el sistema con presencia de polvo fino y un ambiente salino debido a la cercanía con el mar, la protección requiere que este protegido contra el polvo y contra la humedad del ambiente.

El sistema de clasificación de la protección a utilizar será la IP (Ingress Protection). El sistema de clasificación IP proporciona un medio de clasificar el grado de protección de sólidos (como polvo) y líquidos (como agua) que el equipo eléctrico y gabinetes deben reunir. El sistema es reconocido en la mayoría de los países y está incluido en varios estándares, incluyendo el IEC 60529. Ver Tabla 19

Tabla N°19. Clasificación IP (Ingress Protection)

	Primer Número - Protección contra sólidos	Segundo Número - Protección contra líquidos
0	Sin Protección	Sin Protección
1	Protegido contra objetos sólidos de más de 50mm	Protegido contra gotas de agua que caigan verticalmente
2	Protegido contra objetos sólidos de más de 12mm	Protegido contra rocíos directos a hasta 15° de la vertical
3	Protegido contra objetos sólidos de más de 2.5mm	Protegido contra rocíos directos a hasta 60° de la vertical
4	Protegido contra objetos sólidos de más de 1mm	Protegido contra rocíos directos de todas las direcciones - entrada limitada permitida
5	Protegido contra polvo - entrada limitada permitida	Protegido contra chorros de agua a baja presión de todas las direcciones - entrada limitada permitida
6	Totalmente protegido contra polvo	Protegido contra fuertes chorros de agua de todas las direcciones - entrada limitada permitida
7		Protegido contra los efectos de la inmersión de 15cm - 1m
8		Protegido contra largos periodos de inmersión bajo presión

Fuente: Estándares de protección "IP" y "NEMA"

Autor: TEC Electrónica, S.A. de C.V. 2002

Seleccionamos la protección IP55 para todos los motores a utilizar en el sistema de transferencia basados en un equilibrio entre costo / mantenimiento.

3.2.10. CÁLCULO DE MÁXIMAS Y MÍNIMAS TENSIONES DE FAJA

Habiendo obtenido la tensión efectiva hallaremos los valores de tensión faltantes:

3.2.10.1. Tensión en el punto de mínima tensión (T_0)

Tenemos que:

Tabla N°20. Porcentajes de flecha recomendados para condiciones de carga

Fuente: CEMA 5ta Edición

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 %

Autor: CEMA

Tendríamos para 3%

$$T_0 = 4.2 * S_i * (W_b + W_m)$$

$$T_0 = 4.2 * 4 * (5.846 + 32.21)$$

$$T_0 = 639.34 \text{ lb}$$

3.2.10.2. Tensión en el lado flojo de la polea (T_2)

Para determinar el valor de la tensión en el lado flojo de la polea tenemos:

$$T_2 = C_w * T_e \quad \& \quad T_2 = T_o + T_b + T_{yr}$$

De donde:

$C_w = \text{Factor de Arrollamiento}$ Ver tabla 6-8

Tabla N°21. Factor de Arrollamiento C_w

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

Tipo de Polea Motriz	Arrollamiento 0	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.

Fuente: CEMA 5ta Edición

Autor: CEMA

Comparando:

$$T_2 = 0.80 * 1248.354 \text{ lb}$$

$$T_2 = 998.4 \text{ lb}$$

$$T_2 = 639.34 + (16.4 * 5.846) + 165.77$$

$$T_2 = 900.8 \text{ lb}$$

Tomamos como valor el mayor

$$T_2 = 998.4 \text{ lb}$$

3.2.10.3. Tensión en el lado apretado de la polea (T_1)

Para determinar el valor de la tensión en el lado apretado de la polea tenemos:

$$T_1 = T_e + T_2$$

$$T_1 = 1248.354 + 998.4$$

$$T_1 = 2246.754 \text{ lb}$$

3.2.10.4. Tensión de arranque (T_1 arranque)

Para determinar el valor de la tensión de arranque tenemos:

$$T_{\text{arranque}} = 2(T_e - T_m) + T_m + T_2$$

$$T_{\text{arranque}} = 2(1248.354 - 161.05) + 161.05 + 998.4$$

$$T_{\text{arranque}} = 3334.058 \text{ lb}$$

3.2.11. SELECCIÓN DE FAJA

Tenemos que la tensión de la faja T_f

$$T_f = T_1 / \text{Ancho de faja (pulg)}$$

$$T_f = 93.61475 \text{ lbf} / \text{pulg}$$

3.2.11.1. SELECCIÓN DE LA CALIDAD DE LA CUBIERTA

Tenemos :

Tabla N°22. Selección de la calidad de la cubierta de la faja transportadora

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	
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.

Fuente: CEMA 5ta Edición

Autor: CEMA

Seleccionamos Grado 2 (RMA II).

3.2.11.2. TIPO DE FAJA

Tenemos que:

Tabla N°23. Valores de Tensión para fajas de Pliegue Múltiple

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

Fuente: CEMA 5ta Edición

Autor: CEMA

Por criterio seleccionamos Pliegue Múltiple 35 (Mp35).

3.2.11.3. NÚMERO DE PLIEGUES

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

$$\#Pliegues = \frac{93.61475 \text{ lb}}{35 \text{ lb} \frac{\text{pulg}}{\text{pliegue}}}$$

$$\#Pliegues = 2.7 = 3 \text{ pliegues}$$

3.2.11.4. NÚMERO MÁXIMO DE PLIEGUES

Tenemos que:

Tabla N°24. Máximo número de pliegues recomendados

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

Ancho de la faja (pulgadas)	Angulo del rodillo	MP 35	MP 50	MP 90	MP 155	MP 195
		MP 43	MP 60 MP 70	MP 120		MP 240
24	20°	6	5	4	4	-
	35°	5	4	4	-	-
	45°	4	-	-	-	-

Fuente: CEMA 5ta Edición

Autor: CEMA

Máximo número de pliegues = 5, entonces 3 pliegues OK.

3.2.11.5. NÚMERO MÍNIMO DE PLIEGUES

Tenemos que:

Tabla N°25. Mínimo número de pliegues recomendados

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					
	Designación MP					
	35	60	90			
24	43	50	70	12	15	19 24
				0	5	5 0
	3	3	3			

Fuente: CEMA 5ta Edición

Autor: CEMA

Mínimo número de pliegues = 3, entonces 3 pliegues OK.

3.2.11.6. ESPESOR MINIMO PARA CUBIERTA SUPERIOR

Tenemos que:

Tabla N°26. Mínimo recomendado para la cubierta superior

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

Clase de Material	Ejemplos	Espesor*
Fino y Abrasivo	Arena filosa, clinker	1/8 a 3/16

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

Fuente: CEMA 5ta Edición

Autor: CEMA

Seleccionamos que teniendo un material fino abrasivo, entonces el espesor mínimo para la cubierta superior es 1/8” – 3/16”.

Nuestra cubierta superior de la banda es de 6mm (1/4”) entonces es OK.

3.2.11.7. ESPESOR MINIMO PARA CUBIERTA INFERIOR

Tenemos :

Tabla N°27. Mínimo número de pliegues recomendados

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

Condiciones de Operación	Espesor (pulgadas)
Materiales Abrasivos	1/16

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

Fuente: CEMA 5ta Edición

Autor: CEMA

Seleccionamos:

Teniendo un material fino abrasivo, entonces el espesor mínimo para la cubierta superior es 1/16”.

Nuestra cubierta inferior de la banda es 3mm (1/8”) entonces es OK.

Tendríamos en resumen como características de las bandas:

- Ancho de banda: 610 mm (24 pulg.)
- Tipo de Banda : EP400
- Tipo de cobertura : RMA Grado 2
- Número de pliegues : 3
- Espesor de cubierta superior : 6mm (1/4”)
- Espesor de cubierta inferior : 3mm (1/8”)

Seleccionamos la faja:

- **Marca : Phoenix**
- **Modelo : 610 EP400-3 6-3 Y**

Ver Anexo XX - Banda transportadora

3.2.12. SELECCIÓN DE LAS POLEAS

3.2.12.1. PORCENTAJE DE TENSION

$$\%Tensión = \frac{T_f}{M_p \times \text{Numero de pliegues}}$$

$$\%Tensión = \frac{93.61475 lb}{35 \times 3}$$

$$\%Tensión = 0.8915 = 89.2\%$$

3.2.12.2. DIÁMETRO MÍNIMO DE POLEA, ANCHO DE POLEA Y RECUBRIMIENTO DE POLEA

Tenemos:

Tabla N°28. Diámetro de polea mínimo recomendado

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

Número de pliegues	MP 35
	% de tensión
3	80 a 100
	18

Fuente: CEMA 5ta Edición

Autor: CEMA

Diámetro mínimo de polea = 18 pulg.

Diámetro de polea cola seleccionada = 20 pulg entonces es OK.

Diámetro de polea motriz seleccionada = 22.5 pulg entonces es OK.

Tenemos que:

Tabla N°29. Mínimo número de pliegues recomendados

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 ½

Fuente: CEMA 5ta Edición

Autor: CEMA

Ancho de poleas mínimo recomendado = Ancho de banda + 2pulg = 26 pulg.

Ancho de poleas seleccionadas = 760 mm = 30 pulg entonces es OK.

Recubrimiento de polea cola = 13 mm

Recubrimiento de polea motriz = 20 mm

3.2.13. SELECCIÓN DE RODAMIENTOS Y SUS ALOJAMIENTOS

La figura 61, muestra la polea de cola y motriz con el ángulo y las tensiones T_1 y T_2 .

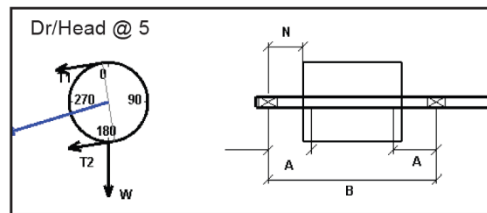


Figura N°61. Tensiones aplicadas en la polea

Fuente: Proyecto de investigación

$$T_1 = 1248.354 \text{ lb} = 5552.95 \text{ N}$$

$$T_2 = 998.4 \text{ lb} = 4441.10 \text{ N}$$

Diametro (Polea de cola) = 20 pulg

Diametro (Polea motriz) = 22.5 pulg

Determinamos la componente vertical

$$F_V = T_1 * \text{sen}\alpha + T_2 * \text{sen}\alpha$$

$$F_V = 5552.95 * \text{sen } 9^\circ + 4441.10 * \text{sen } 9^\circ$$

$$F_V = 868.67 + 694.74$$

$$F_V = 1563.41 \text{ N}$$

Determinamos la componente horizontal

$$F_H = T_1 * \text{cos}\alpha + T_2 * \text{cos}\alpha$$

$$F_V = 5552.95 * \text{cos } 9^\circ + 4441.10 * \text{cos } 9^\circ$$

$$F_V = 5484.584 + 4386.426$$

$$F_V = 9871 \text{ N}$$

Determinamos la resultante

$$R_1 = \sqrt{(1563.41)^2 + (9871)^2}$$

$$R_1 = 9994.0428 \text{ N} = 9.9 \text{ KN}$$

Seleccionando el rodamiento 22222 EK anexo , del cual tenemos:

- **Capacidad carga dinámica**

$$C = 572 \text{ KN}$$

- **Capacidad carga estática**

$$C_0 = 640 \text{ KN}$$

El mismo criterio de cálculo de sistema de faja transportadora aplica para las demás fajas, en el anexo puede encontrarse la tabla resumen de las características de las fajas.

3.3. SELECCIÓN DEL SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO

En los lugares donde se manejen sólidos, como por ejemplo en descarga de tolvas o transferencias entre equipos de transporte continuo de materiales y se genere polvo contaminante ya sea por la cantidad y/o por su riesgo para la salud o equipos, se deberán proveer sistemas de extracción para la captación local de polvo, cuando así lo indiquen los planos o especificaciones del proyecto.

La descarga del aire filtrado del sistema colector insertable se deberá hacer a una suficiente altura y/o distancia de las instalaciones para permitir su dispersión, de modo que se cumpla la normativa gubernamental vigente; no se permite la descarga del aire filtrado en la cercanía de tomas de aire de otros sistemas.

Los equipos deben cumplir con los siguientes requisitos mínimos para lograr mayor eficiencia del sistema y menor consumo de energía, y deben cumplir las siguientes características:

- Sistema que garantice resultados de emisión y calidad de aire, por debajo del límite permisible, de las regulaciones vigentes, requiriéndose para este fin equipos de filtración por vía seca;
- Los colectores de polvo insertables deben trabajar con filtros de tipo cartucho;
- Los sistemas de captación y accesorios serán dimensionados apropiadamente, para generar la menor caída de presión y menor consumo de energía.

3.3.1. COLECTOR DE POLVOS INSERTABLE DE PULSOS

Para lograr niveles de emisión y calidad de aire por debajo de los niveles permisibles, los sistemas de filtrado serán por vía seca y contarán con elementos filtrantes tipo cartucho, los cuales permitirán alcanzar una mayor eficiencia de filtración y limpieza. Estarán provistos con sistema de limpieza tipo “pulse jet” para trabajo continuo.(FabriPulse M 4-168-400,AAF)

El principio de operación se describe en los 4 puntos:

1. El aire cargado con polvo es arrastrado a través del ducto de entrada, este aire cargado choca contra un deflector ubicado dentro del colector, depositando las partículas más pesadas directamente hacia la tolva de descarga. Este choque de aire también provoca que el resto de las partículas se distribuyan en la superficie de las bolsas filtrantes.
2. El aire pasa a través de las bolsas filtrantes acumulando una cierta cantidad de polvo sobre su superficie. Esta colección de polvo forma sobre las bolsas un cake que a su vez incrementa la eficiencia durante el proceso de filtración.
3. El flujo de aire limpio sale por las bolsas y es descargado.
4. Las bolsas de filtración se limpian por medio de pulsos de aire comprimido. Por medio de un programador de pulsos digital se da la orden de inyección de un bajo volumen de aire a una alta presión desde un tanque hacia los tubos de inyección (flautas) en la parte superior de las bolsas. Esta acción hace que se expandan las bolsas filtrantes, rompiendo y desprendiendo el “cake” de polvo que se formó en la superficie de la bolsa, haciendo que caigan hacia la tolva de descarga.

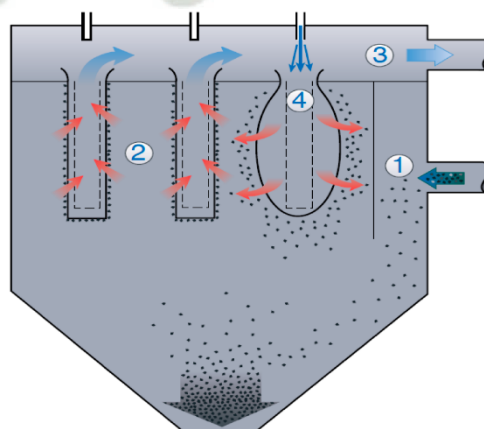


Figura N°62. Principio de operación del colector insertable

Fuente: FabriPulse M 4-168-400

Autor: AAF

Estos colectores de polvo estarán compuestos por los siguientes elementos:

3.3.1.1. CAJA DE FILTRO

La caja del filtro está constituida por paneles de acero estructural ASTM A36. Estos paneles deben soportar el máximo vacío creado por la succión estándar del ventilador en el filtro. La máxima tolerancia de presión para un filtro estándar es -20 inH₂O.

3.3.1.2. PLACA PORTA-ELEMENTOS

El soporte de los elementos filtrantes, será de acero estructural ASTM A36, con 5 mm de espesor, provistos con atiesadores y agujeros mecanizados a las dimensiones del filtro.

3.3.1.3. ELEMENTO FILTRANTE

Cada filtro incorporará múltiples capas de medio filtrante, con nanofibras en forma de “flautas” que interceptarán las partículas más pequeñas obteniendo una filtración de 99.99% sobre partículas de 0.5 micras.

Los cartuchos filtrantes serán cilíndricos, con un diseño compacto y certificación del medio filtrante MERV 13. La disposición de los elementos filtrantes es de tipo horizontal. (FabriPulse M 4-168-400,AAF)

3.3.1.4. SISTEMA DE LIMPIEZA

El sistema de limpieza estará compuesto por un “manifold” para aire comprimido, con válvulas diafragma, manifold de 1” NPT, caja de solenoides con encerramiento NEMA 4X, caja de control con encerramiento NEMA 4X, el cual será gobernado por un indicador digital, tipo “switch” de presión diferencial, que activará y desactivará la limpieza de los filtros, cuando la caída de presión en las mismas se encuentra entre 5 a 10 mbar. (FabriPulse M 4-168-400,AAF)

La función del “timer” es controlar dos parámetros del sistema de limpieza de los filtros que son: el intervalo y la duración del pulso de aire comprimido, que se descarga para sacudir y limpiar los filtros, estos parámetros serán regulables.

Este sistema de control de limpieza trabajará con línea monofásica estabilizada de 120V/60 Hz y requerirá alimentación de aire comprimido seco de 6.3 a 7 bar. Los componentes del sistema de limpieza estarán ubicados a la altura del espejo para los sistemas de filtrado, permitiendo un fácil acceso para mantenimiento.

El aire requerido para la limpieza sea de 2 SCFM (Standard cubic feet per minute / Pie cubico por minuto estándar) , con una presión de ingreso entre 80 -100 psig.

3.3.1.5. CONTROLADOR

El instrumento combinará funciones de presión diferencial y “timer”, un “switch” de presión medirá la diferencia de presión entre los “plenums” de aire limpio y sucio, el lado de alta presión está localizado en el “plenum” de aire sucio y el lado de baja presión está localizado en el “plenum” de aire limpio. El cual activará el sistema de limpieza cuando la presión diferencial sea mayor que el valor máximo indicado y desactivará la limpieza, cuando el presión diferencial sea menor que el valor mínimo indicado Este controlador deberá tener una señal de salida 4-20 mA para monitoreo remoto, de la presión diferencial del colector de polvo. (FabriPulse M 4-168-400,AAF)



Figura N°63. Diseño FabriPulse® “M”**Fuente:** FabriPulse M 4-168-400**Autor:** AAF**3.3.2. SELECCIÓN DE LA CAPACIDAD DEL COLECTOR DE
POLVOS INSERTABLE****3.3.2.1. CONSIDERACIONES DE VENTILACIÓN EN
EDIFICACIONES**

Para conservar en las instalaciones una presión negativa, es necesario que el caudal de extracción sea mayor al que se inyecta y así garantizar que todos los contaminantes que se generen no contaminen al exterior de las instalaciones.

En primer lugar se calcula el volumen total de cada instalación a ventilar de acuerdo a su geometría.

Se ha considerado lo siguiente:

- #Renovaciones/hr = 2.0 renov/hr (Presurización Negativa)
- Caudal de Aire de Extracción = # Renovaciones/hr x Volumen total libre
- Para mantener una presión negativa dentro de las instalaciones, la extracción de aire será del tipo forzada y la inyección de aire del tipo natural. Los sistemas de presurización deben mantener una presión negativa entre 0.02–0.05 in H₂O, según recomendación del manual de ventilación: “Industrial Ventilation”.
- Los equipos de extracción e inyección serán distribuidos por toda el área, uniformemente, para obtener un mayor barrido de los contaminantes dentro de las instalaciones.
- El volumen disponible es considerado a fin de obtener la distribución del sistema de ductos lo más sencilla y simétrica posible. Una vez establecido el volumen a renovar, se estima el caudal requerido.
- Con la finalidad de lograr un barrido en las zonas amplias, se ubican inyectores en la línea de recepción. El caudal de cada inyector es establecido como el caudal total necesario, entre el número de inyectores requeridos.

3.3.2.2. CONTROL Y CAPTACIÓN DE POLVOS

El cálculo de los caudales y el dimensionamiento de los equipos de control de polvos se han realizado en base a las siguientes consideraciones:

- Velocidad y ancho de faja;
- Altura de la caída de material en los puntos de transferencia;
- Velocidad en áreas abiertas de encapsulado: 200 a 500 fpm;
- Velocidad de aire en ductos: 4500 fpm;
- Propiedades del concentrado de mineral (humedad, tamaño y densidad).

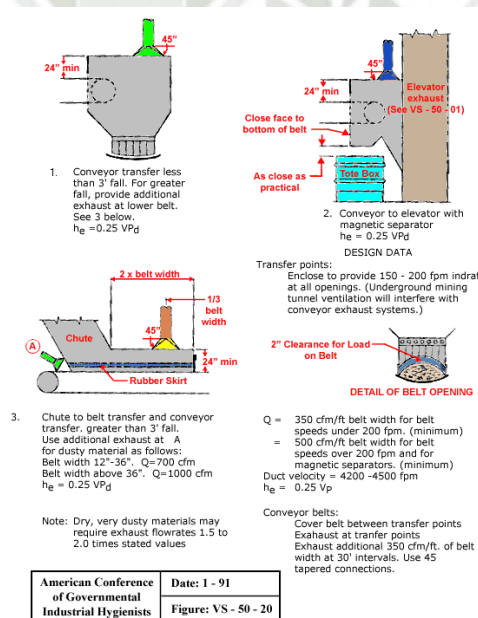


Figura N°64. Colectores de polvo insertables en fajas transportadoras

Fuente: American Conference of Governmental Industrial Hygienists

Autor: ACGIH

3.3.2.3. PUNTO DE ALIMENTACIÓN Y TRANSFERENCIA A LA FAJA TRANSPORTADORA

Para determinar los valores de caudal fueron consideradas las siguientes recomendaciones del libro "Industrial Ventilation".

$$\text{Transportador con } v < 200 \frac{ft}{min} \left(1 \frac{m}{s}\right)$$

$$Q = 350 \frac{ft^3}{min} x (\text{Ancho de faja})$$

$$\text{Transportador con } v > 200 \frac{ft}{min} \left(1 \frac{m}{s}\right)$$

$$Q = 500 \frac{ft^3}{min} x (\text{Ancho de faja})$$

De acuerdo a las recomendaciones del “Industrial Ventilation (Specific Operation 10.50.2)” para materiales muy polvorientos deberá ser adoptado un factor de seguridad de 1,5 a 2,0 veces el valor anteriormente recomendado. Considerando un factor de seguridad de 1,5 se tiene:

$$\text{Transportador con } v < 200 \frac{ft}{min} \left(1 \frac{m}{s}\right)$$

$$Q = 350 \frac{ft^3}{min} x (\text{Ancho de faja})$$

$$\text{Transportador con } v > 200 \frac{ft}{min} \left(1 \frac{m}{s}\right)$$

$$Q = 500 \frac{ft^3}{min} x (\text{Ancho de faja})$$

3.3.2.4. PUNTOS DE EXTRACCIÓN ADICIONAL

En todos los chutes de descarga, siempre que ocurra una caída de material con alturas mayores a 3 ft (0.9 m), se adicionará un punto de extracción adicional de acuerdo al “Industrial Ventilation”.

- Transportador con anchura entre 12" y 36";

$$Q = 500 \frac{ft^3}{min} x (\text{Ancho de faja})$$

- Transportador con ancho de más de 36";

$$Q = 500 \frac{ft^3}{min} x (\text{Ancho de faja})$$

De manera análoga, considerando un factor de seguridad de 1,5 se tiene:

- Transportador con anchura entre 12" y 36";

$$Q = 500 \frac{ft^3}{min} x (\text{Ancho de faja})$$

- Transportador con ancho de más de 36";

$$Q = 500 \frac{ft^3}{min} x (\text{Ancho de faja})$$

3.3.3. DESCRIPCIÓN DE INSTALACIONES

3.3.3.1. VENTILACIÓN

En la **Figura** se muestra la distribución y componentes del sistema de ventilación en la Línea Recepción - Almacén Cerro Verde.

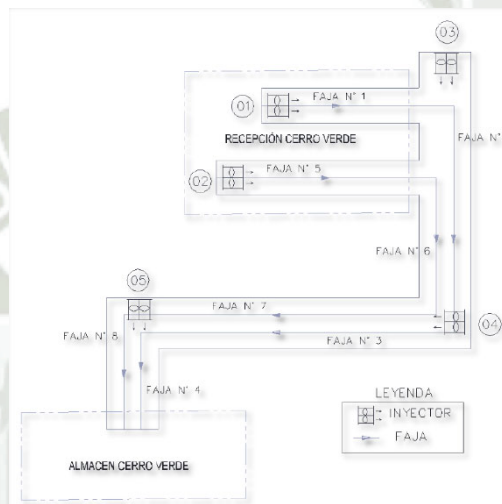


Figura N°65. Distribución y componentes del sistema de ventilación

Fuente: Proyecto de investigación

3.3.3.2. CAPTACIÓN DE POLVOS

El sistema de captación de polvos comprende los puntos de descarga del concentrado para los alimentadores de faja y las transferencias entre fajas. Este sistema comprende lo siguiente:

Tabla N°30. Colectores de polvo insertables del sistema de ventilación

Item	Tag de Colector	Descripción de puntos de captación de polvo	Velocidad de Faja	Ancho de Faja	Caída
1	0310-DF-2001	Descarga de faja transportadora 0310-CB-1001 para la faja transportadora 0310-CB-1002	Mayor a 200 fpm	24 pulg.	Mayor a 1.0m
2	0310-DF-2002	Descarga de faja transportadora 0310-CB-1002 para la faja transportadora 0310-CB-1003	Mayor a 200 fpm	24 pulg.	Mayor a 1.0m
3	0310-DF-2005	Descarga de faja transportadora 0310-CB-1005 para la faja transportadora 0310-CB-1006	Mayor a 200 fpm	24 pulg.	Mayor a 1.0m
4	0310-DF-2006	Descarga de faja transportadora 0310-CB-1006 para la faja transportadora 0310-CB-1007	Mayor a 200 fpm	24 pulg.	Mayor a 1.0m
5	0310-DF-2003	Descarga de faja transportadora 0310-CB-1003 para la faja transportadora 0420-CB-1004	Mayor a 200 fpm	24 pulg.	Mayor a 1.0m
6	0310-DF-2007	Descarga de faja transportadora 0310-CB-1007 para la faja transportadora 0420-CB-1008	Mayor a 200 fpm	24 pulg.	Mayor a 1.0m

Fuente: Proyecto de investigación

3.3.3.3. REQUERIMIENTO DE LAS INSTALACIONES

Para Ventilación, se tiene que se requiere con la geometría de los túneles y el requerimiento de renovaciones:

Tabla N°31. Cálculo del caudal requerido en los túneles y galerías

Descripción	Sección m2	Ancho m	Volumen m3	#Renov/hr	Caudal	
					m3/hr	cfm
Tunel Faja Transportadora N° 1	348.58	5	1,742.90	2	3,485.80	2,052
Tunel Faja Transportadora N° 5	556.35	5	2,781.73	2	5,563.46	3,275
Tunel Faja Transportadora N° 2 y N° 6	531.58	8.6	4,571.62	2	9,143.25	5,382
Tunel Faja Transportadora N° 3 y N° 7	271.51	6	1,629.03	2	3,258.06	1,918
Galeria Faja Transportadora N° 3 y N° 7	140.77	6	844.63	2	1,689.27	994
Galeria Faja Transportadora N° 4 y N° 8	100.24	7.7	771.86	2	1,543.72	909

Fuente: Proyecto de investigación

Para captación de polvos, se requiere de acuerdo a lo indicado en el punto 3.3.2.3:

Tabla N°32. Flujos calculados en cada punto de captación de polvos

Item	Tag de Colector	Descripción de puntos de captación de polvo	Caudal de extracción
1	0310-DF-2001	Descarga de faja transportadora 0310-CB-1001 para la faja transportadora 0310-CB-1002	2550 cfm
2	0310-DF-2002	Descarga de faja transportadora 0310-CB-1002 para la faja transportadora 0310-CB-1003	2550 cfm
3	0310-DF-2005	Descarga de faja transportadora 0310-CB-1005 para la faja transportadora 0310-CB-1006	2550 cfm
4	0310-DF-2006	Descarga de faja transportadora 0310-CB-1006 para la faja transportadora 0310-CB-1007	2550 cfm
5	0310-DF-2003	Descarga de faja transportadora 0310-CB-1003 para la faja transportadora 0420-CB-1004	2550 cfm
6	0310-DF-2007	Descarga de faja transportadora 0310-CB-1007 para la faja transportadora 0420-CB-1008	2550 cfm

Fuente: Proyecto de investigación

3.3.4. SELECCION DE EQUIPOS

3.3.4.1. SELECCIÓN DE EQUIPOS PARA VENTILACION

La capacidad mínima de inyección de aire, a la línea de recepción, es de 14 529 CFM; la cual repartida en 05 inyectores, nos da 2906 CFM por cada inyector. Para la selección del equipo se considerara un factor de reserva de 25% sobre la capacidad mínima para absorber posibles cambios en los parámetros de diseño. Por lo tanto la capacidad a manejar de cada inyector será de 3633 CFM. La caída de presión que tendrá que vencer el inyector será la del panel filtrante en condiciones de saturación (Presión estática - 10 mmca) y el conducto por donde toma aire del exterior (Presión estática - 15 mmca). Para fines de seleccionar el inyector de aire se tomará el valor de 25 mmca.

El sistema de ventilación para el proyecto constará de los siguientes parámetros de diseño:

Tabla N°33. Flujos calculados para los inyectores de aire

Equipos	Tag	Cant	Caudal de Aire	Caída de Presión Estática	Consumo de Potencia (BHP)	Potencia de Motor
Inyector de Aire N°1	0310-FA-3001	1	3650 CFM	25 mmca	1.18 hp	2.0 hp
Inyector de Aire N°2	0310-FA-3002	1	3650 CFM	25 mmca	1.18 hp	2.0 hp
Inyector de Aire N°3	0310-FA-3003	1	3650 CFM	25 mmca	1.18 hp	2.0 hp
Inyector de Aire N°4	0310-FA-3004	1	3650 CFM	25 mmca	1.18 hp	2.0 hp
Inyector de Aire N°5	0310-FA-3005	1	3650 CFM	25 mmca	1.18 hp	2.0 hp

Fuente: Proyecto de investigación

3.3.4.2. SELECCIÓN DE EQUIPOS PARA CAPTACIÓN DE POLVOS

Los colectores de polvo insertables para las fajas transportadoras constarán con los siguientes parámetros de diseño:

La caída de presión a través del lado limpio y el lado sucio del sistema de filtración se encuentra en el rango de 2.0 – 4.0 in H₂O. Para fines de seleccionar el extractor centrífugo se tomará el valor de 4.0 in H₂O condición en la cual los filtros se encuentran con un alto nivel de saturación.

Tabla N°34. Caudal, caída de presión y potencia de los colectores de polvo

Item	Tag de Colector	Caudal de Aire (CFM)	Caída de Presión (in H ₂ O)	Consumo de Potencia (BHP)	Potencia de Motor (HP)	Tag de Extractor
1	0310-DF-2001	2550	4	2.8	5	0310-FA-2001
2	0310-DF-2002	2550	4	2.8	5	0310-FA-2002
3	0310-DF-2005	2550	4	2.8	5	0310-FA-2005
4	0310-DF-2006	2550	4	2.8	5	0310-FA-2006
5	0310-DF-2003	2550	4	2.8	5	0310-FA-2003
6	0310-DF-2007	2550	4	2.8	5	0310-FA-2007

Fuente: Proyecto de investigación

3.4. SELECCIÓN DEL SISTEMA DE MUESTREO

Como requerimiento se tiene que el mineral sea muestreado para tener la información de la calidad que el sistema recibe, este sistema de muestreo tiene que operar en paralelo al sistema principal sin afectar la operación.

El sistema elegido que cumple este requerimiento es el de tipo barrido (Sweep) y con un muestreo primario para extracción del mineral de la línea principal y un muestreo secundario para extracción de la muestra en los contenedores de mineral que serán llevados al laboratorio.

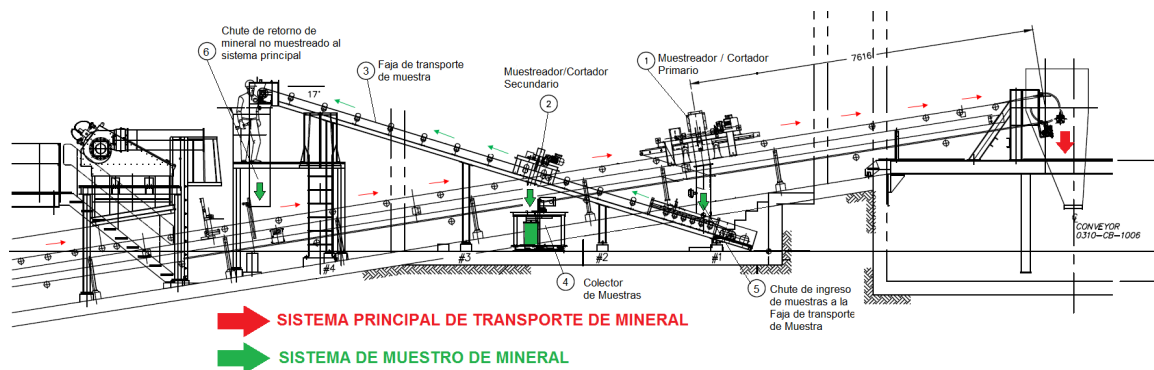


Figura N°66. Flujo de mineral en el sistema de muestreo

Fuente: Proyecto de investigación

3.4.1. SISTEMA DE MUESTREO PRIMARIO Y SECUNDARIO

El modelo del sistema de muestreo primario y secundario serán del tipo barrido (sweep), el cual consiste en un cortador de muestras contrabalanceado instalado sobre la faja transportadora principal. Cuando la cuchara gire 360°, perpendicularmente a la dirección del flujo de material, lo atravesará y tomará una muestra.

El cortador primario está instalado en la faja principal (CB-1001 / CB-1005), y tomará un corte de muestra la cual será descargada a la faja del sistema de muestreo mediante un chute de descarga como su muestra en la figura 67.

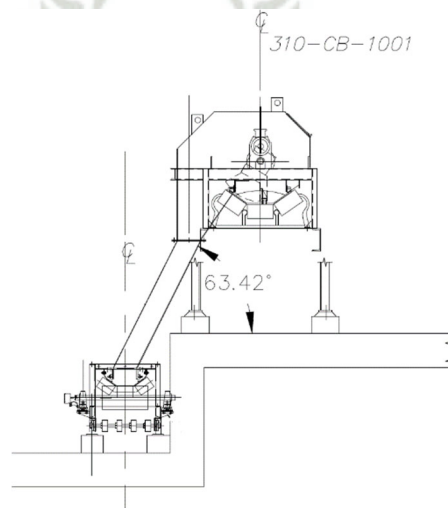
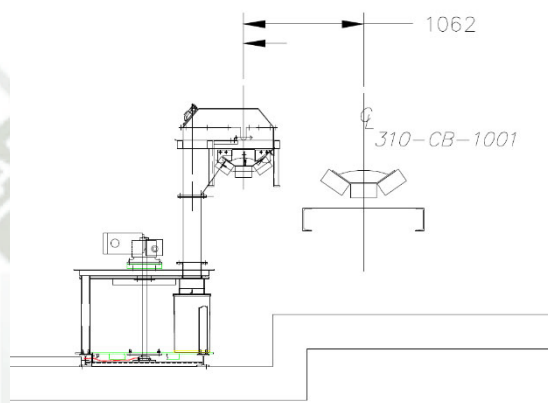


Figura N°67. Muestreador/Cortador primario del sistema de muestreo

Fuente: Proyecto de investigación

El cortador secundario estará localizado en la faja de transporte de mineral de muestreo, el cual realizará un muestreo del mineral tomado por el cortador principal y lo pasará al colector de muestras para ser llevado a posterior al laboratorio de mineral. El resto del mineral que no llegue al colector de muestras será devuelto a la faja principal (CB-1001 / CB-1005) mediante un



chute de descarga.

Figura N°68. Muestreador/Cortador secundario del sistema de muestreo

Fuente: Proyecto de investigación

Montado en el ensamble se encontrará el motor de accionamiento, provisto de un freno eléctrico. El equipo será capaz de accionar y detener el cortador de muestras según sea requerido.

El equipo descarga en el término de cada giro, por lo cual, cuenta con un interruptor de proximidad para el control del recorrido del cortador.

El cortador de muestras está fabricado de acero resistente a la abrasión.

Ambos cortadores consideran escobillas en la parte inferior del cortador de muestras, para extraer una muestra representativa completa, sin dañar la faja transportadora en el momento de realizar el corte.

Además debe existir una luz de al menos 3/8" entre el cortador del muestreador y la banda, esto para que al momento de que el cortador toma una muestra no dañe la banda.

Debe garantizarse que la velocidad de la cuchara cortadora sea superior a la velocidad de la banda, se recomienda que esta velocidad este alrededor de 1.8 a 2 veces la velocidad de la banda.

Las caras interiores del sistema de muestreo esta recubierto con planchas UHMW Tivar 88 como se indica en el capítulo 3.9.

3.4.2. TRANSPORTADOR DE FAJA DE MINERAL DE MUESTREO

Los transportadores de faja se encargarán de recibir el material captado por el sistema de muestreo primario, dirigirlo hacia el sistema de muestreo secundario y finalmente devolver el material de rechazo a la faja transportadora principal a través de un chute de descarga.

Debido a que el proyecto prevé transportar diversas calidades de concentrados de mineral, los transportadores de faja contarán con sistemas de limpieza, que aseguren que las muestras tomadas, no se contaminarán con otros concentrados.

3.4.3. COLECTOR DE MUESTRAS

De acuerdo a los requerimientos, se selecciona un colector rotatorio de muestras, las cuales son llevadas al laboratorio para su posterior análisis.

El colector recibe las muestras del cortador secundario y las almacena en contenedores de plástico que giran una vez llenados y permite que otro contenedor sea llenado, como lo muestra la figura 69

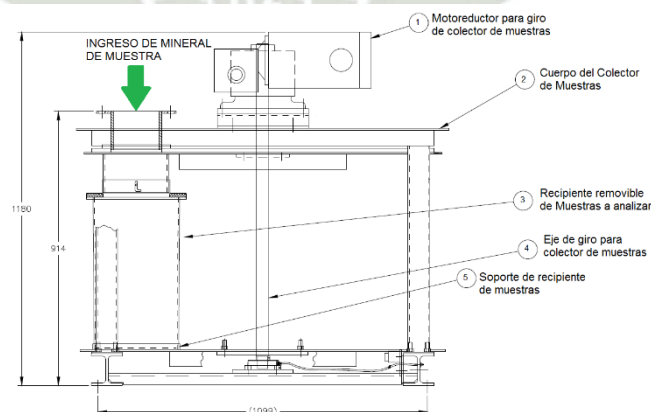


Figura N°69. Colector de muestras del sistema de muestreo

Fuente: Proyecto de investigación

3.4.4. UBICACIÓN DEL SISTEMA DE MUESTREO

El sistema de muestreo debe estar instalado en el inicio del sistema de transferencia debido a que la calidad a medir tiene que evitar cualquier contaminación posible que suceda en el trayecto del mineral.

Debido a esto el sistema de muestreo estará ubicado en las fajas inmediatas a los alimentadores, eso quiere decir las fajas **CB-1001** y **CB-1005**.

Como recomendación del proveedor, el sistema de muestreo debe estar ubicado al menos 4 estaciones de rodillos antes y/o después de la polea motriz/cola respectivamente.

3.5. SELECCIÓN DEL DETECTOR DE METALES

Se utilizará un detector de metales para fajas abarquilladas el cual debe detectar cualquier pedazo de metal que pueda afectar el funcionamiento del sistema, estos metales pueden haber llegado al sistema por algún metal extraño en la producción misma del concentrado o por algún error de operación.

Es lógico que con el fin de proteger todo el sistema, la instalación de los detectores de metal sea ubicada en las primeras fajas del sistema **CB-1001 / CB-1005**.

El sistema contempla principalmente de dos bobinas alimentadas eléctricamente, una bobina generadora y una receptora, una baliza o marca para ubicar el metal detectado y una alarma sonora.

Las bobinas están ubicadas por encima y debajo de la faja transportadora, y fijadas por un bastidor de fibra de carbono que, como los elementos de fijación de plástico, están fabricados por materiales no ferrosos para no alterar el campo de las bobinas.

La bobina generadora está localizada por encima de la faja transportadora con una altura suficiente para permitir el paso de la faja completamente cargada sin interferir con el mineral. La bobina receptora se ubica debajo de la banda.

La baliza o marca, es un elemento que permite reconocer visualmente la ubicación del metal detectado fácilmente, el sistema tiene la opción de cambiar la baliza por un spray de pintura que cumple la misma función de marcar la ubicación del metal.

El sistema tiene una sensibilidad de 3 cm^3 , eso quiere decir que cualquier elemento que tenga este volumen o superior, modificará el campo generado entre las bobinas, lo cual disparará el sistema, enviando una señal para detener la faja.

Al mismo tiempo la baliza o marca caerá sobre la posición aproximada del metal detectado. En paralelo a esto, una alarma sonora y luminosa se activa para advertir al personal de operación de no seguir alimentando al sistema con contenedores de mineral hasta que el sistema sea reseteado.

El sistema se resetea manualmente al retirar el metal detectado y posicionar la baliza de vuelta en el detector de metales en su posición de espera.

El sistema tiene que estar calibrado para que el metal detectado no llegue al chute de descarga o a otro sistema auxiliar (Sistema de muestro o balanza).

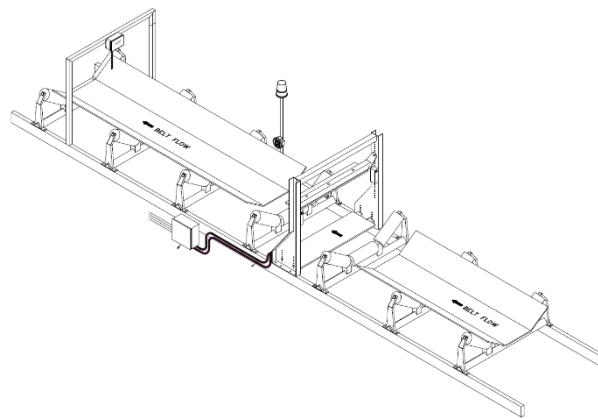


Figura N°70. Detector de metales de faja transportadora

Fuente: Proyecto de investigación

3.6. SELECCIÓN DEL SISTEMA DE BALANZA DE MINERAL

La selección del sistema de pesaje o balanza fue realizado en base a los requerimientos en los que se enfatiza la importancia de este sistema ya que de este dependen valorizaciones tanto para el operador portuario TISUR como para el dueño del concentrado, en este caso SMCV.

La norma empleada para la selección del equipo se realizó en base a la norma OIML-50 (Organisation Internationale de Metrologie Legale), siendo un estándar para metrología comercial, utilizada para las transacciones interportuarias.

Como requisito se requiere que la balanza de faja debe tener una exactitud de $\pm 0.125\%$.

Con estos parámetros se selecciona la balanza dinámica de puente de pesaje (weighbridge) para fajas transportadoras.

3.6.1. PUENTE DE PESAJE PARA FAJAS TRANSPORTADORAS

Especialmente diseñadas para aplicaciones en las que la precisión y la facilidad de mantenimiento son los factores importantes a tener en cuenta

Proporcionan funciones de porcentaje y totalización que se pueden utilizar para monitorizar los resultados de la producción y las operaciones de control.

Las básculas de cinta están compuestas por tres elementos principales: la unidad de pesaje, el sensor de velocidad de la cinta y un integrador electrónico.

3.6.2. CELDAS DE PUENTE DE PESAJE (Weighbridge)

El puente de pesaje consta de un conjunto alineado de fábrica que consta de una plataforma de pesaje flotante completa, dos vigas de soporte y cuatro células de carga de celdas extenso métricas de precisión aplicadas en tensión. Los bloques de pesaje compactos diseñados para fijarse a los perfiles horizontales, soportan los rodillos calibrados y miden el peso del material que hay en la cinta, ver Figura 71.

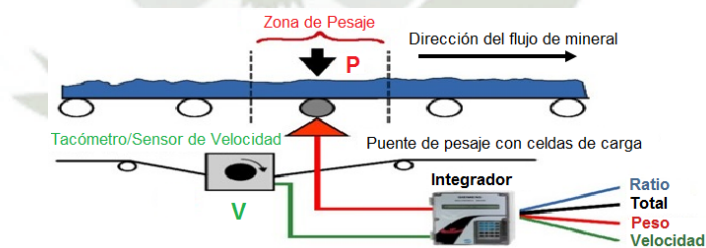


Figura N°71. Diagrama de operación de la balanza de faja

Fuente: Proyecto de investigación

Las celdas extensiométricas emiten una señal de acuerdo a la deformación producida por el peso del material, esta señal es enviada al integrador que a su vez recibe la señal del tacómetro para calcular el caudal.

Para llegar a la precisión requerida, se requiere instalar estaciones con rodillos previamente balanceados y pesados para que no alteren la lectura de las celdas extensiométricas. Se instalarán 04 estaciones de rodillos balanceados y pesados encima del puente de pesaje.

Además se requiere que 5 estaciones de rodillos antes y después del puente de pesaje sean estaciones de rodillos nivelados mediante laines para que estén alineados a las estaciones calibradas para poder llegar a la precisión requerida.



Figura N°72. Celdas de puente de pesaje

Fuente: Proyecto de investigación

3.6.3. TACÓMETRO DE BALANZA DE FAJA

El sensor de velocidad o tacómetro está mecánicamente conectado al eje de la polea de cola del transportador. El sensor de velocidad emplea un generador de pulsos que produce una corriente de pulsos, cada pulso representa una unidad de desplazamiento de la faja transportadora. La frecuencia de los impulsos es proporcional a la velocidad de la cinta.

Las señales de los bloques de pesaje y del tacómetro se integran electrónicamente para calcular el caudal y la totalidad de material que pasa por la báscula. La unidad electrónica también incorpora la fuente de alimentación para las células de carga e incluyen todas las funciones que permiten la calibración, operación y diagnóstico de todo el sistema

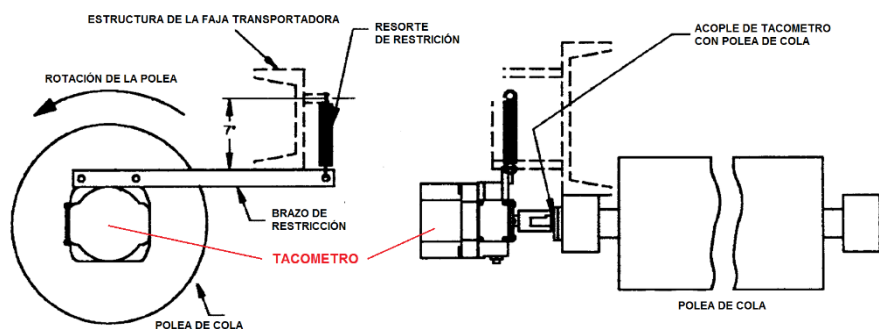


Figura N°73. Tacómetro de balanza de faja transportadora

Fuente: Proyecto de investigación

3.6.4. UBICACIÓN DE LA BALANZA

Siendo un equipo de precisión la aplicación e instalación de esta balanza es lo que determina las capacidades operativas generales y la precisión que se puede lograr.

Siendo un equipo que trabaja a partir de la medición de la deformación de las celdas de carga, la sección de la estructura en la que la balanza va ser instalada deber ser estructuralmente rígida y no permitir deformaciones excesivas, por esto el diseño estructural debe estar realizado mediante el Método de Diseño por Tensiones Admisibles (**Allowable Stress Design, ASD**).

Las balanzas deben estar instaladas donde las variaciones de tensiones son mínimas. En este sentido la balanza debe estar instalada cerca a la polea de cola de la faja transportadora y no debe estar ubicada a 20 pies del punto de carga y debe haber al menos 5 estaciones de rodillos a partir del faldón.

Teniendo en cuenta lo indicado debe evitarse que la ubicación de la faja coincida con un punto de curva, inclinación pronunciada, derrame de mineral o una zona en la que existan varios puntos de carga de mineral así como no se recomienda que coincida con un tripper en la ubicación cercana.

Con todas estas consideraciones se ubica las balanzas de mineral en las fajas horizontales **CB-1002 / CB-1006** debido a que cumplen las recomendaciones descritos con el fin de obtener la precisión requerida para este componente crítico para el sistema.

3.7. SELECCIÓN DEL CARRO DESCARGADOR (TRIPPER CAR)

El sistema requiere que las fajas de descarga de concentrado que se encuentran al interior del almacén (**CB-1004 / CB-1008**) dispongan de carros descargador de mineral (tripper car) para realizar un apilamiento homogéneo en el almacén.

El carro descargador realizará su traslación sobre rieles ASCE 60lbs dispuestas en el almacén las cuales estarán previamente alineadas y niveladas con las tolerancias permitidas.

El recorrido a realizar del tripper está restringido a 136 metros por el ángulo de reposo del mineral, esto con el fin de que el mineral no se acumule en las

paredes del almacén, el cual no está diseñado para las cargas laterales provocadas por el empuje del peso del mineral.

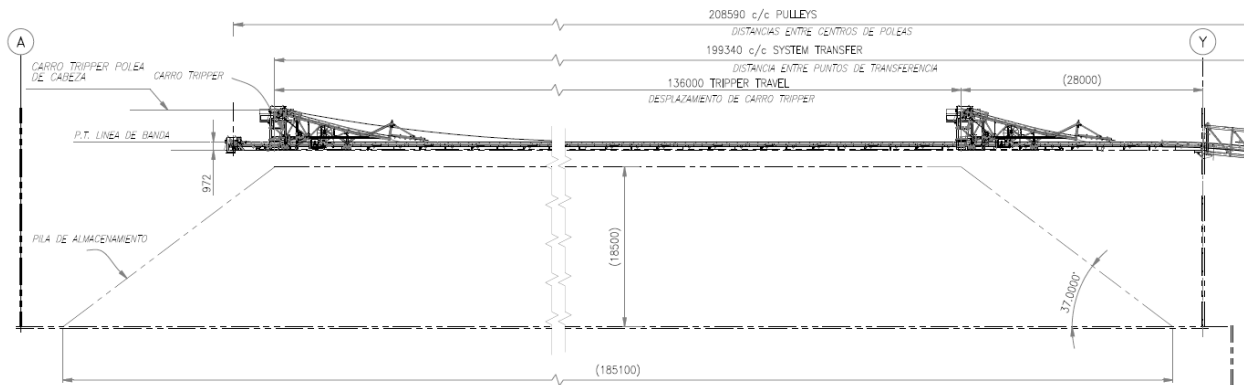


Figura N°74. Recorrido del Carro descargador (Tripper Car) al interior del almacén.

Fuente: Proyecto de investigación

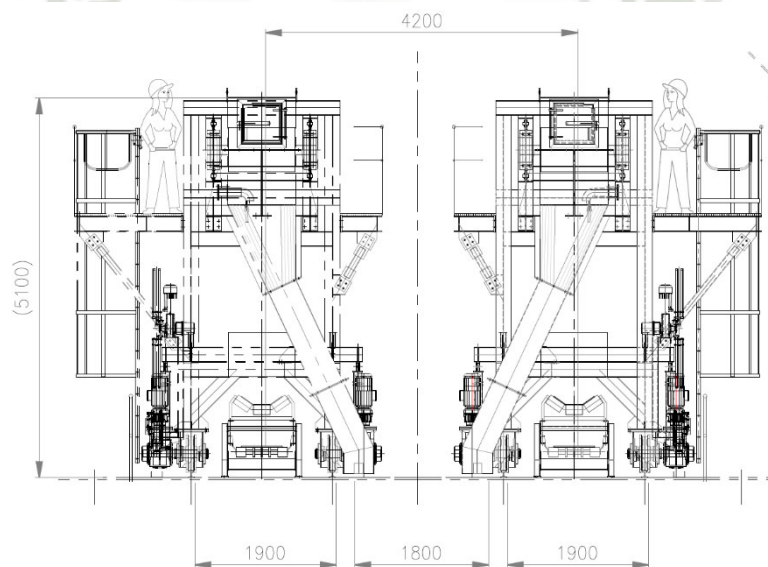


Figura N°75. Vista Frontal del Carro descargador (Tripper Car) al interior del almacén.

Fuente: Proyecto de investigación

Como requerimiento los tripper car deberán mantener la capacidad de transporte del sistema (350 TPH), manter la misma velocidad de la banda (1.8 m/s).

La velocidad del tripper debe estar limitada a 0.17 m/s tanto como medida de seguridad para el personal de operación, para el mantenimiento del equipo propiamente así como para evitar derrames de mineral.

3.7.1. COMPONENTES DEL CARRO DESCARGADOR (TRIPPER CAR)

Los sistemas principales del carro descargador (tripper car) se grafican y detallan en los siguientes puntos:

3.7.1.1. SISTEMA MOTRIZ

El sistema motriz consta de 4 ruedas de $\varnothing 18''$, las dos ruedas frontales son las motrices y las dos traseras son guiadas.

El sistema motriz consta de un motor eléctrico de 2 kw de potencia, acoplado a un reductor cónico vertical el cual, mediante un eje acoplado acciona la traslación de cada una de las dos ruedas delanteras comandadas desde la sala de control del almacén.

Al momento de fijar un sitio de descarga el sistema motriz se desactiva y la unidad hidráulica se activa para frenar las ruedas mediante sujeción a las rieles.

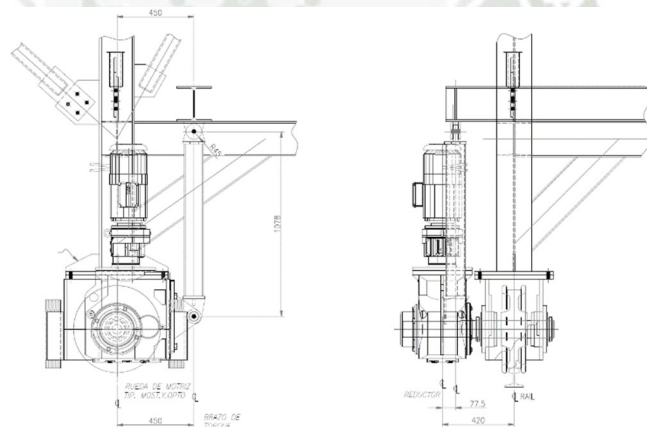


Figura N°76. Unidad motriz del Carro descargador (Tripper Car)

Fuente: Proyecto de investigación

3.7.1.2. SISTEMA DE ENROLLAMIENTO DE CABLE

Debido a que el sistema se traslada a lo largo del almacén, el equipo contará con un sistema de recolección, guía y redirección del cable de alimentación eléctrico.

El cable de alimentación está instalado en una bandeja portacables paralela a las rieles del carro tripper a lo largo de la riel.

El carro tripper tiene instalado una guía de enrollado de cable que direcciona el cable desde la bandeja al sistema de recolección del cable pasando antes por una polea que mantiene tensado el cable.

El sistema de recolección del cable es de tipo carrete, el cual es accionado por un sistema motriz recoge el cable mientras el carro tripper se traslada.

Debido al recorrido del tripper y para tener un cable de menor longitud y así menos pérdidas, a mitad del recorrido de la bandeja portacable se instala un tambor de redirección del cable el cual emite una señal al sistema de enrollamiento para que cambie el sentido de giro del enrollamiento, con esto el cable tiene la mitad de longitud que el recorrido del carro tripper.

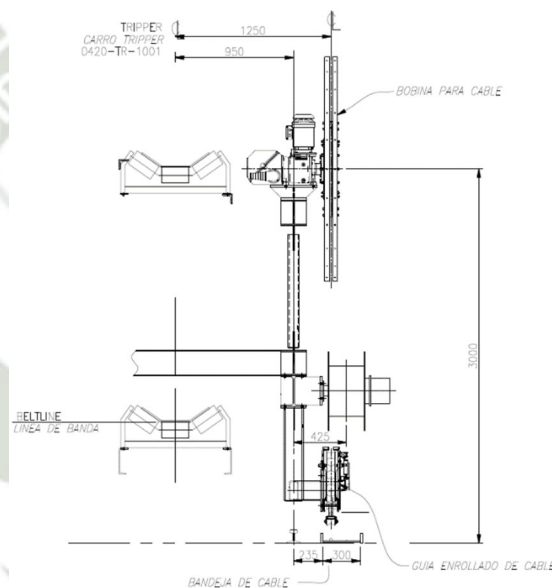


Figura N°77. Guía y enrollador de cable del Carro descargador (Tripper Car)

Fuente: Proyecto de investigación

3.7.1.3. SISTEMA HIDRAULICO

Como se indicó en el sistema motriz, una vez situado el tripper en la posición de descarga deseado, el sistema motriz se desactiva y automáticamente se activa el funcionamiento de la unidad hidráulica que acciona una abrazadera para fijar el carro tripper al riel.

La unidad hidráulica está ubicada en la parte inferior del tripper y consta de una bomba de 1.19 USGPM (Galones americanos por minuto) el cual genera una presión nominal de 1500 PSI y utiliza como fluido hidraulico MOBIL DTE 13M/EXXON UNIVIS N32.

La presión de la unidad hidráulica activa un actuador hidráulico que presiona la abrazadera en contra del riel, logrando así fijar la posición del carro tripper.

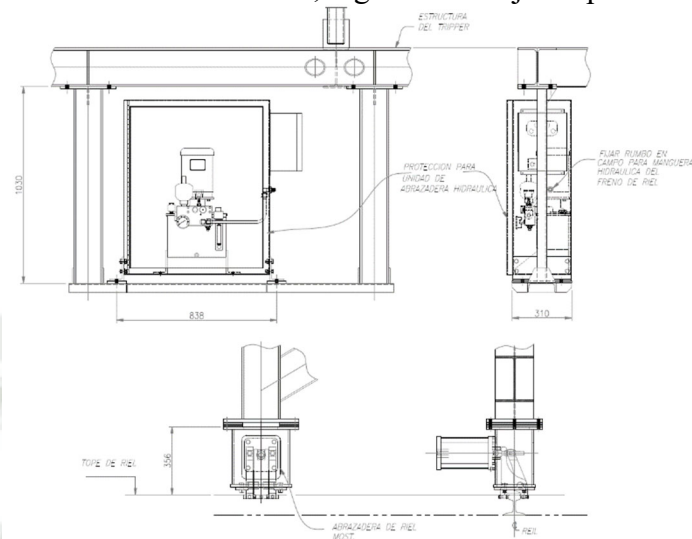


Figura N°78. Sistema hidráulico de frenado del Carro descargador (Tripper Car)

Fuente: Proyecto de investigación

3.7.1.4. SISTEMA DE LEVANTAMIENTO DE BANDA

Los carros descargadores de faja, llevarán un sistema que limitarán el levantamiento de la banda para la condición de operación con carga completa, carga promedio y sin carga de mineral.

Con este objetivo el carro dispone de una estructura catenaria en la parte posterior.

Esta estructura catenaria tiene rodillos instalados sobre los cuales la faja transportadora se apoya cuando está totalmente cargada para para dirigir el mineral en dirección al chute de descarga del tripper.

La estructura catenaria tiene instalada una rueda de tope limite en la parte superior la cual trabaja a modo de tope cuando la faja trabaja en vacío, esto para evitar el contacto de la banda con la estructura metálica.

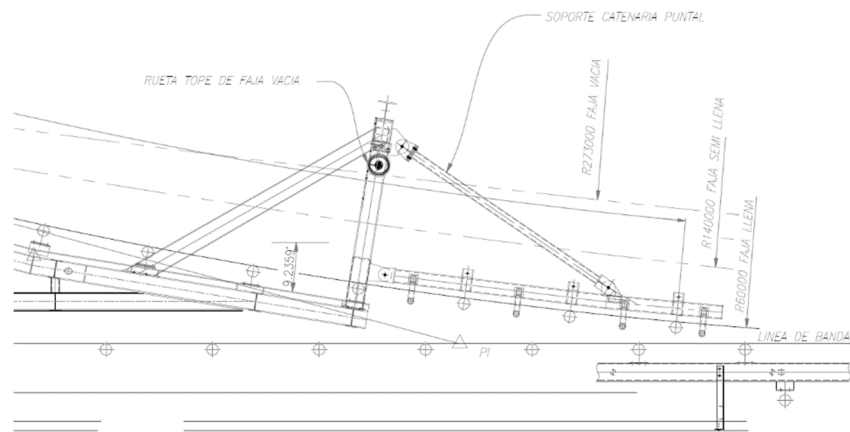


Figura N°79. Sistema de levantamiento de banda del Carro descargador (Tripper Car)

Fuente: Proyecto de investigación

3.7.1.5. CHUTE DE DESCARGA DEL TRIPPER

La salida del mineral se realizará por medio de un chute ubicado en la polea motriz localizada en la parte superior del carro tripper.

Las zonas internas del chute que se encuentren en contacto directo con el mineral deberán estar cubiertas con planchas UHMW (Tivar 88) el que se detalla en el capítulo 3.9.

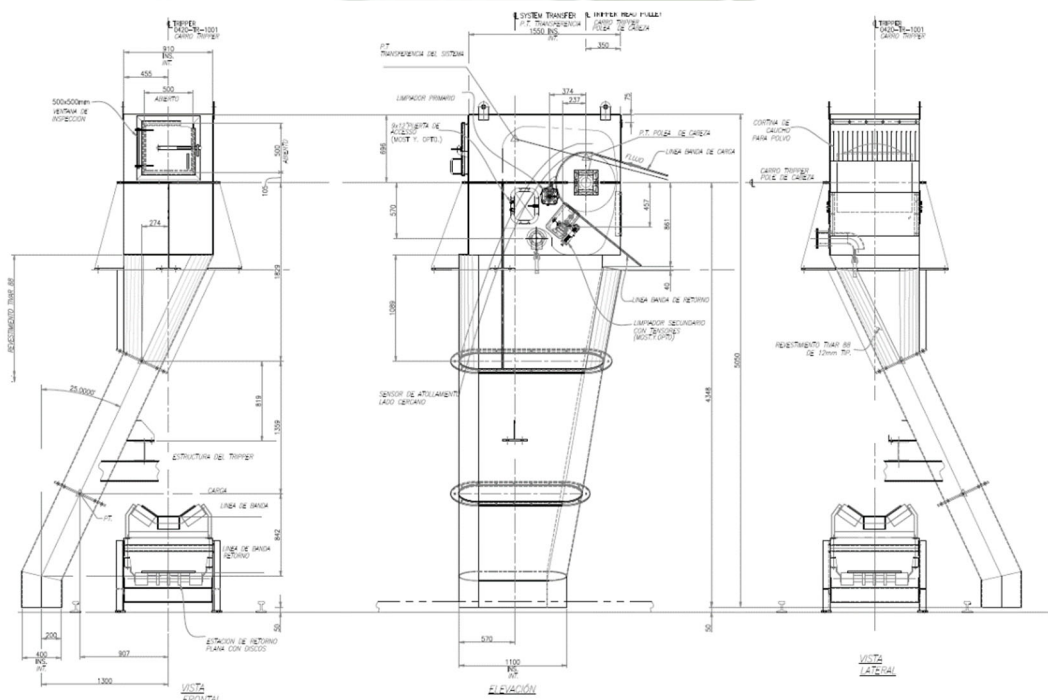


Figura N°80. Chute de descarga del Carro descargador (Tripper Car)

Fuente: Proyecto de investigación

El ángulo de desvío de este chute es de 25° lo cual permite que las superficies del chute descarga no sean menores a 65° con respecto a la horizontal, lo cual permite un correcto flujo de mineral.

3.8. SISTEMA DE RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL

Debido a la proximidad al mar y al ambiente salino la superficie de equipos y materiales deberán estar cubiertos con pintura o recubrimientos adecuados de acuerdo al medio ambiente local y el tipo de servicio.

El sistema de recubrimiento superficial cumple un rol crítico ya que de este depende la vida útil, mantenimiento y operación del sistema, por tanto se aplican estándares establecidos por NACE (National Association of Corrosion Engineers / Asociación nacional de Ingenieros de Corrosión).

Los puntos a describir del sistema de recubrimiento superficial son:

3.8.1. ZONA DE TRABAJO

Los talleres donde se pinten las estructuras metálicas fabricadas para el proyecto deberían cumplir con las siguientes condiciones:

- Mantener las condiciones de aplicación favorables. La temperatura de la superficie a 3°C sobre la temperatura del punto de rocío y la humedad relativa inferior a 85%.
- Para lograr el secado y curado de las pinturas adecuadamente, es importante una adecuada ventilación en la zona de pintado para lograr evacuar los vapores orgánicos, esto se logrará en ambientes cerrados usando ventiladores y extractores industriales.

Por lo expuesto se los trabajos deben ser realizados fuera de las instalaciones portuarias y en sitios cerrados con humedad relativa baja.

3.8.2. LIMPIEZA SUPERFICIAL – PREPARACION DE SUPERFICIES

La superficie arenada debe limpiarse de polvo y materias sueltas. La superficie limpia arenada será comparada de acuerdo a SSPC-VIS 1 y la profundidad del

perfil de anclaje patrón medido de acuerdo con un comparador de perfil Keane-Tator o por Testex press-o-film Replica Tape.

Las piezas arenadas solo se manipularán con elementos limpios exentos de aceite y grasas, se usarán guantes limpios para el manejo de piezas.

Las superficies arenadas no se podrán mantener sin recubrimiento más de dos horas desde iniciado el arenado. No debe haber zonas visibles de óxido en la superficie. Sólo se permitirá una hora si la humedad relativa ambiental es mayor a 80%.

El arenado no se efectuará en las condiciones ambientales siguientes:

- Temperatura de ambiente menor a 10° o mayor a 40°
- Temperatura de superficie por debajo a 3 °C sobre la temperatura de punto de rocío.
- Humedad relativa ambiental mayor al 85%.
- Temperatura de superficie <5 y >50° C.
- Velocidad de viento > 15 Km. /h.
- Durante lluvia, granizo o nevada.

Después de realizada la limpieza de las superficies, pero antes de iniciar la aplicación de los recubrimientos, se deberá realizar una limpieza para prevenir la presencia de humedad, polvo o cualquier materia extraña desprendible que afecte el desempeño del revestimiento.

Se tiene distintos grados de preparación de las superficies que se muestran en la tabla 35

Tabla N°35. Tipo y grado de preparación de superficies

Tipo de limpieza superficial	Grado de preparación	
	Estándar SIS.05.5900	Estándar VIS.1 SSPC
Con chorro abrasivo		
Metal blanco (chorro de limpieza al metal blanco)	Sa 3	SSPC-SP-5
Cerca a metal blanco (chorro de limpieza casi al metal blanco)	Sa 2 ½	SSPC-SP-10
Comercial (chorro de limpieza comercial)	Sa 2	SSPC-SP-6
Ligero (chorro de limpieza rápido)	Sa 1	SSPC-SP-7
Con herramientas mecánicas		
Limpieza mecánica (limpieza con herramientas eléctricas o neumáticas)	St 3	SSPC-SP-3
Limpieza manual (limpieza con herramientas manuales)	St 2	SSPC-SP-2

Fuente: Proyecto de investigación

3.8.3. APLICACIÓN Y SISTEMAS DE PINTURAS

Todas las pinturas se aplicarán como indica la especificación del proveedor de las pinturas y será necesaria la presencia permanente del representante del proveedor de la pintura, para realizar las tareas de inspección durante la preparación superficial y aplicación, tanto en taller como en terreno.

La superficie a ser pintada estará totalmente seca. La diferencia de temperatura entre la superficie y la temperatura de rocío deberá ser mayor o igual a 3°C. La atmósfera alrededor de la superficie no contendrá excesivo polvo.

La primera capa de recubrimiento será aplicada por medio de spray. Si es posible, las otras capas se aplicarán de igual forma. El tiempo mínimo y máximo de secado entre la aplicación de una capa y la siguiente será de acuerdo a las últimas instrucciones del proveedor del producto a aplicar.

Las superficies recientemente limpiadas o pintadas deberán ser protegidas de la humedad, condensación, contaminación hasta que se termine el proceso y se cure la última capa de pintura.

Los sistemas de recubrimiento se dividen de acuerdo a la aplicación como se muestra en la **tabla 36.**

Tabla N°36. Sistemas de recubrimiento superficial

Sistema	Aplicación	Equipo	Preparación Superficial	Procedimiento	Película Seca μm (mil)
A	ESTRUCTURAS DE ACERO EXPUESTAS LADO MAR	Estructuras de acero fabricadas en taller, superficies de trabajo, equipo mecánico y estructuras situadas en ambiente marino.	Limpieza por chorro abrasivo cercano al blanco de acuerdo con ISO 8501-1 o SSPCSP10 para obtener un perfil de anclaje de entre 45 a 65 μm	1. Una capa completa de Primer de Zinc Inorgánico.	75 (3)
				2. Una capa completa de Epóxico Poliámina.	200 (8)
				3. Una capa completa de Acabado de Poliuretano Alifático.	75 (3)
B	ESTRUCTURAS DE ACERO EXPUESTAS LADO TIERRA	Estructuras de acero fabricadas en taller, superficies de trabajo, equipo mecánico y estructuras situadas en ambiente costero montadas en terreno firme.	Limpieza por chorro abrasivo cercano al blanco de acuerdo con ISO 8501-1 o SSPCSP10 para obtener un perfil de anclaje de entre 45 a 65 μm .	1. Una capa completa de Primer de Zinc Inorgánico.	75 (3)
				2. Una capa completa de Epóxico Poliámina.	125 (5)
				3. Una capa completa de Acabado de Poliuretano Alifático.	50 (2)
C	ESTRUCTURAS DE ACERO EN INTERIOR DE COBERTURAS METÁLICAS	Estructuras de acero fabricadas en taller, superficies de trabajo, equipo mecánico y estructuras situadas en ambiente costero montadas en el interior de las coberturas metálicas y no expuestas a radiación UV.	Limpieza por chorro abrasivo cercano al blanco de acuerdo con ISO 8501-1 o SSPC.SP10 para obtener un perfil de anclaje de entre 45 a 65 μm .	1. Una capa completa de Primer de Zinc Inorgánico.	75 (3)
				2. Una capa completa de Epóxico Poliámina.	175 (7)

Fuente: Proyecto de investigación

3.8.4. ACEPTACIÓN Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

Los ensayos serán no destructivos y consta de:

- Medición de perfil de rugosidad (ASTM D 4417 Método C).
- Medición de espesor seco de pintura por capa (SSPC-PA2)(ASTM-G12).
- Verificar que la apariencia de la película seca de pintura, sea uniforme visualmente, libre de discontinuidades (pinholes), burbujas, craqueamiento, chorreaduras u otros defectos. (Guía de Referencia ASTM D3276).
- Verificar el curado de pintura mediante la prueba de resistencia a solventes: Según ASTM-D5402 para recubrimientos orgánicos y según ASTM-D4752 para imprimantes de zinc inorgánicos (silicato de zinc).
- Según aplique, se debería realizar pruebas de discontinuidad para los elementos que serán expuestos a inmersión y se verificará usando el estándar NACE SP-0188- 99.

3.9. RECUBRIMIENTOS ANTI DESGASTE

Se utilizarán planchas de poliestileno de ultra alto peso molecular UHMW tipo Tivar 88 azul, esto debido a su resistencia a la abrasión y a la corrosión.

Se aplicará para recubrir tolvas, chutes, faldones y en general cualquier superficie metálica que se encuentre expuesta al concentrado de mineral.

Estas planchas se utilizarán para proteger las estructuras y equipos del desgaste y la abrasión. Además facilitaran el deslizamiento del material sobre su superficie.

El plano de las superficies que estén en contacto con el concentrado de mineral deberá tener una inclinación mínima de 65° con respecto al plano horizontal.

El peso máximo individual de cada recubrimiento que vaya a ser manipulado / reemplazado manualmente deberá ser de 25kg.

El sistema de fijación de los recubrimientos debe ser con pernos de cabeza avellanada y la cabeza del perno debe quedar al ras de la plancha a fin de que la superficie se mantenga uniforme inclusive en los puntos de fijación.

El Tivar 88 / polietileno UHMW PE1000, se utiliza en puertos, defensas marinas y en la manipulación, almacenamiento y transporte de materiales en los entornos indicados, y sus principales propiedades son:

- Ultra alto peso molecular.
- Muy alta resistencia al desgaste.
- Alta resistencia a la abrasión
- Alta resistencia a los golpes
- Peso molecular > 5 millones g/mol
- Bajo coeficiente de fricción
- Dureza -64 Shore D ISO 868
- Temperatura °C: -260 hasta +80

En el apéndice X se incluye la tabla completa de las propiedades físicas, mecánicas, eléctricas y térmicas del material seleccionado.

CAPÍTULO IV

DISEÑO ESTRUCTURAL

4. DISEÑO DE ESTRUCTURA DE SOPORTE DEL SISTEMA DE FAJAS TRANSPORTADORAS

4.1. CONSIDERACIÓN GENERAL DE CARGAS PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL SISTEMA DE FAJAS TRANSPORTADORAS

4.1.1. CARGA MUERTA

Incluye peso propio, plataformas, barandas, rejillas, revestimiento y todas las cargas muertas permanentes.

Debe de considerarse un 10% extra de acero estructural, incluyendo encostramiento y planchas.

Debe tomarse carga muerta (DL) uniforme de 0.7 kPa.

4.1.2. PESO VIVO

- | | |
|---|----------|
| • Pasillos de operación y mantención de bandas | 2.5 kPa |
| • Pasillos de servicio y acceso menor | 2.0 kPa |
| • Plataformas de operación y de servicio | 5.0 kPa |
| • Almacenes y salas de depósito para material liviano | 6.0 kPa |
| • Almacenes y salas de depósito para material pesado | 12.0 kPa |
| • Piso industrial con equipo liviano | 4.0 kPa |
| • Piso industrial con equipo pesado | 8.0 kPa |
| • Escaleras | 4.0 kPa |

4.1.3. CARGA MATERIAL

El material de carga en las fajas transportadoras se calcula utilizando el tonelaje y la velocidad de la faja y a plena carga, con condición de 100% CEMA.

4.1.4. CARGA DERRAME DE MATERIAL

Presión uniforme de 1.0 kPa (aproximadamente 50mm de material concentrado) aplicado a las plataformas en los puntos de transferencia y pasillos de zonas de cargamento abiertas.

4.1.5. TENSIÓN DE FAJAS

La tensión para esta condición es derivada la condición acelerada del analizador de faja y como prevista por ingeniería mecánica en el **capítulo 3**.

4.1.6. TENSIÓN MÁXIMA DE FAJAS

Estas tensiones son derivadas utilizando un incremento factorial de 1.8* BTo de la carga #5. Este aumento solamente aplica al lado de tensión alta y se considera como condición alterada temporaria, que no ha de combinarse con cargas sísmicas.

4.1.7. CARGA VIVA DE TECHO

Carga viva de techo con 10% o menos de bajada = 1.0 kPa por especificación de proyecto.

Carga Sísmica debe incluir el 25% de la carga viva de techo como se indica en los criterios de diseño.

4.1.8. CARGA DE VIENTO

Según el estándar técnico peruano E.020, indicado en la especificación del proyecto.

Velocidad básica de viento, $V=75$ km/hr.

$C = 1.4$ para estructuras cerradas con una porción de 0.8 a barlovento y 0.6 a sotavento. $C = 1.8$ para estructuras abiertas, aplicadas al ancho de miembros tributarios.

4.1.9. CARGA SISMICA

De acuerdo con el estándar peruano técnico E.030, como indicado en la especificación del proyecto.

Carga lateral sísmica, $E_h = 0.2*W$ y carga sísmica vertical, $E_v = 0.15*W$, como dicta la siguiente calculación según el estándar E.030:

(Estructura categoría C)

Esfuerzo constante sísmico:

$$V = \frac{(Z * U * S * C) * W}{R}$$

Dónde:

W = peso sísmico efectivo acelerado

R = coeficiente de reducción de tabla 6 = 6.0 para estructuras de ensamblaje entrecruzado

Z = Factor de Zona para Zona 3 de tabla 1 = 0.4

U = Factor de Importancia para estructura de categoría C tabla 3 = 1.0

S = Factor de amplificación de suelo, piso tipo S1 tabla 2 – 1.0

C = Factor de amplificación sísmica = $2.5 * (T_p/T)$, no mayor de 2.5

Dónde:

T_p = período de respuesta de suelo - tabla 2 = 0.4

T = período fundamental como definido en artículo 4.2.2 = $h_n/$

Dónde:

h_n = altura máxima de estructura a 30m

CT = altura de 35m para estructuras de armazón de elementos resistentes en la dirección considerada.

$$T = 30/35 = 0.857$$

$$C = 2.5 * (0.6/0.857) = 1.75 \text{ pero } 2.5 \text{ es límite alto, usar } 2.5.$$

$$c/R = 0.416667 \geq 0.1 \text{ OK}$$

$$E_h = (0.4) * (1.0) * (1.0) * (2.5) * W / (6.0) = 0.17 * W \gg \gg \text{ Use } 0.2 * W$$

$$\text{Fuerza sísmica vertical} = (2/3) * E_h$$

$$E_v = (2/3) * E_h = E_h = 0.133 * W \gg \gg \text{ Use } 0.15 * W$$

W = el peso sísmico efectivo a ser acelerado. Para casos primarios 12 – 17, esto incluye:

- 100% carga muerta
- 25% cargas vivas / techo de carga vivas, plataformas y pasillos
- 100% de cargas variables de uso (por ejemplo carga de material)

Para casos primarios 20 – 25, el peso (W) sísmico efectivo incluye

- 100% carga muerta solamente.

4.1.10. CHUTE DE CARGA ATOLLADO

Deben de considerarse chutes, tolvas y otros equipos llenos a capacidad volumétrica máxima, con material de índice de densidad máximo de 2000 kg/m³.

Cargas atolladas en chutes en fajas deben de calcularse teniendo en cuenta altura del material soportado por la faja igual a 2 veces el ancho del faldón.

4.1.11. CARGA DE TEMPERATURA

Debe considerarse $\Delta T = \pm 12^{\circ}\text{C}$ para estructuras y equipo expuestos.

Fricción lateral de carga, debida a expansión están incluídas en el caso de carga primario. Los siguientes factores de fricción deberán de adoptarse:

- Acero sobre concreto 0.60
- Acero sobre acero 0.40
- Acero inoxidable sobre UHMW 0.25

4.1.12. CARGA DETENIDA POR ATRÁS

Considera tensiones cuando está detenida o frenada, utilizando la condición nominal para el momento torsión previsto en los catálogos por ingeniería mecánica.

4.1.13. CARGA DE MONTAJE Y DE POLIPASTOS

Según artículo 6.1.2.1 y 6.1.2.2 de la especificación del proyecto.

Deberá considerarse una carga concentrada de montaje de 10 kN, aplicada en cualquier punto de techo o vigas de plataformas.

Cargas de montaje en largueros de techo tendrán que ser de 1 kN, aplicadas en punto medio.

Carro Tensor de Faja

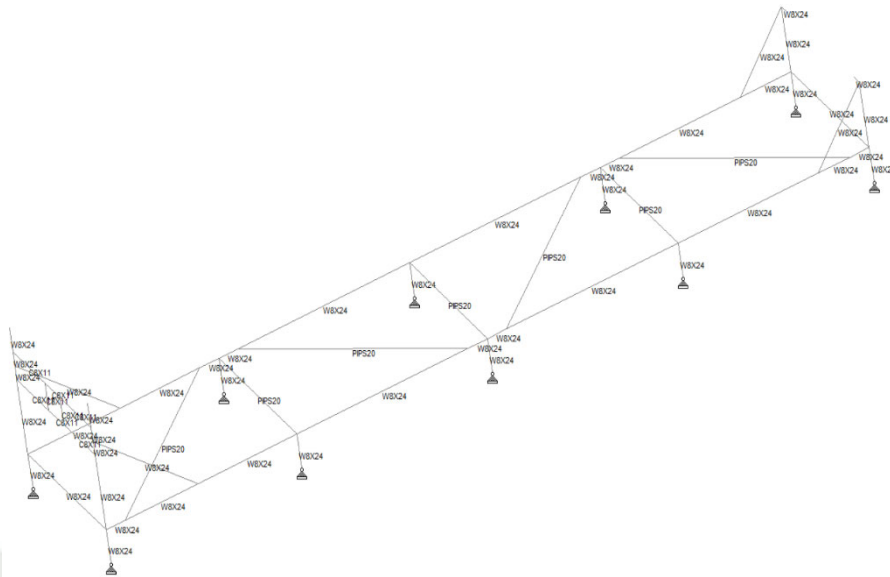


Figura N°82. Distribución de nodos en carro tensor

Fuente: Proyecto de investigación

Bastidor de soporte

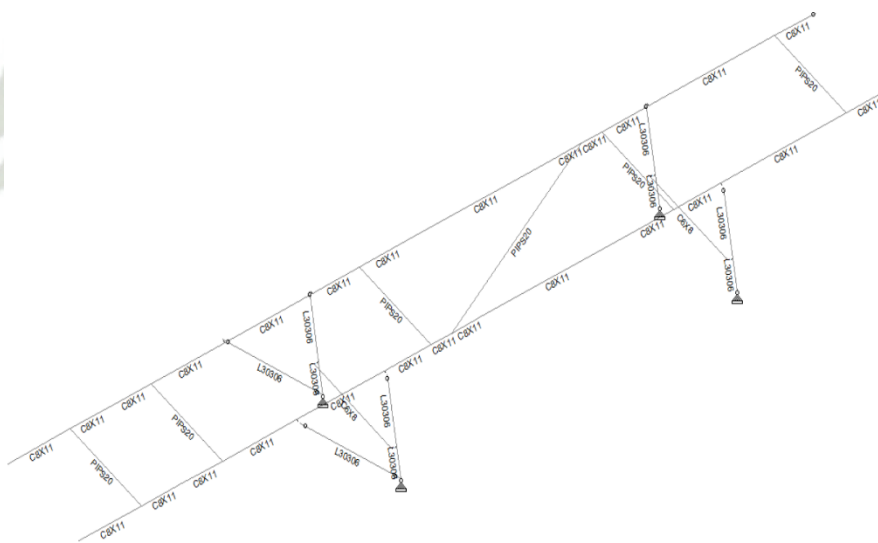


Figura N°83. Distribución de nodos en bastidor

Fuente: Proyecto de investigación

Plataforma de Polea Motriz

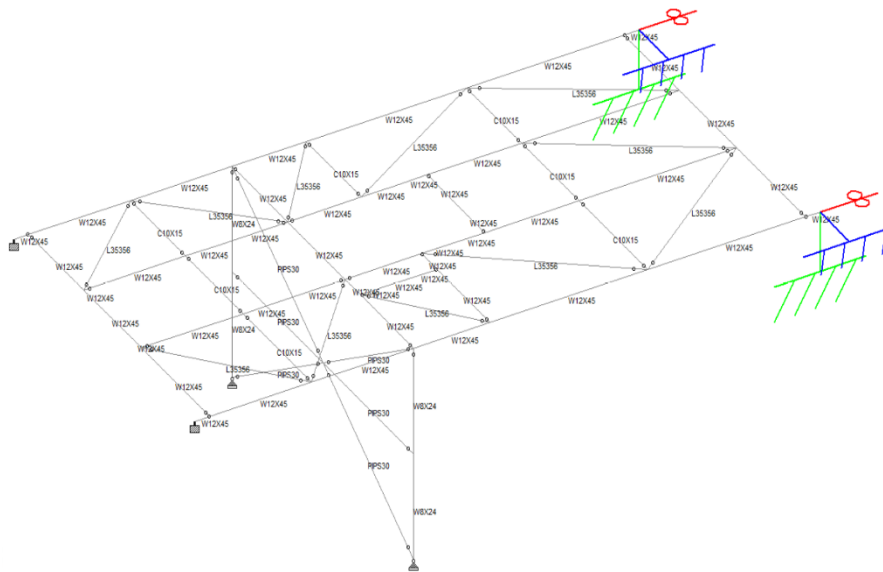


Figura N°84. Distribución de nodos en plataforma de descarga

Fuente: Proyecto de investigación

Numeración de nodos de soporte

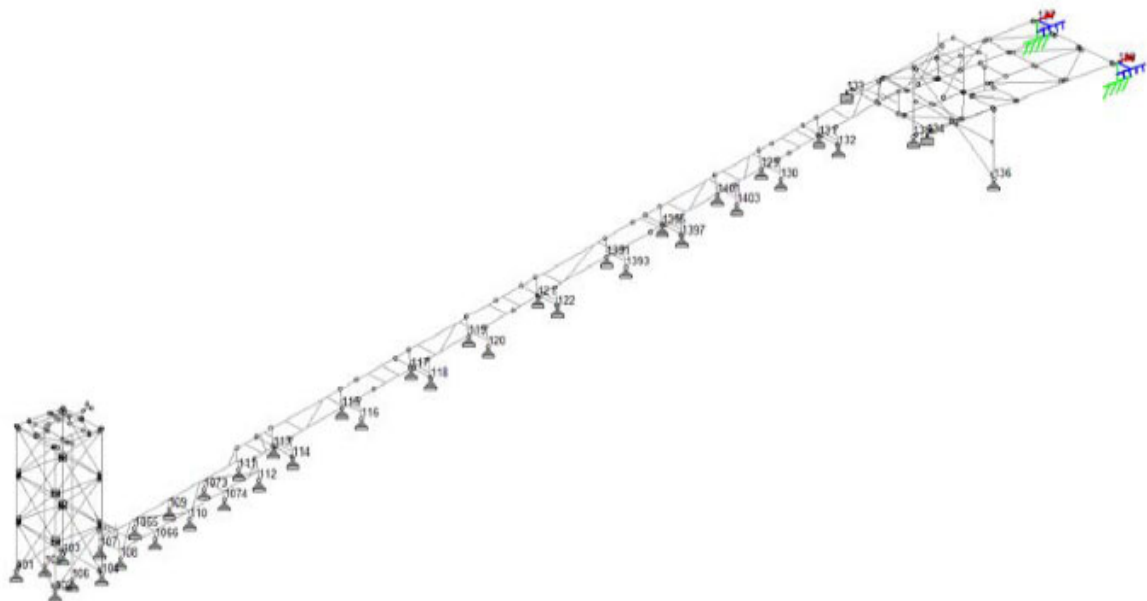


Figura N°85. Numeración de nodos de soporte

Fuente: Proyecto de investigación

Numeración de nodos

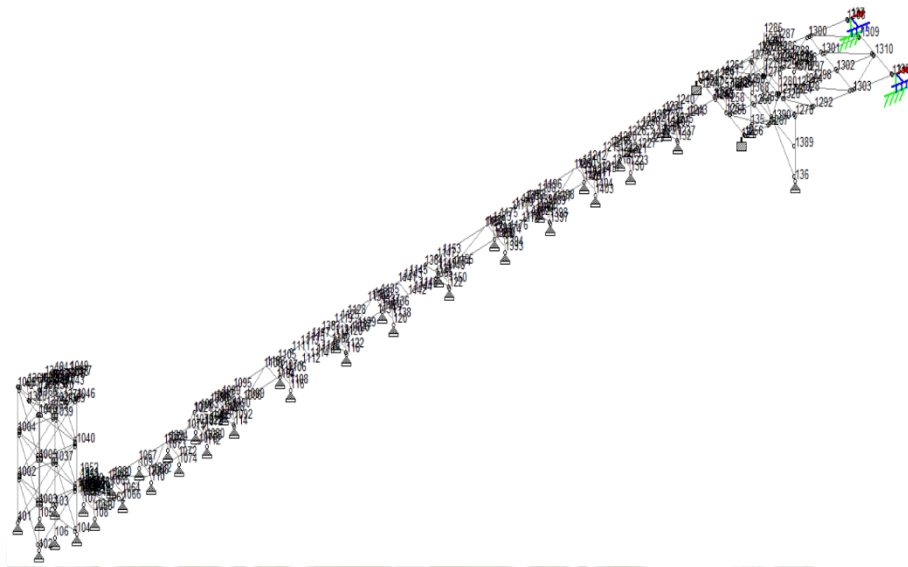


Figura N°86. Numeración de nodos

Fuente: Proyecto de investigación

Numeración de nodos de soporte

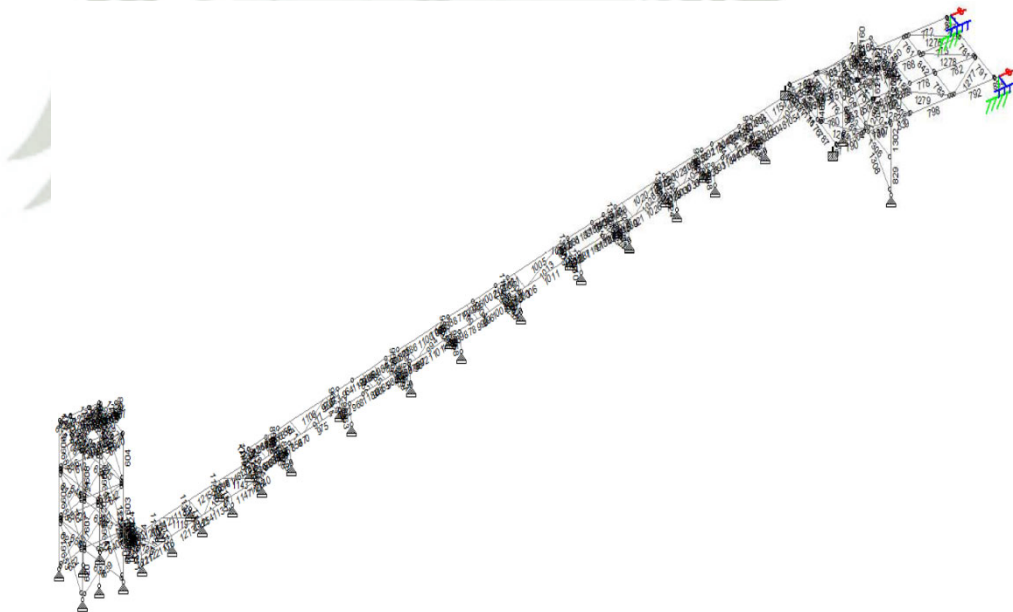


Figura N°87. Numeración de elementos estructurales

Fuente: Proyecto de investigación

4.2.2. CÁLCULO DE CARGAS

Dividiremos las cargas en 26 tipos principales de acuerdo a la Tabla 34 los cuales se combinarán de acuerdo al ASD.

Tabla N°37. Tablas de los tipos de carga y sus abreviaciones

#De Carga	Tipo de Carga (Español)	Tipo de Carga (Inglés)	Abreviatura (Inglés)
1	Carga Muerta	Dead Load	DL
2	Carga Viva	Live Load	LL
3	Carga de Material	Material Load	ML
4	Carga por Derrame de Material	Material Spillage Load	SP
5	Tensión de Operación de la faja	Operating Belt Tension	BTO
6	Tension Máxima de la faja	Maximum Belt Tension	BTM
7	Carga viva de techo	Roof Live Load	Lr
8	Carga de Viento	Wind Load	W(+X)
9	Carga de Viento	Wind Load	W(-X)
10	Carga de Viento	Wind Load	W(+Z)
11	Carga de Viento	Wind Load	W(-Z)
12	Cargas Sísmicas	Earthquake Load	E(+X)
13	Cargas Sísmicas	Earthquake Load	E(-X)
14	Cargas Sísmicas	Earthquake Load	E(+Y)
15	Cargas Sísmicas	Earthquake Load	E(-Y)
16	Cargas Sísmicas	Earthquake Load	E(+Z)
17	Cargas Sísmicas	Earthquake Load	E(-Z)
18	Carga por Atoro de Chute	Plugged Chute Load	PC
19	Carga por Temperatura	Temperature Load	T
20	Cargas Sísmicas	Earthquake Load	E(+X) Uplift
21	Cargas Sísmicas	Earthquake Load	E(-X) Uplift
22	Cargas Sísmicas	Earthquake Load	E(+Y) Uplift
23	Cargas Sísmicas	Earthquake Load	E(-Y) Uplift
24	Cargas Sísmicas	Earthquake Load	E(+Z) Uplift
25	Cargas Sísmicas	Earthquake Load	E(-Z) Uplift
26	Carga por Antiretorno activado	Backstop Engaged	BE

Fuente: Proyecto de investigación

4.2.2.1. Carga Muerta (Dead Load-DL)

Peso propio

Según los criterios de diseño, aplique un 10% de peso extra de acero estructural adicional para incluir conexiones y placas.

Todos los miembros serán evaluados para una reducción general de 1 mm en el espesor para compensar la corrosión.

Carga muerta de piso

Una carga muerta uniforme DL (Dead Load - Carga muerta) será tomada como 0.7 kPa, que se considera para incluir la plataforma, pasarela, grating, pasamanos y soportes de accesorios.

Las cargas de piso / techo se aplican usando el comando 'Carga de piso' en STAAD.

Tabla N°38. Tablas del cálculo de carga muerta DL

Carga muerta		
Carga muerta en piso en el area de la polea de cabeza y torre de contrapeso	0.7	kN/m²
Carga muerta en techo en el area de la torre de contrapeso	0.7	kN/m²
Pesos de componentes mecánicos		
Roldana	3	kN
Estimación del carro de tensión (polea tensora + polea + marco del carro)	40	kN
Riel del carro tensor y peso de la correa	0.7	kN/m
Peso de contra peso (del cálculo mecánico)	11	kN
Polea Motriz/Cabeza	4.59	kN
Polea de cola	3.33	kN
Peso del motor	1.45	kN
Peso del Reductor	2.75	kN
Cerramiento de faja	0.29	kN
Cargas de mantenimiento en plataforma (Asumida)	1	kN/m
Otras Cargas Mecánicas		
Carga de muestreador	6.8	kN
Carga de chute de cabeza		
Carga muerta del chute	24	kN
Carga por componentes de faja		
Peso de Faja lado de carga	0.093	kN/m
Peso de faja lado de retorno	0.093	kN/m
Peso de rodillos de carga (espaciados @ 3 m C/C)	0.118	kN
Peso de rodillos de impacto (espaciados @ 0.3 m C/C)	0.255	kN

Cantidad	Item	Peso kN or kPa	Espaciamiento (m)	Peso/m (m)
	Faja lado carga	0.093	1	0.093
	Faja lado retorno	0.093	1	0.093
	Rodillos lado carga	0.295	1.2	0.246
	Rodillos lado retorno	0.118	3	0.039
			ΣWT=	0.471

Usar 0.24 kN/m (Por lado)

Cantidad	Item	Peso kN or kPa	Espaciamiento (m)	Peso/m (m)	Desface (mm)	Momento (kN/m)
	Rodillos lado carga	0.295	0.6	0	0	0.492
	Rodillos lado retorno	0.118	3	0	0	0.039
	Faja lado carga	0.093	1	0	0	0.093
	Faja lado retorno	0.093	1	0	0	0.093
1	Faldon Superior (SKIRT BOARD TOP), t=3mm	0.23	1	0.47	3	0.109
1	Faldon Superior laterales (SKIRT BOARD SIDES), t=10mm	0.77	1	0.51	10	0.393
1	Faldon Superior Lineal (SKIRT BOARD LINER), t=25mm	1.92	1	0.23	25	0.443
1	Peos miscelaneos de Faldon (MISC SKIRT BOARD WEIGHT)	0.3	1			0.3
0	3MM DECK PL	0.23	1	1.12	3	0
				ΣWT=		1.962

Usar 0.98 kN/m (Por lado)

Cantidad	Item	Peso kN or kPa	Espaciamiento (m)	Peso/m (m)	Desfase (mm)	Momento (kN/m)
	Rodillos de impacto	0.255	0.3	0	0	0.85
	Rodillos lado retorno	0.118	3	0	0	0.039
	Faja lado carga	0.093	1	0	0	0.093
	Faja lado retorno	0.093	1	0	0	0.093
1	Faldon Superior (SKIRT BOARD TOP), t=3mm	0.231	1	0.473	3	0.109
1	Faldon Superior laterales (SKIRT BOARD SIDES), t=10mm	0.77	1	0.51	10	0.393
1	Faldon Superior Lineal (SKIRT BOARD LINER), t=25mm	1.924	1	0.23	25	0.443
1	Peos miscelaneos de Faldon (MISC SKIRT BOARD WEIGHT)	0.3	1			0.3
1	3MM DECK PL	0.231	1	1.12	3	0.259
					ΣWT=	2.579

Usar 1.29 KN/m (Por lado)

Fuente: Proyecto de investigación

4.2.2.2. Carga Viva (Live Load-LL)

Tabla N°39. Tablas del cálculo de carga viva LL

Carga viva en pasarelas de faja	2.5 kN/m ²
Carga viva en la plataforma de operación y mantenimiento	5 kN/m ²

Usar 0.98 KN/m (Por lado)

Fuente: Proyecto de investigación

4.2.2.3. Carga de Material (Material Load-ML)

Tabla N°40. Tablas del cálculo de carga por material ML

Carga de diseño	350	MTPH
Velocidad de faja	1.84	m/s
Carga lineal en movimiento (Running Lineal Load)	52.84	kg/m
Carga lineal en movimiento (Running Lineal Load)	0.52	kN/m
100% Carga de CEMA	465	MTPH
100% Carga lineal CEMA	70.2	kg/m
100% Carga lineal CEMA	0.69	kN/m

Fuente: Proyecto de investigación

4.2.2.4. Carga por derrame (Spillage Load-ML)

Se considera una carga uniforme de **1.0 kPa** (50mm de material concentrado) y se aplica sobre los puntos de transferencia y pasarelas alrededor de las áreas de carga.

Tabla N°41. Tablas del cálculo de la tensión de operación de la faja Bto

4.2.2.5. Tensión de Operación de la faja (Belt Tension Operation-Bto)

Tensión de Operación de la faja (Belt Tension Operation Bto)									
Identificación de Poleas/Roldanas	Tipo de Tensión (1 = Carga, 2 = Retorno)	TENSION	ANGULO	Fx	Fy	SFx	SFy	Fuerzas Totales de Poleas y Roldanas	
		(kN)	(°)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	Fx (kN)	Fy (kN)
Polea Motriz/Cabeza	T1	13.4	189	-13.2	-2.1	-18.2	-2.9	-9.1	-1.4
	T2	5	189	-4.9	-0.8				
Roldana Polea de Cola	T1	11	9	10.9	1.7	10.9	12.7	10.9	12.7
	T2	11	90	0	11				
Roldana Torre de Contrapeso 1	T1	11	270	0	-11.0	-11.0	-11.0	-11.0	-11.0
	T2	11	180	-11.0	0				
Roldana Torre de Contrapeso 2	T1	11	0	11	0	11	-11.0	11	-11.0
	T2	11	270	0	-11.0				
Polea de Cola	T1	5.5	90	0	5.5	0	11	0	11
	T2	5.5	90	0	5.5				

LC #5 - Tensión de Fajas en carga (BTo)	
T1:	13.4 kN
T2:	5 kN
Radio de Polea:	305 mm
Recubrimiento de Polea:	20 mm
Torque en carga	2.73 kN-m

Fuente: Proyecto de investigación

4.2.2.6. Tensión Máxima de la faja (Maximum Belt Tension-BTm)

Tabla N°42. Tablas del cálculo de la tensión mínima de la faja BTm

Tensión Máxima de la Faja (BTm)									
Identificación de Poleas/Roldanas	TENSION TYPE (1 = CARRY, 2 = RETURN)	TENSION	ANGULO	Fx	Fy	SFx	SFy	Fuerzas Totales de Poleas y Roldanas	
		(kN)	(°)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	Fx (kN)	Fy (kN)
Polea Motriz/Cabeza	T1	24.12	189	-23.8	-3.8	-28.8	-4.6	-14.4	-2.3
	T2	5	189	-4.9	-0.8				
Roldana Polea de Cola	T1	11	9	10.9	1.7	10.9	12.7	10.9	12.7
	T2	11	90	0	11				
Roldana Torre de Contrapeso 1	T1	11	270	0	-11.0	-11.0	-11.0	-11.0	-11.0
	T2	11	180	-11.0	0				
Roldana Torre de Contrapeso 2	T1	11	0	11	0	11	-11.0	11	-11.0
	T2	11	270	0	-11.0				
Polea de Cola	T1	5.5	90	0	5.5	0	11	0	11
	T2	5.5	90	0	5.5				

LC #6 - Tensión Máxima de Fajas en carga (BTm)	
T1:	24.1 kN
T2:	5 kN
Radio de Polea:	305 mm
Recubrimiento de Polea:	20 mm
Torque en carga	6.21 kN-m

Fuente: Proyecto de investigación

4.2.2.7. Carga Viva de Techo (Roof Live Load-Lr)

Como criterio de diseño se aplica 1 kN/m²

4.2.2.8. Carga de Viento (Wind Load-W)

Como la estructura se encuentra ubicada al interior de túneles, la carga de viento se desprecia.

4.2.2.9. Carga por Sismo (Earthquake Load-E)

De acuerdo a la norma técnica peruana E.030.

Carga sísmica lateral, $E_h = 0.2 * W$

Carga sísmica vertical, $E_v = 0.15 * W$

Donde W es el peso sísmico efectivo a ser acelerado.

Para los tipos de carga del 12 al 17, W incluye:

100% de la carga muerta - Incluye todos los casos sísmicos y en todas las direcciones

25% de Plataforma/WW, carga viva, carga viva de techo - Incluye todos los casos sísmicos a excepción E (Y) (Tipo de Carga 14)

100% de carga de material en operación - Incluye todos los casos a excepción de cargas E (Y), E(X) & E (-X) (Tipos de carga de 12 a 14)

Para los tipos de carga del 20 al 25, W incluye:

Solamente 100% del Peso muerto (DL).

Tabla N°43. Tablas del cálculo de carga por sismo E

Resultados del modelo STAAD		
Carga muerta del modelo STAAD	222.839	kN
Carga viva del modelo STAAD	150.408	kN
Carga material del modelo STAAD	17.234	kN
Carga considerada en el contrapeso	11	kN

Contribución del peso sísmico	0.2(E(X) or E(Z))	0.15(E(Y))
Contribución de la carga muerta a la carga sísmica (100%)	44.57	33.43
Contribución de la carga viva a la carga sísmica (25%)	7.52	5.64
Contribución del material a la carga sísmica (75%)	3.45	2.59
Contribución del peso del contrapeso	2.2	0

Tipo de carga del 20 a 25			
LC 20	E(X)	44.57	kN
LC 21	E(-X)	44.57	kN
LC 22	E(Y)	33.43	kN
LC 23	E(-Y)	33.43	kN
LC 24	E(Z)	44.57	kN
LC 25	E(-Z)	44.57	kN

Fuente: Proyecto de investigación

4.2.2.10. Carga por Atoro de Chute (Plugged Chute Load-PC)

Tipo de Carga del 12 a 17			
LC 12	E(X)	54.29	kN
LC 13	E(-X)	54.29	kN
LC 14	E(Y)	33.43	kN
LC 15	E(-Y)	41.66	kN
LC 16	E(Z)	57.74	kN
LC 17	E(-Z)	57.74	kN

Tabla N°44. Tablas de cálculo de carga por atoro de chute PC

Cargas en el bastidor perfil "C"		
Densidad de material	19.62	kN/m ³
Ancho de faja	610	mm
Ancho efectivo = (2/3)* Ancho de faja	0.41	m
Altura efectiva = 2*espesor efectivo	0.82	m
Carga de chute atorado	6.6	kN/m
Carga de chute atorado por lado	3.3	kN/m
En el chute de cabeza		
Carga de chute atorado en el area de cabeza de chute (Apoyado en 3 puntos)	85	kN

Fuente: Proyecto de investigación

4.2.2.11. Carga por Temperatura (Temperature Load-T)

Como la estructura se encuentra ubicada al interior de túneles, la diferencia de temperatura es insignificante y la carga por temperatura se desprecia.

4.2.2.12. Carga por el antiretorno activado (Backstop Engaged-BE)

Considera tensiones cuando está detenida o frenada, utilizando la condición nominal para el momento torsión previsto en los catálogos por ingeniería mecánica.

Tabla N°45. Tablas de cálculo de carga por anti retorno activado PC

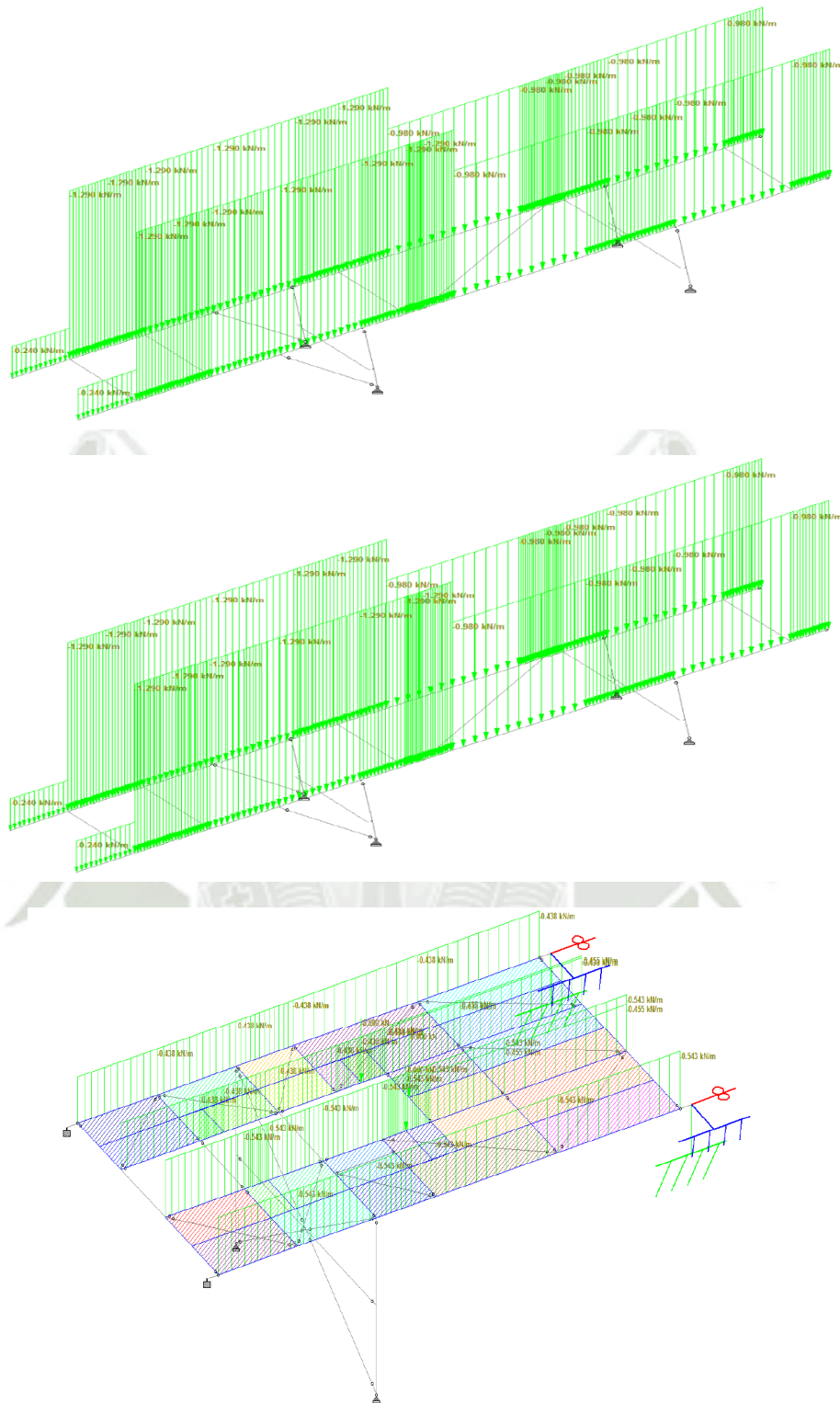


Figura N°88. Carga Tipo 1 (DL) Aplicada a la estructura

Fuente: Proyecto de investigación

4.2.3.2. Carga Tipo 2

Carga Viva (LL) aplicada a la torre de contrapeso y a la plataforma de descarga.

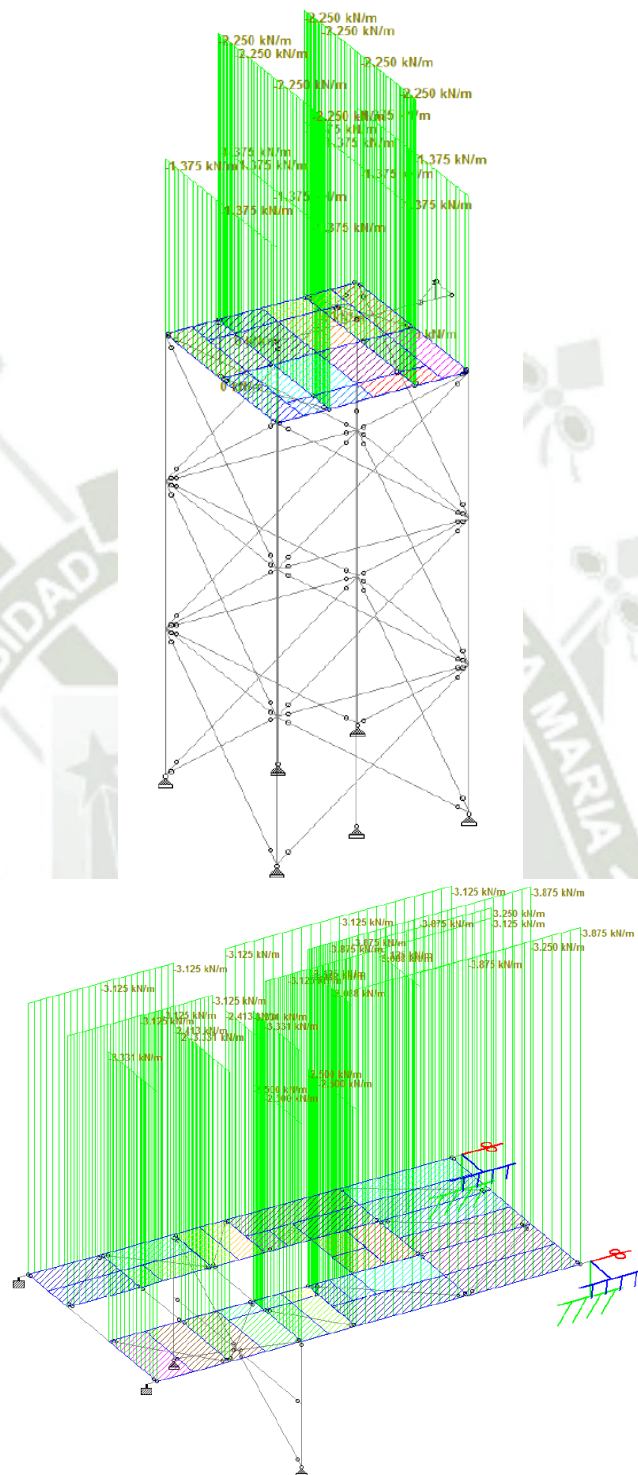


Figura N°89. Carga Tipo 2 (LL) Aplicada a la estructura

Fuente: Proyecto de investigación

4.2.3.3. Carga Tipo 3

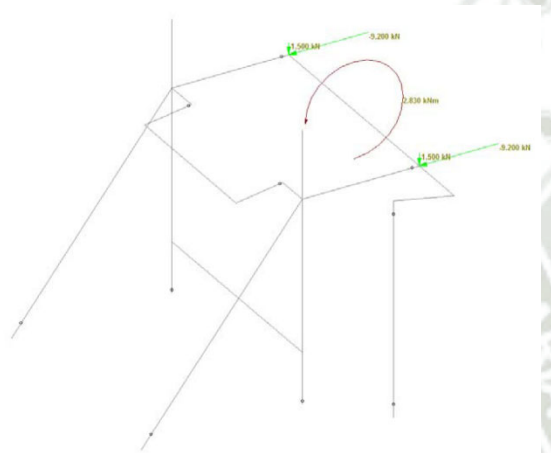
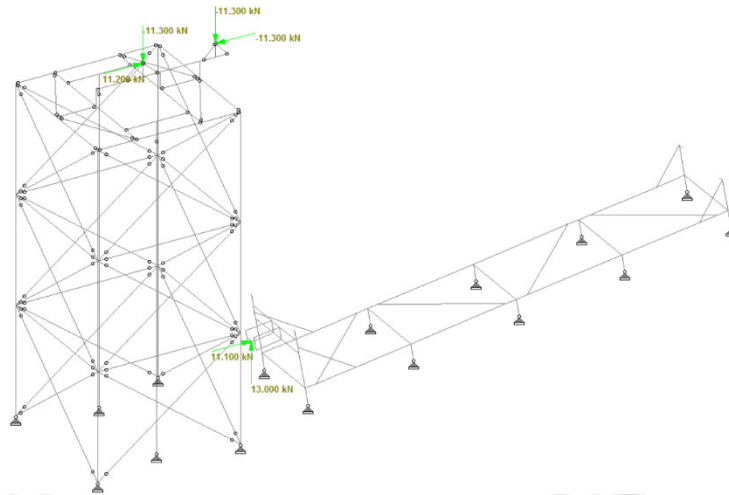


Figura N°92. Carga Tipo 5 (Bto) Aplicada a la estructura

Fuente: Proyecto de investigación

4.2.3.6. Carga Tipo 6

Tensión de máxima defaja (BTm) aplicada a la torre de contrapeso y a la polea de cabeza.

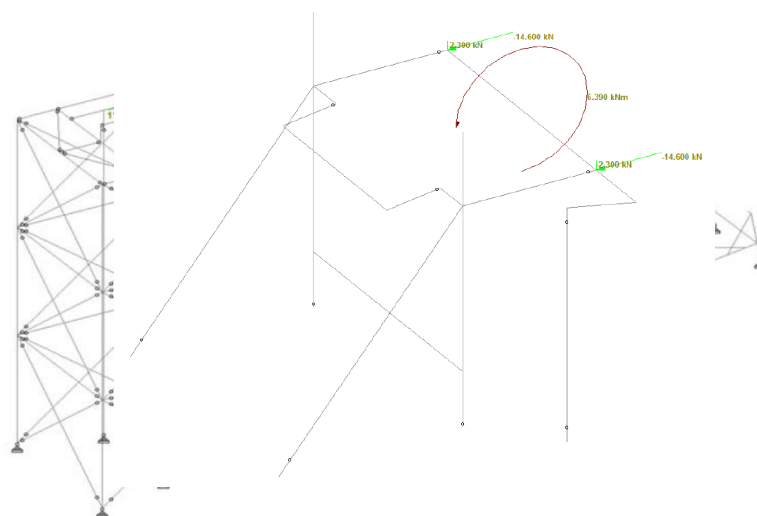
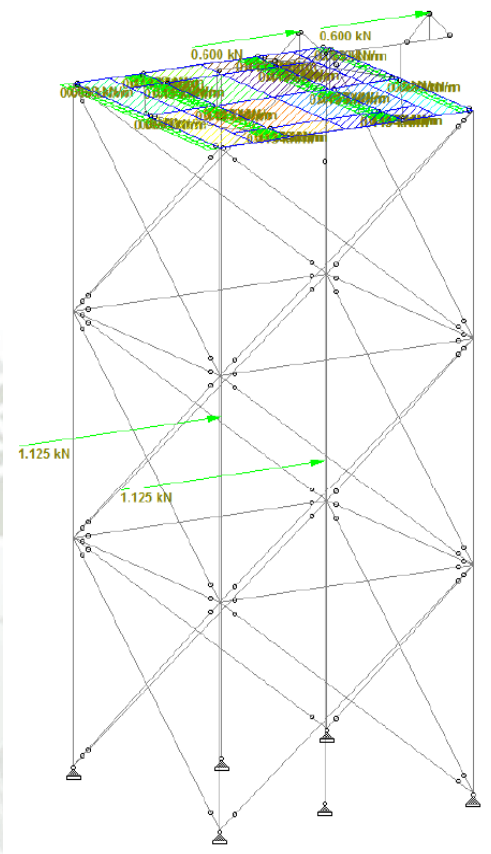


Figura N°92. Carga Tipo 6 (Btm) Aplicada a la estructura

Fuente: Proyecto de investigación

4.2.3.7. Carga Tipo 12

Carga Sísmica E(+X) aplicada a la torre de contrapeso, el carro tensor, bastidor y a la plataforma de descarga.



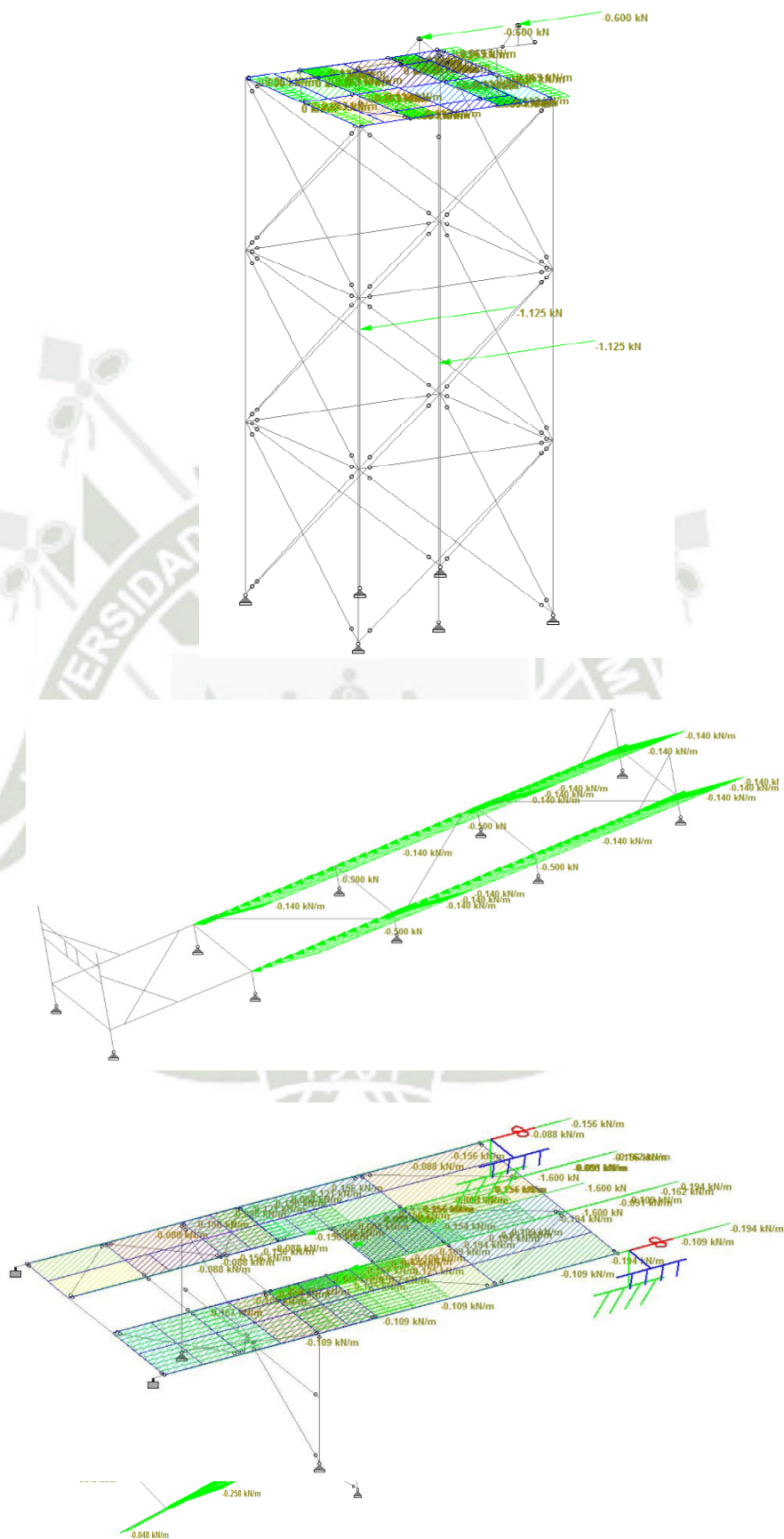


Figura N°94. Carga Tipo 13 (E-X) Aplicada a la estructura

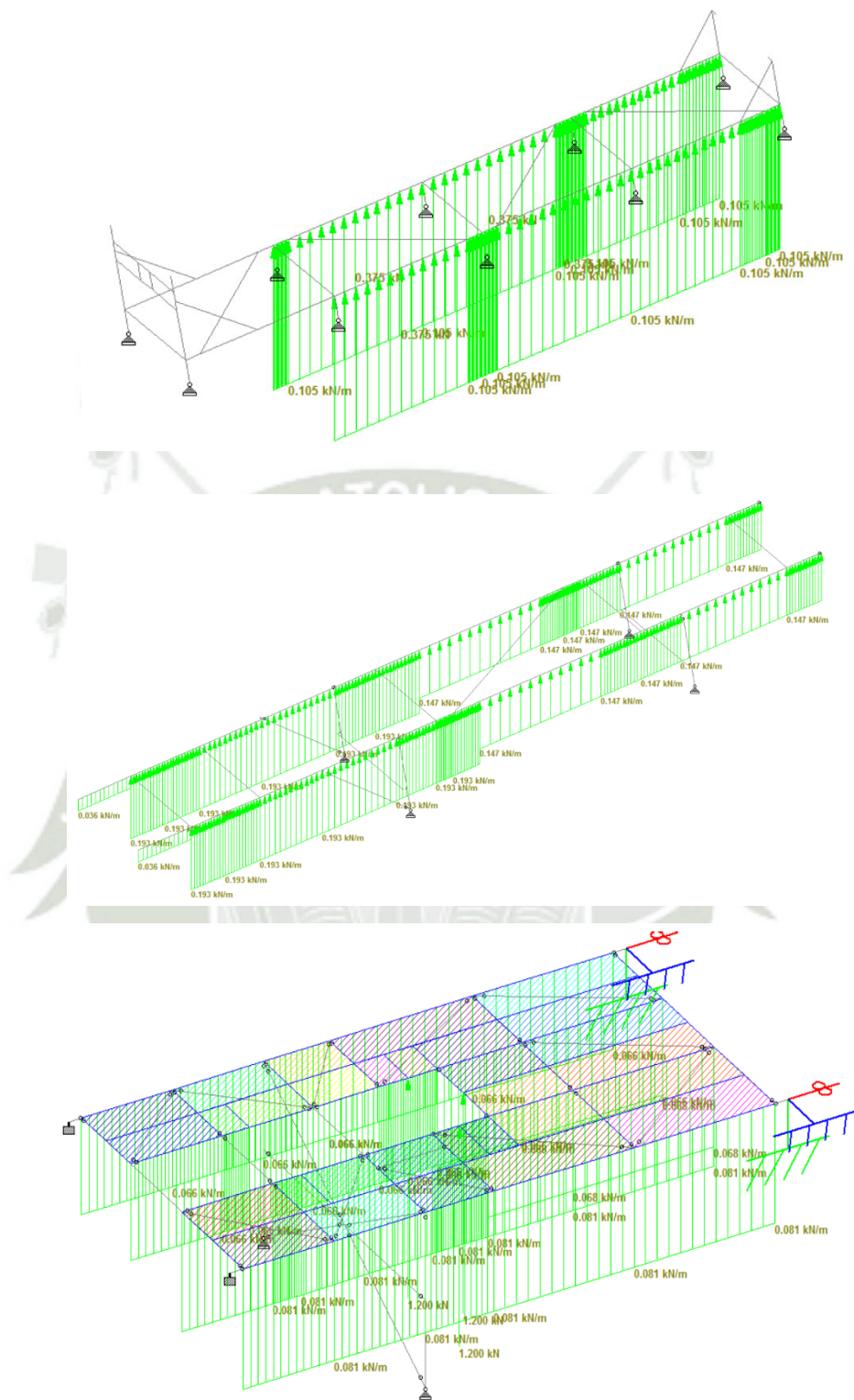
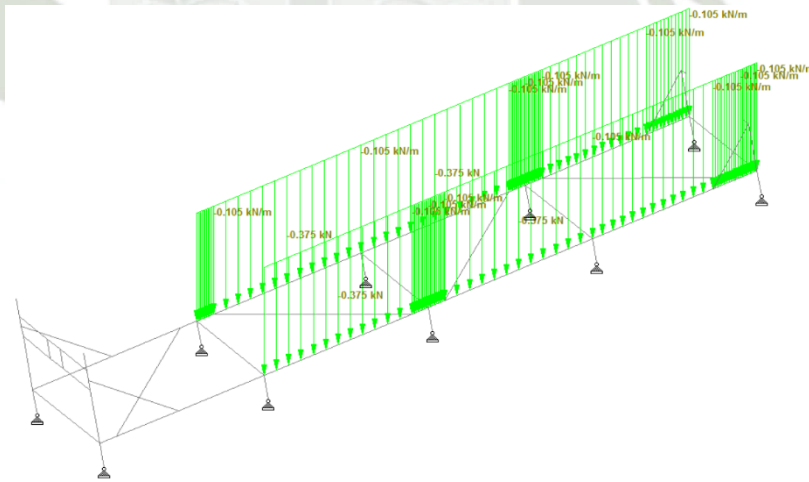
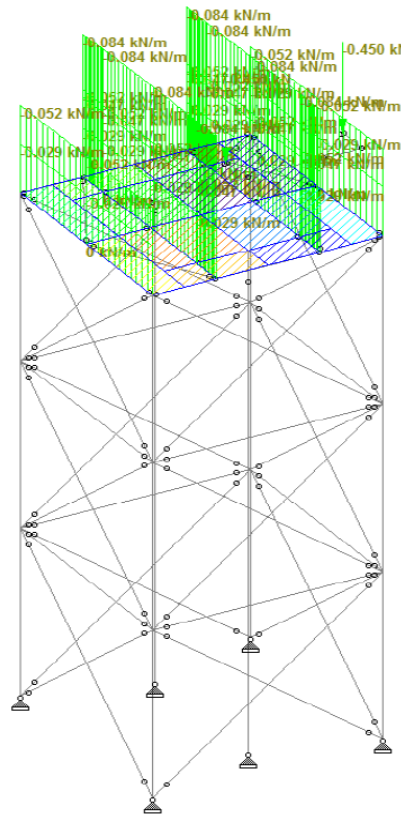


Figura N°95. Carga Tipo 14 (E+Y) Aplicada a la estructura

Fuente: Proyecto de investigación

4.2.3.10. Carga Tipo 15

Carga Sísmica E(-Y) aplicada a la torre de contrapeso, el carro tensor, bastidor y a la plataforma de descarga.



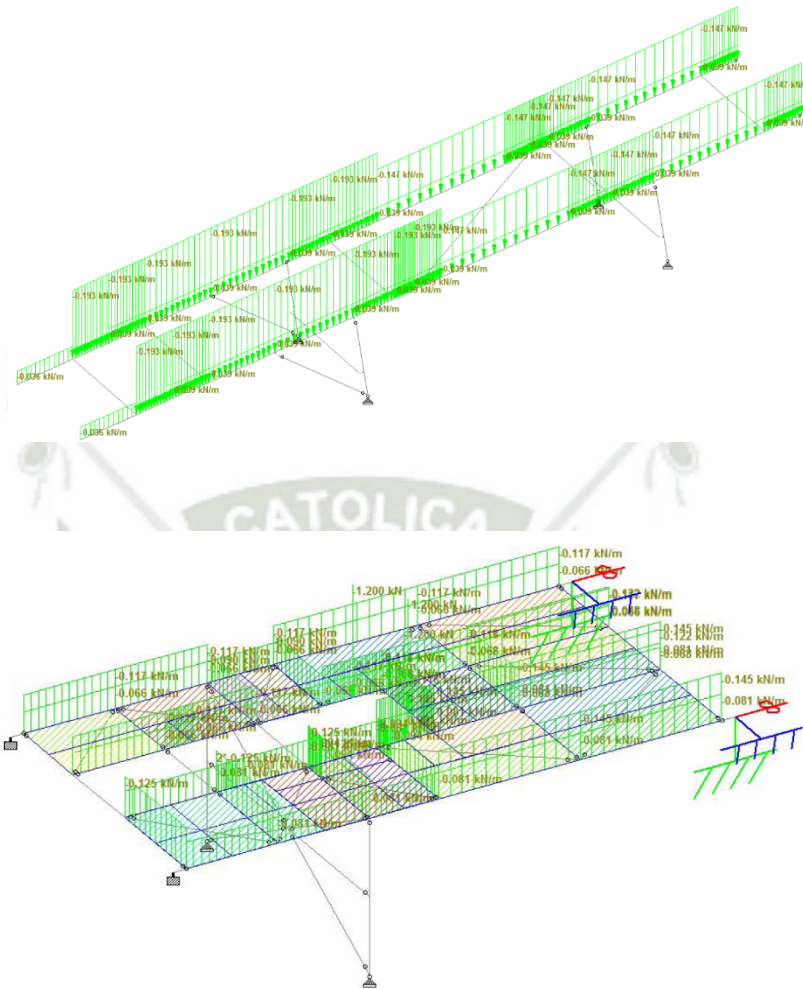


Figura N°96. Carga Tipo 15 (E-Y) Aplicada a la estructura

Fuente: Proyecto de investigación

4.2.3.11. Carga Tipo 16

Carga Sísmica E(+Z) aplicada a la torre de contrapeso, el carro tensor, bastidor y a la plataforma de descarga.

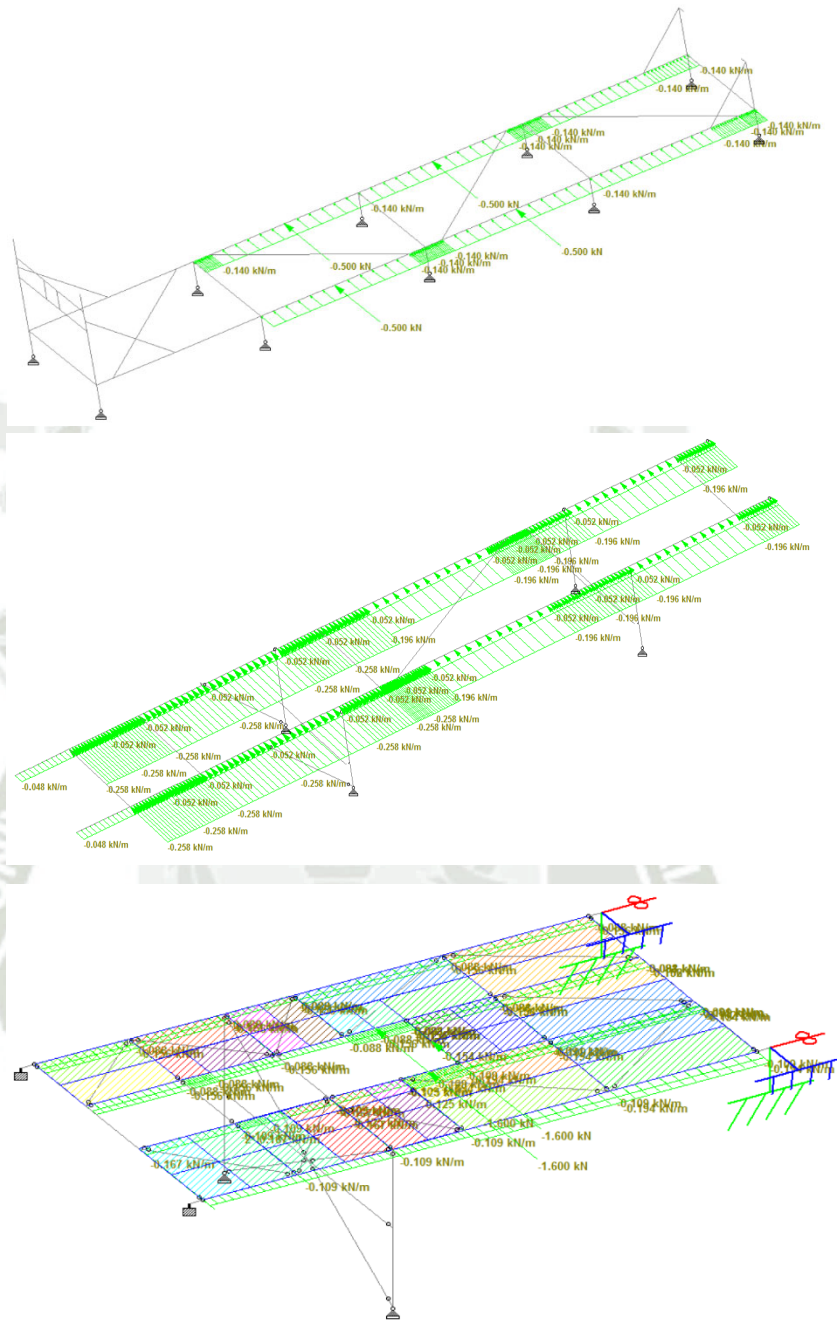


Figura N°98. Carga Tipo 17 (E+Z) Aplicada a la estructura

Fuente: Proyecto de investigación

4.2.3.13. Carga Tipo 18

Carga por chute atorado (PC) aplicada al bastidor en la zona de los rodillos de impacto y a la plataforma de descarga.

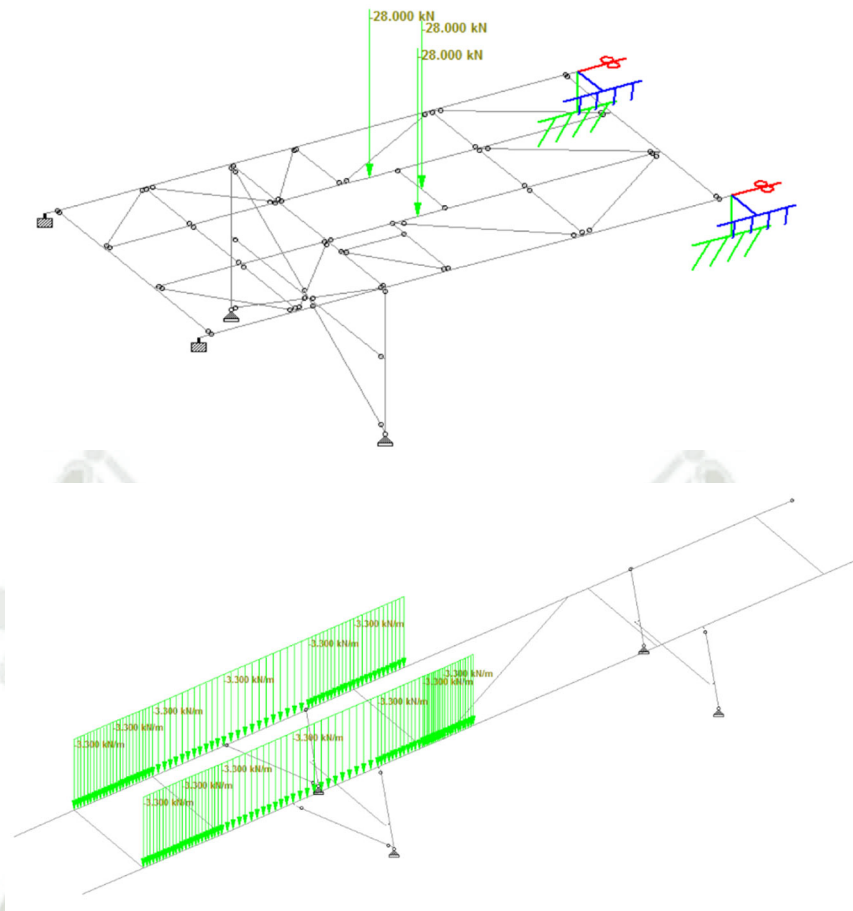
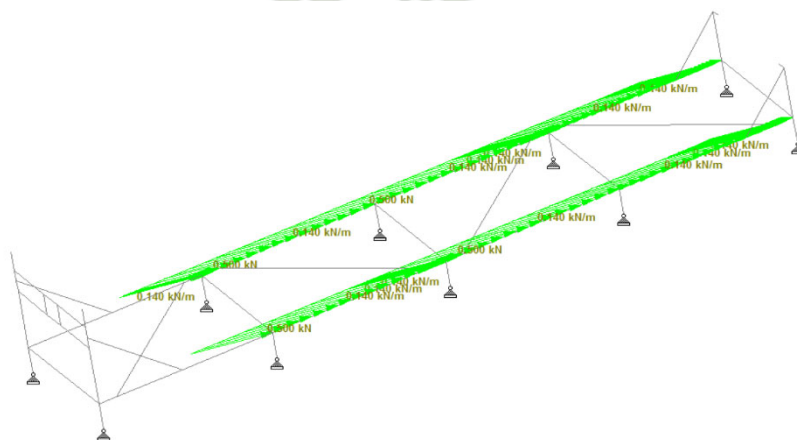


Figura N°99. Carga Tipo 18 (PC) Aplicada a la estructura

Fuente: Proyecto de investigación

4.2.3.14. Carga Tipo 20

Carga Sísmica E(+X) solo con el peso muerto aplicada a la torre de contrapeso, el carro tensor, bastidor y a la plataforma de descarga.



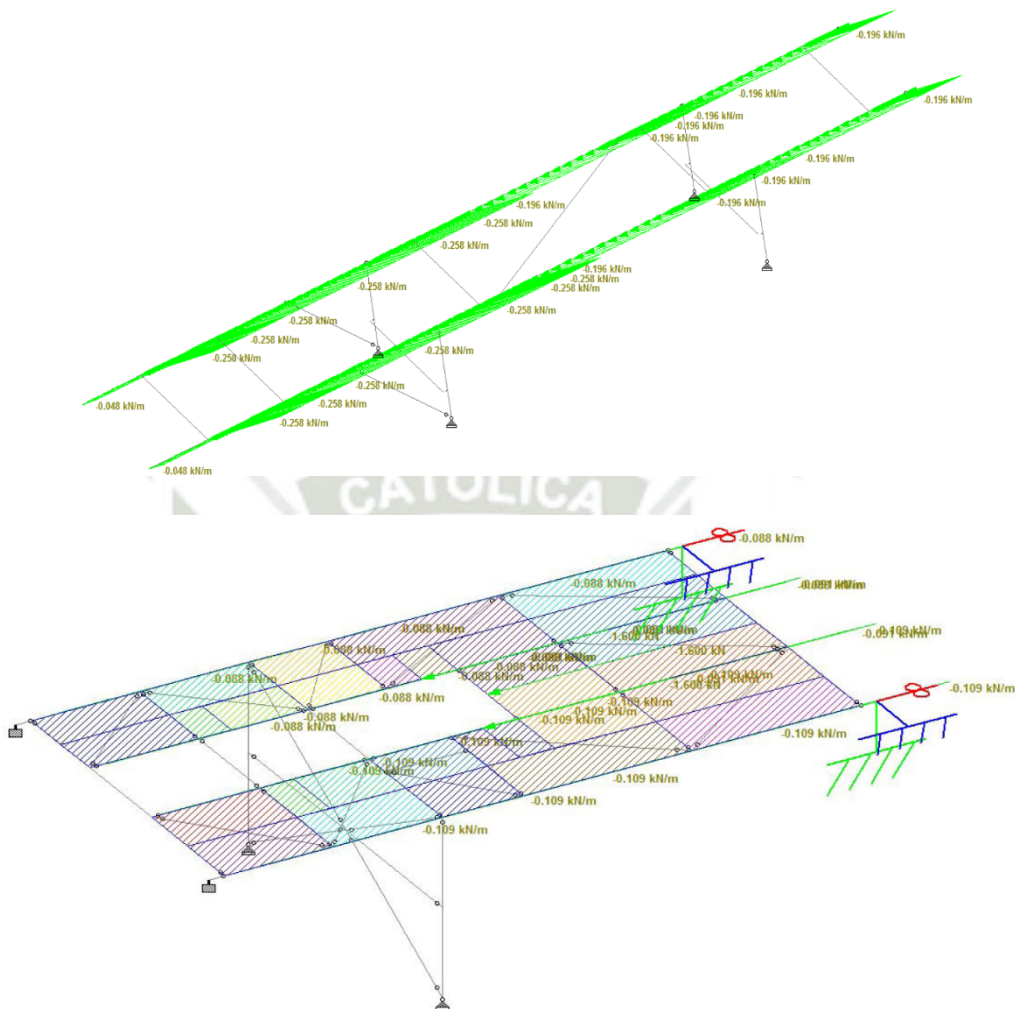


Figura N°101. Carga Tipo 21 (E-X solo peso muerto) Aplicada a la estructura

Fuente: Proyecto de investigación

4.2.3.16. Carga Tipo 22

Carga Sísmica E(+Y) solo con el peso muerto aplicada a la torre de contrapeso, el carro tensor, bastidor y a la plataforma de descarga.

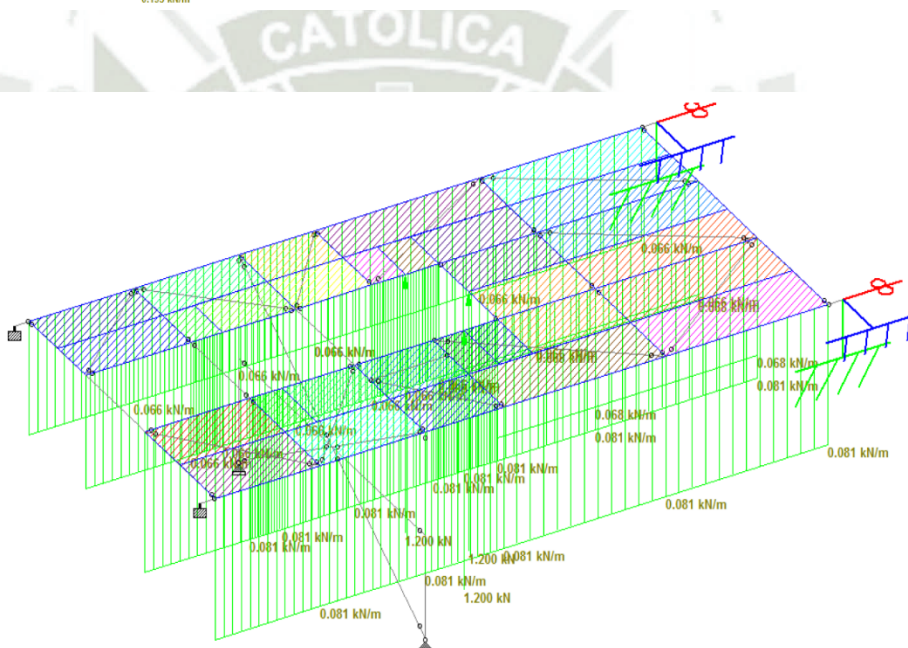
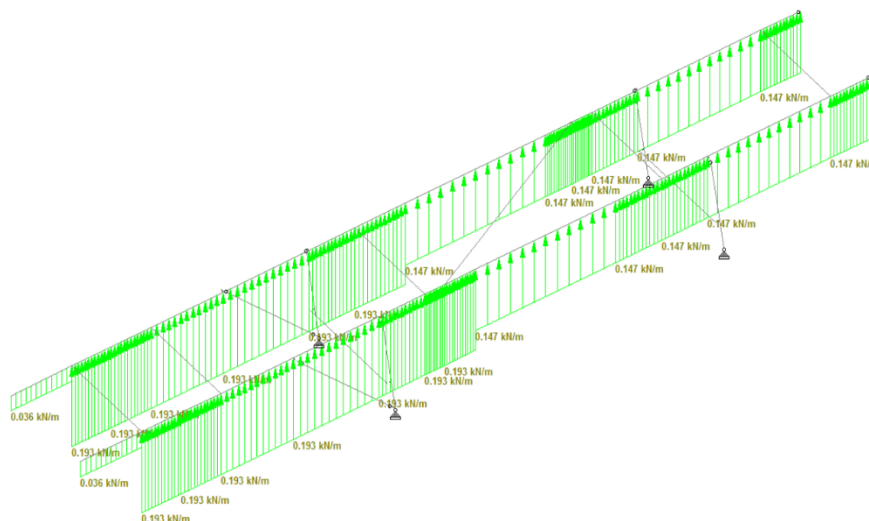
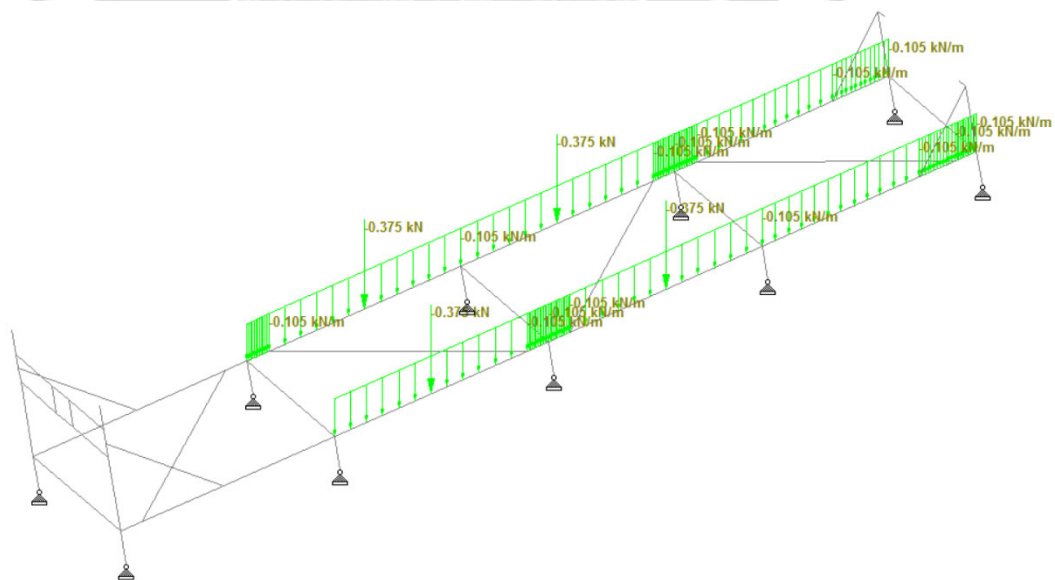
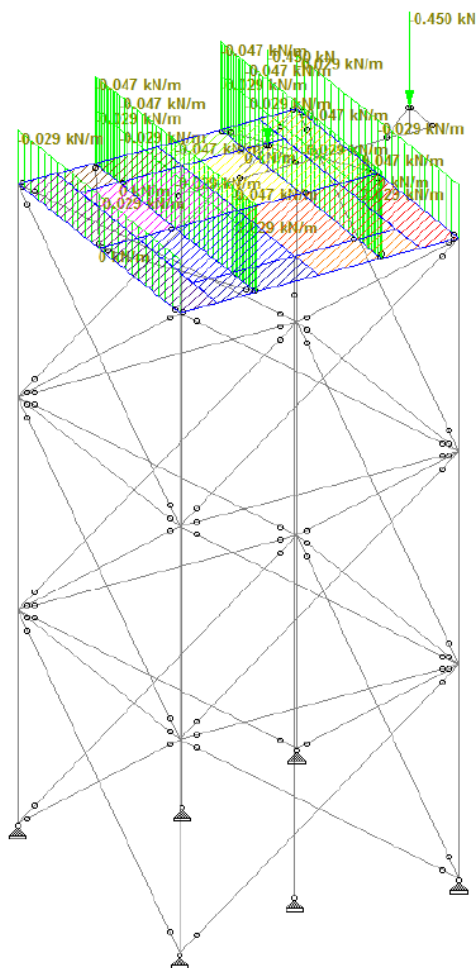


Figura N°102. Carga Tipo 22 (E+Y solo peso muerto) Aplicada a la estructura

Fuente: Proyecto de investigación

4.2.3.17. Carga Tipo 23

Carga Sísmica E(-Y) solo con el peso muerto aplicada a la torre de contrapeso, el carro tensor, bastidor y a la plataforma de descarga



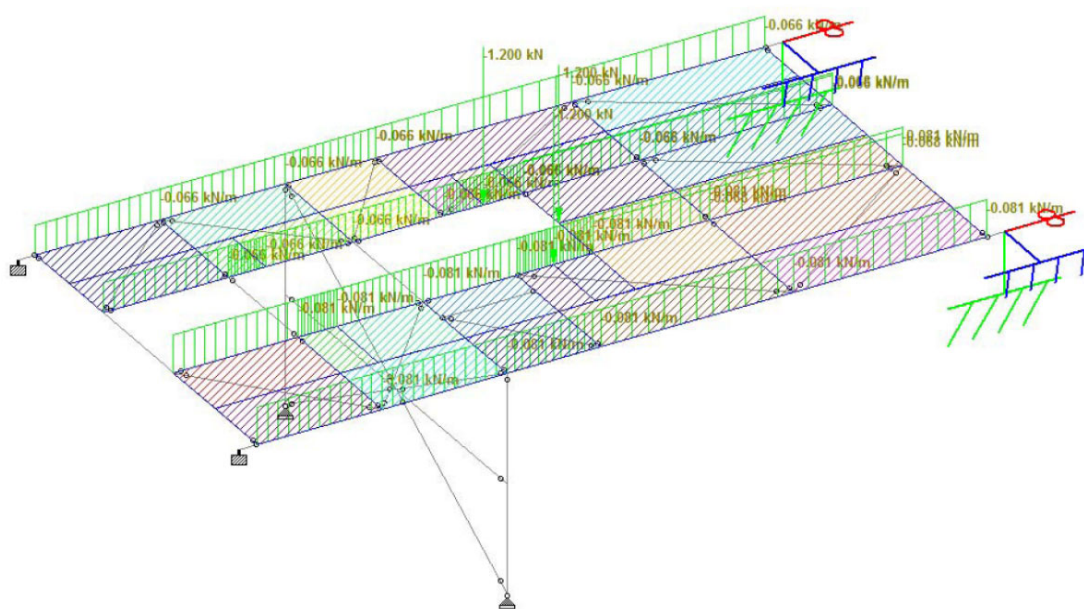
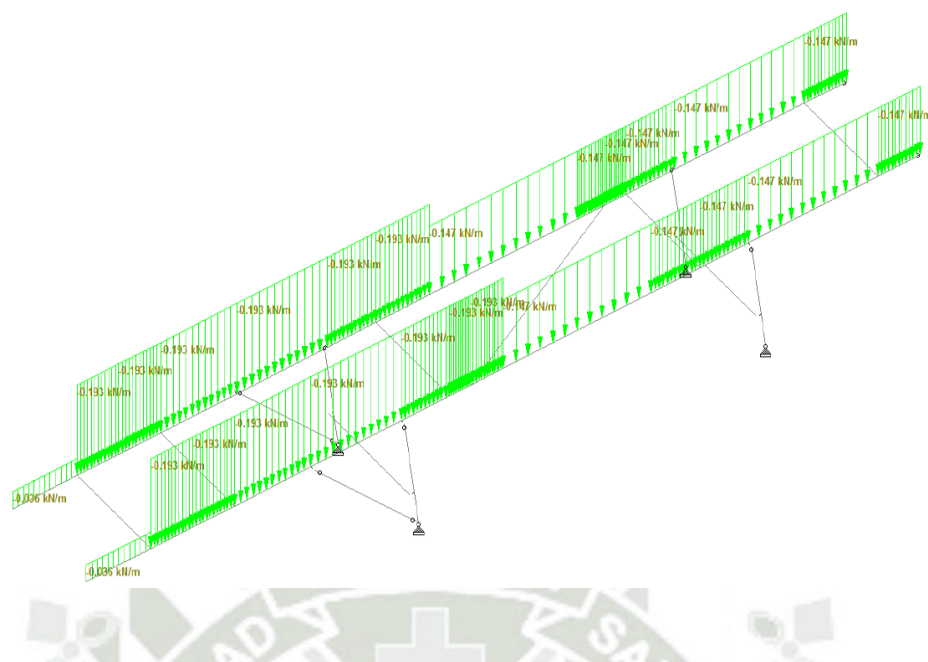
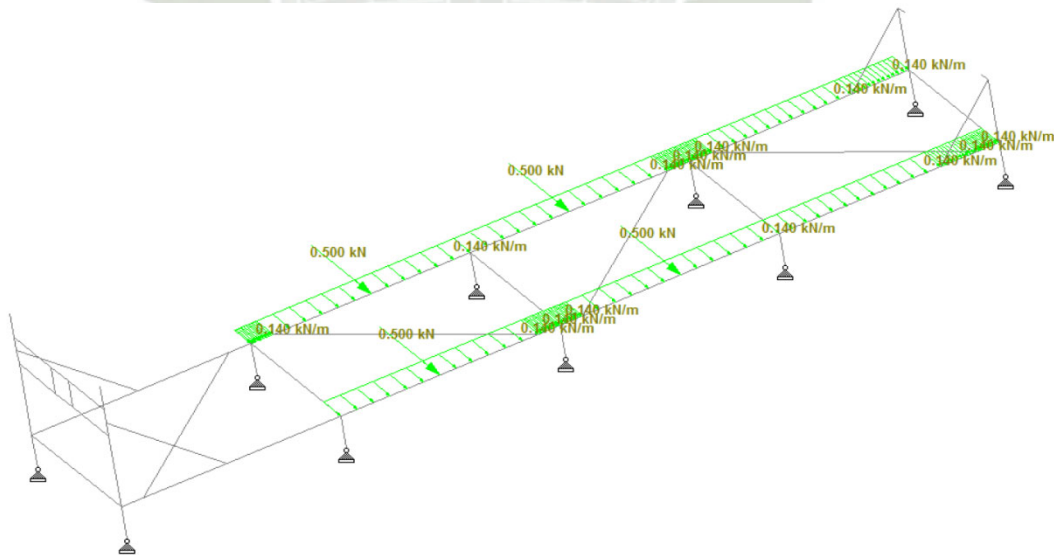
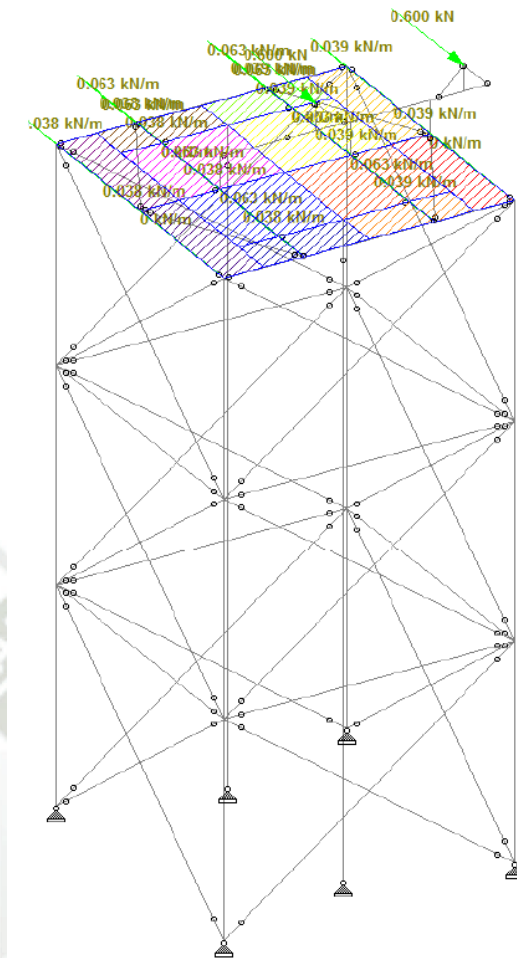


Figura N°103. Carga Tipo 23 (E-Y solo peso muerto) Aplicada a la estructura

Fuente: Proyecto de investigación

4.2.3.18. Carga Tipo 24

Carga Sísmica E(+Z) solo con el peso muerto aplicada a la torre de contrapeso, el carro tensor, bastidor y a la plataforma de descarg



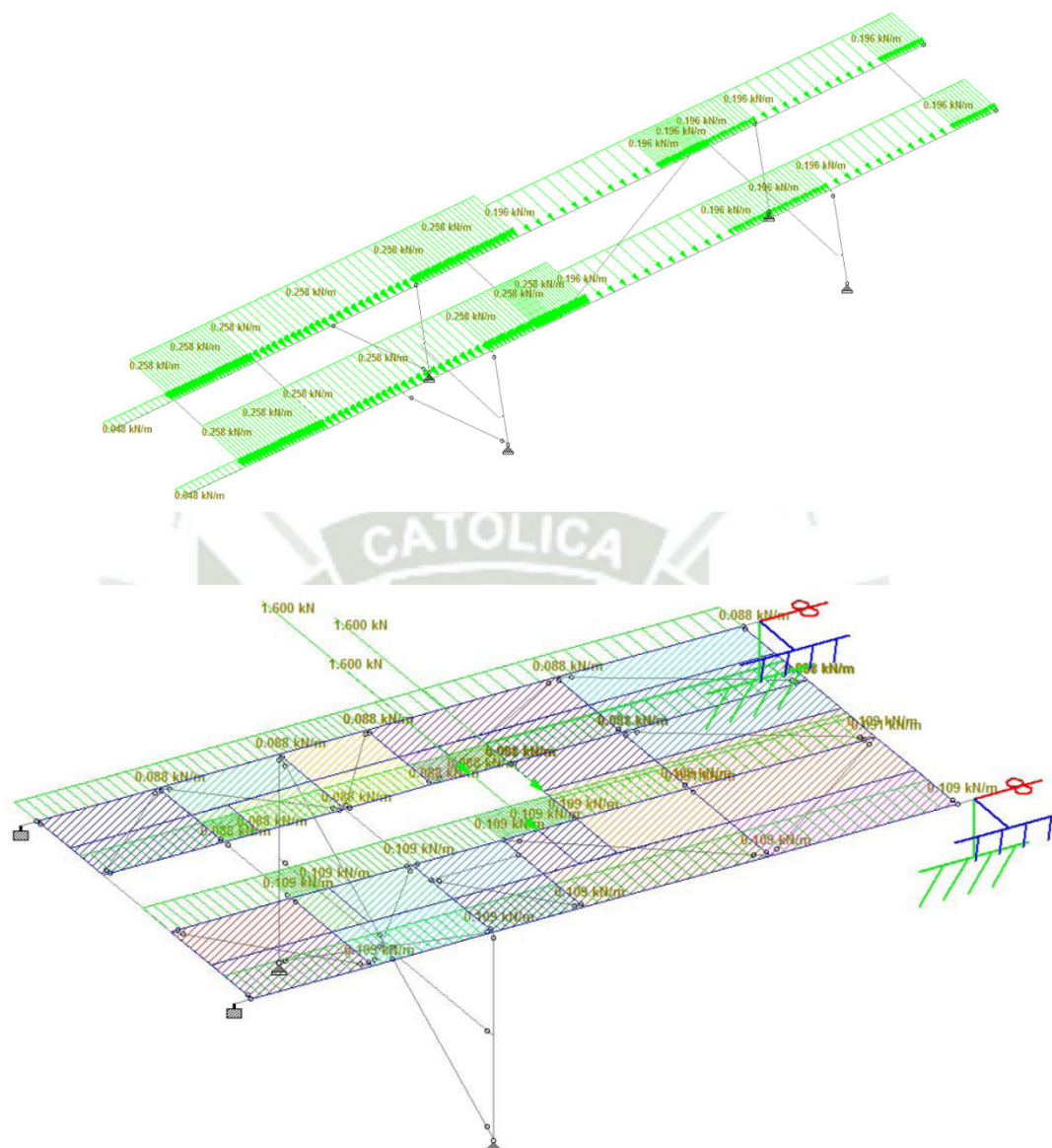
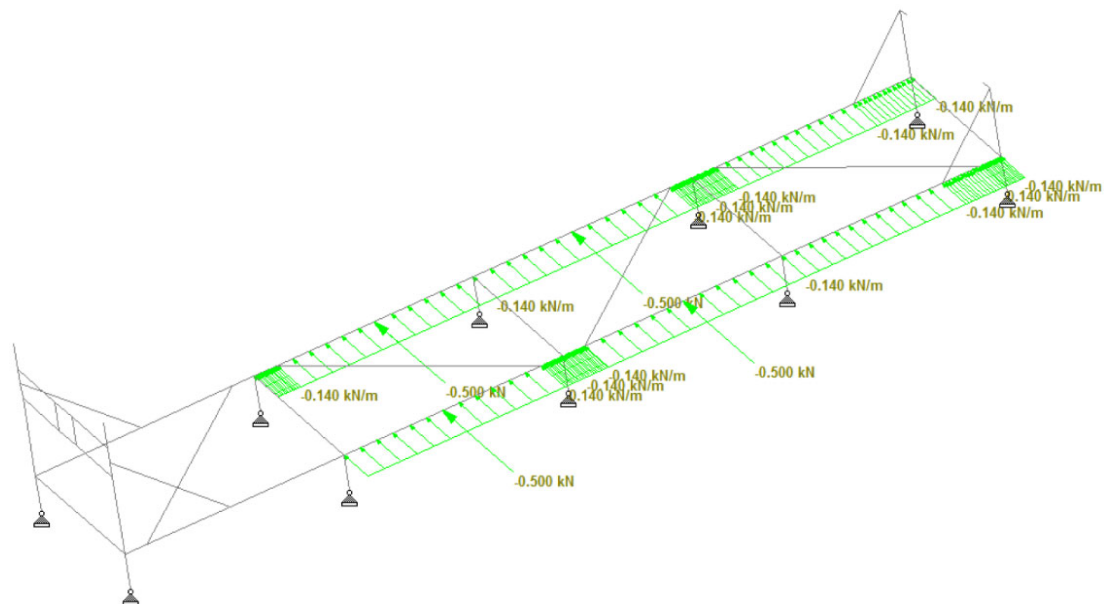
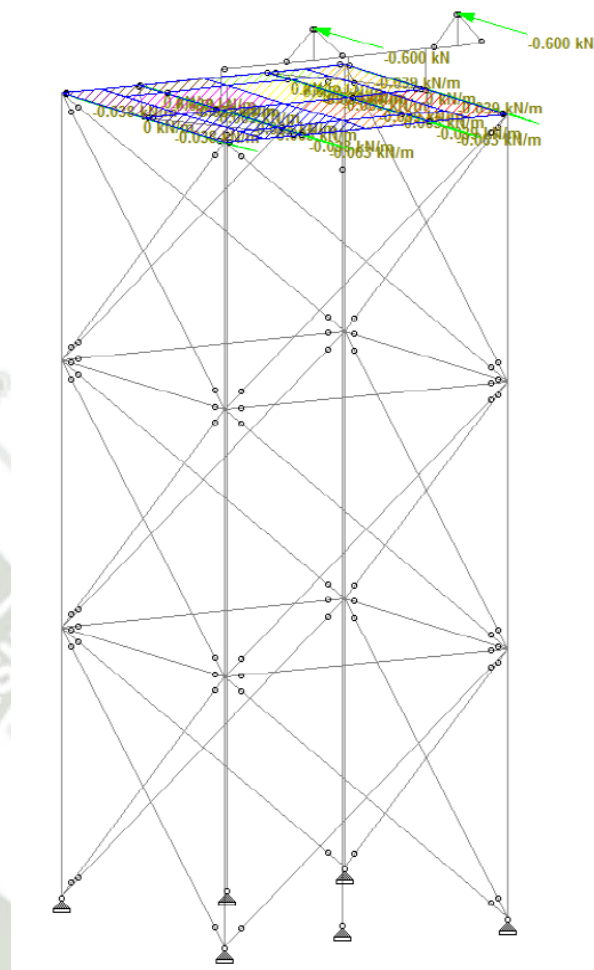


Figura N°104. Carga Tipo 24 (E+Z solo peso muerto) Aplicada a la estructura

Fuente: Proyecto de investigación

4.2.3.19. Carga Tipo 25

Carga Sísmica E(-Z) solo con el peso muerto aplicada a la torre de contrapeso, el carro tensor, bastidor y a la plataforma de descarga.



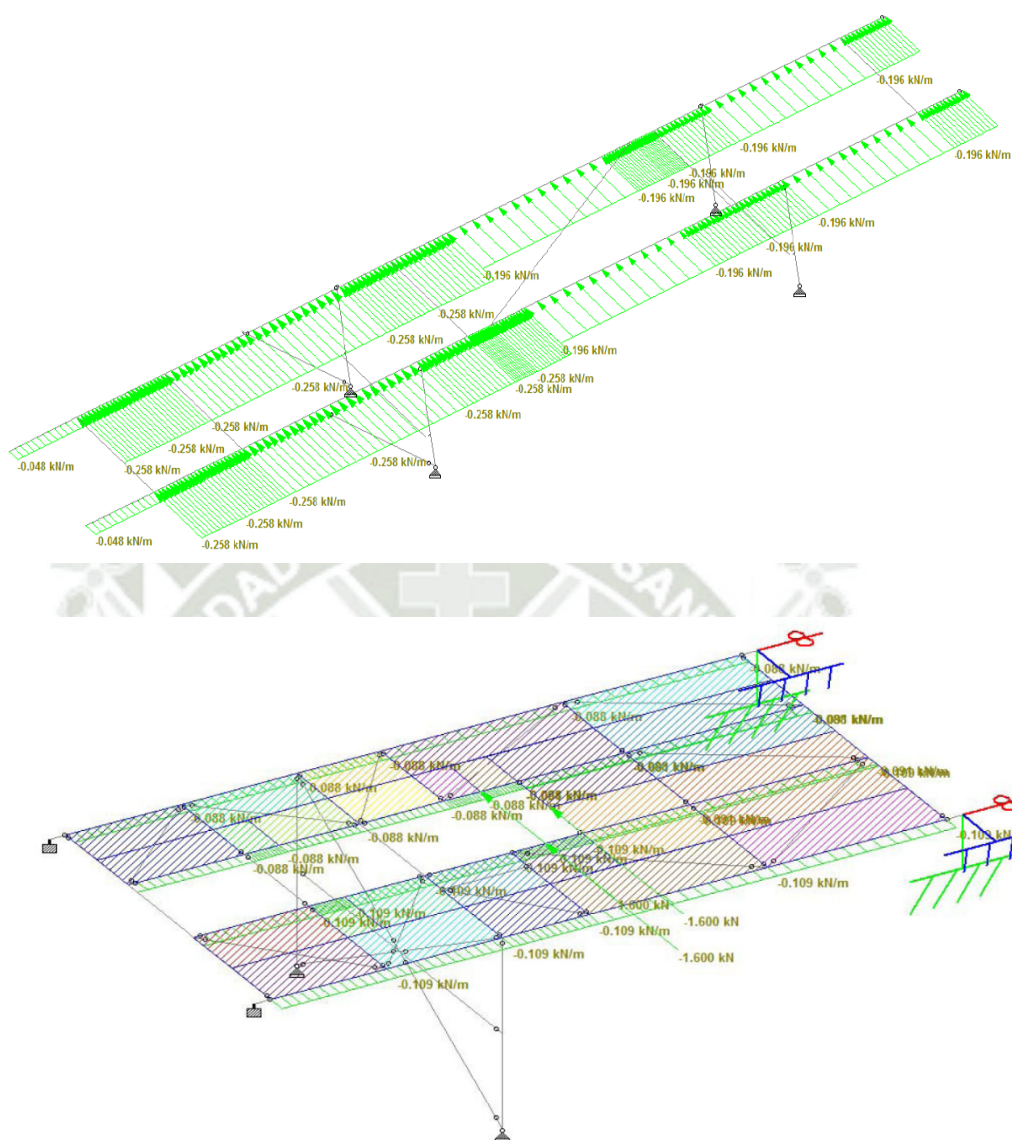


Figura N°105. Carga Tipo 25 (E-Z solo peso muerto) Aplicada a la estructura

Fuente: Proyecto de investigación

4.2.3.20. Carga Tipo 26

Carga por Anti-retorno activado (BE) aplicada a la torre de contrapeso y a la polea motriz.

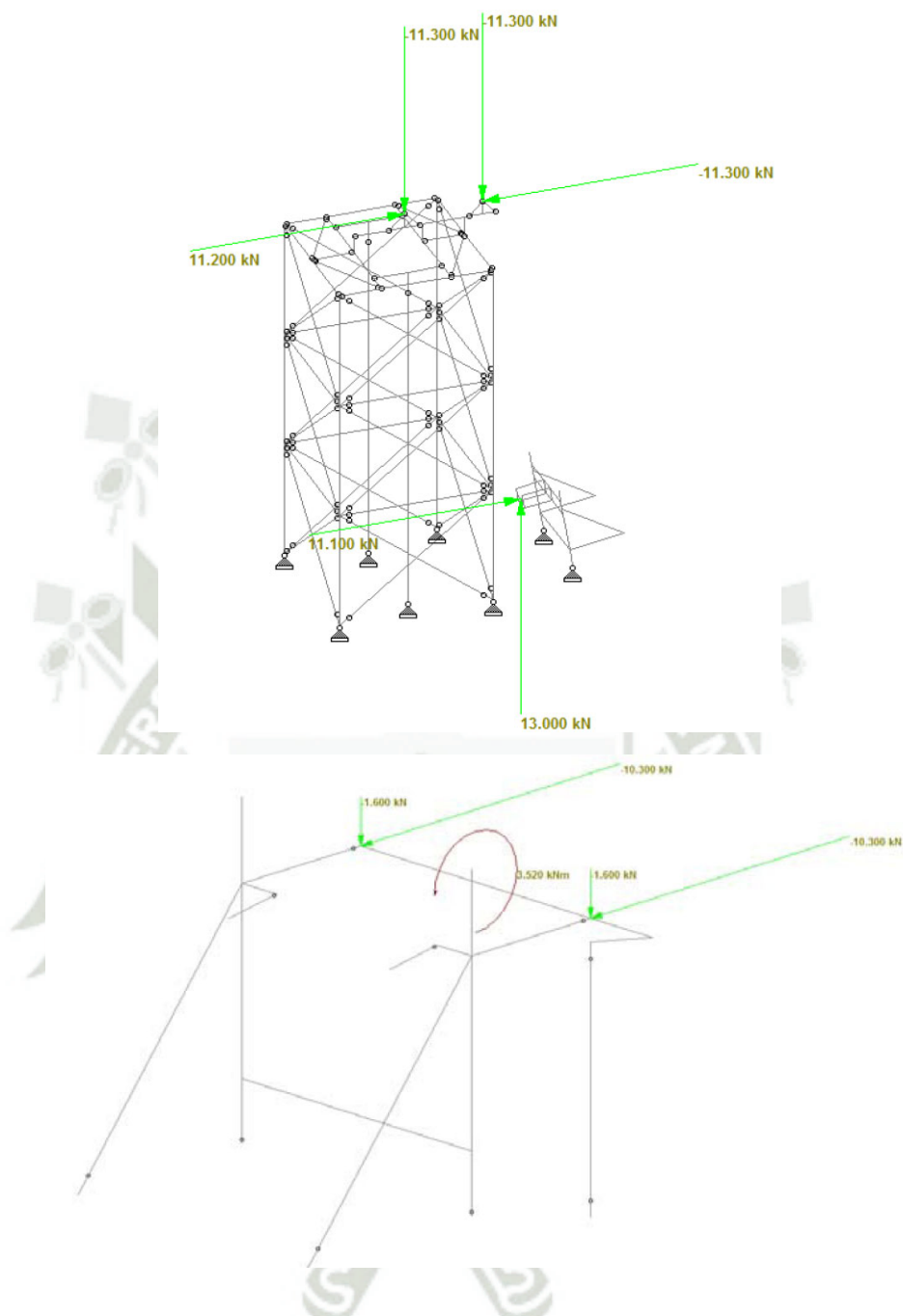


Figura N°106. Carga Tipo 26 (BE) Aplicada a la estructura

Fuente: Proyecto de investigación

4.2.4. Combinaciones de Cargas Aplicadas a la Estructura

Una vez identificadas las cargas aplicadas a las estructuras en el punto anterior, se dispone a aplicar las combinaciones de carga de acuerdo al Método de Diseño por Tensiones Admisibles (Allowable Stress Design, ASD), las cuales se muestran en el **apéndice. y del modelo estructural del software STAAD.**

4.2.5. Análisis de resultados

4.2.5.1. Revisión de deflexiones

Áreas consideradas a chequeo de deflexión

- Torre de contrapeso
- Bastidor – Área de atoro de chute
- Plataforma de descarga

4.2.5.1.1. Revisión de deflexiones en Torre de Contrapeso

Altura de la torre de contrapeso: $H = 4.95\text{m}$

Nodos considerados en la parte superior de la torre: 1006, 1010, 1046 & 1041

Deformación horizontal permitida en eje X&Z = H (altura de la torre)/300

Deformación horizontal permitida en eje X&Z = $H/300 = 16.5\text{ mm}$

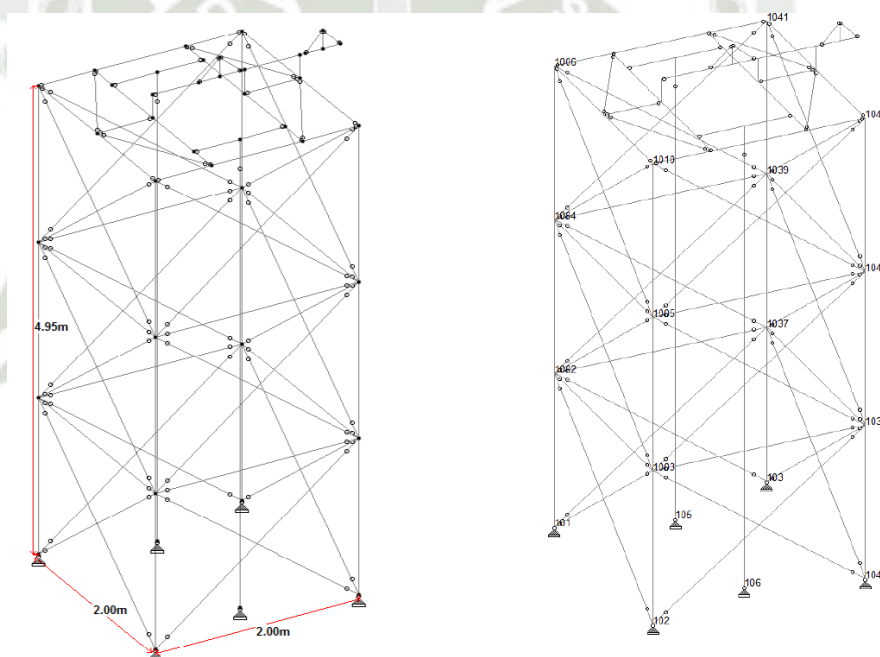


Figura N°107. Miembros y nodos con deflexión en torre de contrapeso

Fuente: Proyecto de investigación

Tabla N°46. Revisión de desplazamiento de nodos en torre de contrapeso

	Nodo	#Combinación	Combinación de Cargas	Hor	Vert	Horiz	Resultante
				X mm	Y mm	Z mm	mm
Max X	1046	152	DL+0.75LL+0.75ML+0.75SP+0.75(0.7E(+X)+0.7E(-Y))+0.75LR+0.75BTO	0.165	-0.135	0.001	0.213
Min X	1010	115	DL+0.7E(-X)+0.7E(+Y)	-0.107	-0.045	0	0.116
Max Y	1006	135	0.6DL+0.7E(+X)+0.7E(Y)	0.097	-0.001	0	0.097
Min Y	1046	143	DL+LL+ML+SP+T+BTO	0.086	-0.139	0.001	0.164
Max Z	1046	114	DL+0.7E(+Z)+0.7E(-Y)	0.022	-0.072	0.133	0.153
Min Z	1041	163	0.6DL+0.75BTM+0.75PC	0.06	-0.096	-0.143	0.183
Max rX	1041	114	DL+0.7E(+Z)+0.7E(-Y)	0.024	-0.031	0.133	0.138
Min rX	1046	163	0.6DL+0.75BTM+0.75PC	0.062	-0.052	-0.142	0.163
Max rY	1010	154	DL+0.75LL+0.75ML+0.75SP+0.75(0.7E(+Z)+0.7E(-Y))+0.75LR+0.75BTO	0.068	-0.076	0.089	0.135
Min rY	1006	163	0.6DL+0.75BTM+0.75PC	0.058	-0.044	-0.126	0.146
Max rZ	1046	115	DL+0.7E(-X)+0.7E(+Y)	-0.106	-0.021	0	0.109
Min rZ	1010	152	DL+0.75LL+0.75ML+0.75SP+0.75(0.7E(+X)+0.7E(-Y))+0.75LR+0.75BTO	0.163	-0.048	0.001	0.17
Max Rst	1046	152	DL+0.75LL+0.75ML+0.75SP+0.75(0.7E(+X)+0.7E(-Y))+0.75LR+0.75BTO	0.165	-0.135	0.001	0.213

Fuente: Proyecto de investigación

De acuerdo a la tabla 43, la máxima deflexión horizontal = 0.165 mm < Permitido Ok

4.2.5.1.2. Revisión de deflexiones en bastidor en el área de atoro de chute de chute

Vano entre apoyos del bastidor en área de atoro de chute: $L = 2.26 \text{ m}$

Nodos considerados del bastidor en área de atoro de chute 1114, 1115, 1145 & 1146.

Se considera la carga muerta (DL) + Carga por chute atorado (PC) para la deflexión (Combinación de carga #159), Deformación Permitida = $L/240$

Deformación permitida = 9.42 mm

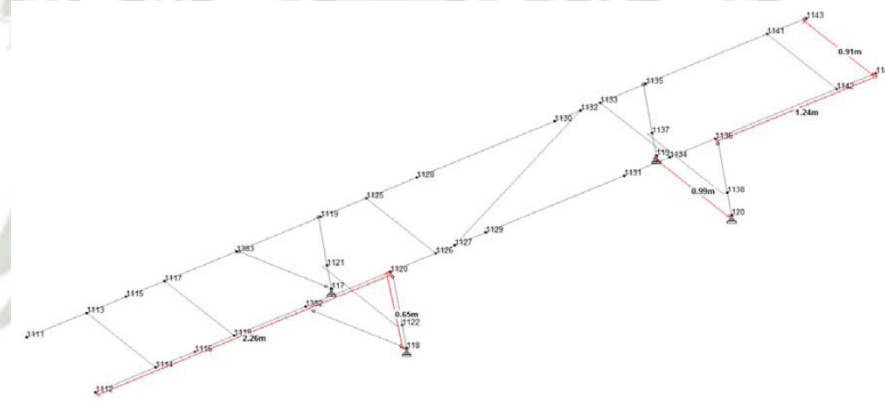


Figura N°108. Miembros y nodos con deflexión en bastidor zona de atoro de chute

Fuente: Proyecto de investigación

Tabla N°47. Revisión de desplazamiento de nodos en bastidor en zona de atoro de chute

	Nodo	#Combinación	Combinación de Cargas	Horizontal X mm	Vertical Y mm	Horizontal Z mm	Resultante mm
Max X	1112	159	DL+PC	-2.255	-3.587	-0.004	4.237
Min X	1119	159	DL+PC	-2.381	-2.797	0.023	3.674
Max Y	1119	159	DL+PC	-2.381	-2.797	0.023	3.674
Min Y	1112	159	DL+PC	-2.255	-3.587	-0.004	4.237
Max Z	1119	159	DL+PC	-2.381	-2.797	0.023	3.674
Min Z	1120	159	DL+PC	-2.381	-2.801	-0.024	3.676
Max rX	1119	159	DL+PC	-2.381	-2.797	0.023	3.674
Min rX	1120	159	DL+PC	-2.381	-2.801	-0.024	3.676
Max rY	1119	159	DL+PC	-2.381	-2.797	0.023	3.674
Min rY	1120	159	DL+PC	-2.381	-2.801	-0.024	3.676
Max rZ	1120	159	DL+PC	-2.381	-2.801	-0.024	3.676
Min rZ	1112	159	DL+PC	-2.255	-3.587	-0.004	4.237
Max Rst	1112	159	DL+PC	-2.255	-3.587	-0.004	4.237

Fuente: Proyecto de investigación

Combinación 159, máximo desplazamiento en el nodo más alejado (1112) = 3.587 mm

Combinación 159, máximo desplazamiento en el nodo más cercano (1120) = 2.801 mm

< Permitido, OK.

4.2.5.1.3. Revisión de deflexiones en plataforma de descarga

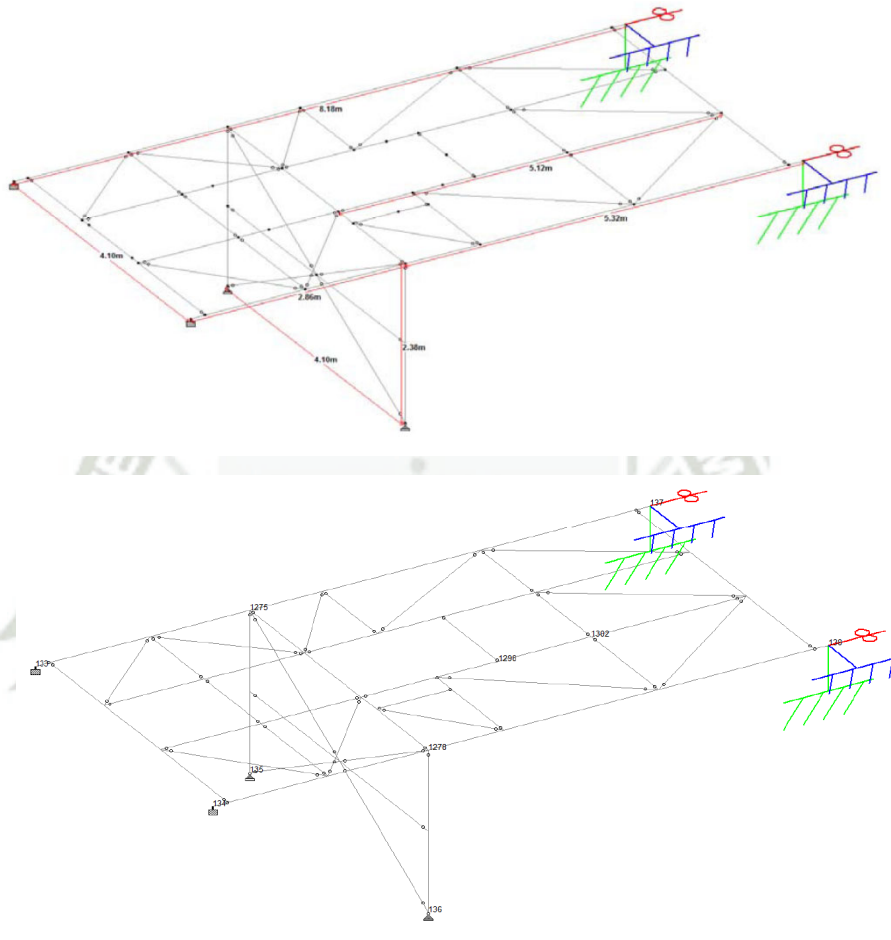


Figura N°109. Miembros y nodos con deflexión en plataforma de descarga

Fuente: Proyecto de investigación

Altura de la plataforma de descarga: $H = 2.38\text{m}$

Nodos considerados en la plataforma de descarga: 1275&1278

Deformación horizontal permitida en eje X&Z = H (altura de la torre)/300

Deformación horizontal permitida en eje X&Z = $H/300 = 7.93\text{ mm}$

Tabla N°48. Revisión de desplazamiento horizontal de nodos en torre de contrapeso

	Nodo	#Combinación	Combinación de Cargas	Horizontal X mm	Vertical Y mm	Horizontal Z mm	Resultante mm
Max X	1278	112	DL+0.7E(+X)+0.7E(-Y)	0.015	-0.119	0.006	0.12
Min X	1278	160	DL+BTM+PC	-0.021	-0.163	-0.015	0.166
Max Y	1275	137	0.6DL+0.7E(+Z)+0.7E(Y)	-0.004	-0.045	0.067	0.081
Min Y	1275	162	DL+0.75LL+0.75ML+0.75SP+0.75PC+0.75BE	-0.011	-0.27	-0.013	0.27
Max Z	1278	114	DL+0.7E(+Z)+0.7E(-Y)	0.005	-0.125	0.09	0.154
Min Z	1275	163	0.6DL+0.75BTM+0.75PC	-0.005	-0.063	-0.097	0.116
Max rX	1275	162	DL+0.75LL+0.75ML+0.75SP+0.75PC+0.75BE	-0.011	-0.27	-0.013	0.27
Min rX	1278	162	DL+0.75LL+0.75ML+0.75SP+0.75PC+0.75BE	-0.011	-0.262	0	0.262
Max rY	1278	118	DL+0.7E(-Z)+0.7E(-Y)	-0.005	-0.11	-0.081	0.137
Min rY	1278	113	DL+0.7E(+Z)+0.7E(+Y)	0.005	-0.101	0.089	0.135
Max rZ	1275	137	0.6DL+0.7E(+Z)+0.7E(Y)	-0.004	-0.045	0.067	0.081
Min rZ	1278	143	DL+LL+ML+SP+T+BTO	-0.013	-0.233	0	0.234
Max Rst	1275	162	DL+0.75LL+0.75ML+0.75SP+0.75PC+0.75BE	-0.011	-0.27	-0.013	0.27

Fuente: Proyecto de investigación

De acuerdo a la tabla 44, la máxima deflexión horizontal = 0.097 mm < Permitido Ok

Vano de la viga principal de la plataforma de acuerdo a la Figura = 5.12 m

Nodos considerados en la mitad del vano 1291, 1294, 1298 & 1302

Deflexión vertical permitida en eje Y = $L/300 = 17.1$ mm

Tabla N°49. Revisión de desplazamiento vertical de nodos en torre de contrapeso

	Nodo	#Combinación	Combinación de Cargas	Horizontal X mm	Vertical Y mm	Horizontal Z mm	Resultante mm
Max X	1298	112	DL+0.7E(+X)+0.7E(-Y)	0.049	-4.549	0.004	4.549
Min X	1298	160	DL+BTM+PC	-0.1	-10.35	0.003	10.35
Max Y	1302	139	0.6DL+0.7E(-X)+0.7E(Y)	-0.031	-1.729	-0.003	1.729
Min Y	1298	161	DL+0.75LL+0.75ML+0.75SP+0.75PC+0.75BTM	-0.073	-12.313	0.003	12.313
Max Z	1298	113	DL+0.7E(+Z)+0.7E(+Y)	0.02	-3.596	0.157	3.6
Min Z	1298	163	0.6DL+0.75BTM+0.75PC	-0.06	-2.353	-0.167	2.36
Max rX	1302	137	0.6DL+0.7E(+Z)+0.7E(Y)	0.013	-1.779	0.072	1.78
Min rX	1298	162	DL+0.75LL+0.75ML+0.75SP+0.75PC+0.75BE	-0.046	-12.264	0.002	12.264
Max rY	1302	113	DL+0.7E(+Z)+0.7E(+Y)	0.018	-3.201	0.098	3.202
Min rY	1302	163	0.6DL+0.75BTM+0.75PC	-0.057	-2.143	-0.106	2.147
Max rZ	1302	162	DL+0.75LL+0.75ML+0.75SP+0.75PC+0.75BE	-0.045	-11.485	-0.002	11.485
Min rZ	1298	161	DL+0.75LL+0.75ML+0.75SP+0.75PC+0.75BTM	-0.073	-12.313	0.003	12.313
Max Rst	1298	161	DL+0.75LL+0.75ML+0.75SP+0.75PC+0.75BTM	-0.073	-12.313	0.003	12.313

Fuente: Proyecto de investigación

Máxima deflexión vertical de la tabla 46, = 12.313 mm < Permitido, OK

4.2.5.2. Revisión de ratios de utilización

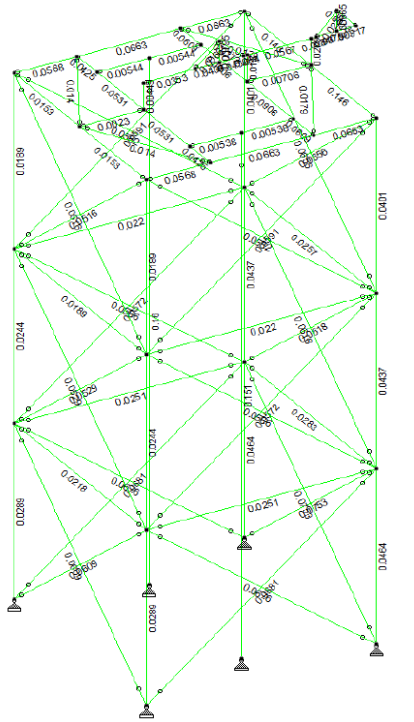


Figura N°110. Ratio de utilización estructural en torre de contrapeso

Fuente: Proyecto de investigación

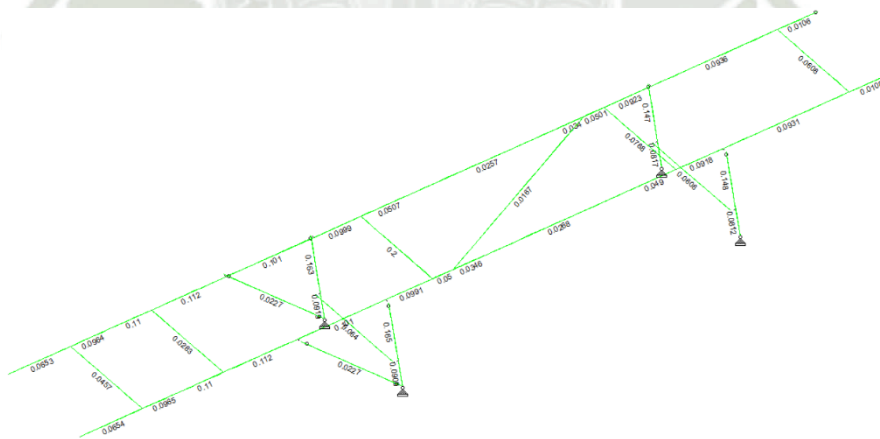


Figura N°111. Ratio de utilización estructural de bastidor en zona de atoro de chute

Fuente: Proyecto de investigación

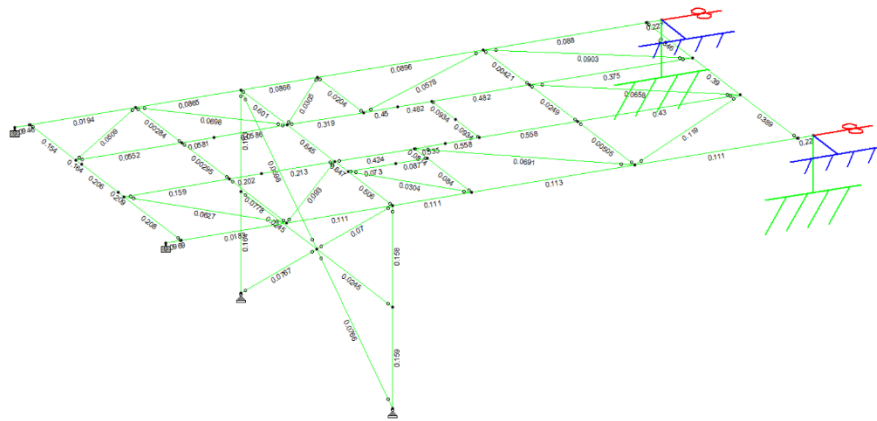


Figura N°112. Ratio de utilización estructural en plataforma de descarga

Fuente: Proyecto de investigación



CONCLUSIONES

1. Se diseñó un sistema de transporte por fajas transportadoras para la recepción, transferencia y almacenamiento de concentrado de cobre con una capacidad nominal de 350 TPH en una longitud de trabajo de 33.4 metros entre poleas.
2. Se aplicó el modelo CEMA en su 5ta versión para diseñar todos los equipos y componentes de cada faja transportadora.
3. Se seleccionaron los equipos requeridos en base a los resultados de los cálculos realizados para cada tramo de faja como son estaciones de rodillos, potencia del motor, poleas y la banda los cuales se detallan en el capítulo 3.2.
Se realizó la selección un sistema de captación de polvos será por vía seca y constará de inyectores de aire con una capacidad de 3650 CFM así como colectores de polvo en cada punto de transferencia con una capacidad de 2250 CFM según la norma ACGIH detallado en el capítulo 3.3.
El sistema seleccionado para el muestreo de mineral será del tipo barrido, contara con un sistema de muestreo primario y un sistema de muestreo secundario y un colector de muestras rotatorio que almacenará las muestras hasta que el personal de operaciones los retire y lleve al laboratorio. Este sistema será instalado en las fajas CB-1001 y CB-1005 detallado en el capítulo 3.4.
Se selecciona un detector de metales para protección del sistema, el cual será del tipo de bobinas eléctricas y tendrá una precisión de 3cm a instalar en las fajas CB-1001 y CB-1005 detallado en el capítulo 3.5.
Se seleccionó la balanza de mineral que será del tipo de puentes de celdas de pesaje en base a la norma OIML y que se instalará en las fajas CB-1002 y CB-1006 detallado el capítulo 3.6.
4. Se diseño la estructura de soporte de la faja transportadora más crítica del sistema mediante el Método de Diseño por Tensiones Admisibles ASD (Allowable Stress Design), detallado en el capítulo 4. Se verificó las máximas deformaciones utilizando los factores de seguridad de acuerdo al modelo.
5. Mediante un análisis de las condiciones del sitio se propuso un sistema de protección superficial el cual cumple con el requisito de preparación de pintura de acuerdo a la norma SSPC y la aplicación de sistemas especiales para evitar la corrosión en una instalación portuaria de acuerdo a la norma NACE, esto se hizo

considerando sistemas distintos de acuerdo al nivel de exposición al ambiente salino, detallado en el capítulo 3.8.

6. Se propuso elementos anti desgaste para las tolvas de transferencia el material UHMW Tivar 88 debido a su alta resistencia a la abrasión y que al ser un polímero no permite la corrosión, este será instalado en los chutes de transferencia y es detallado en el capítulo 3.9.

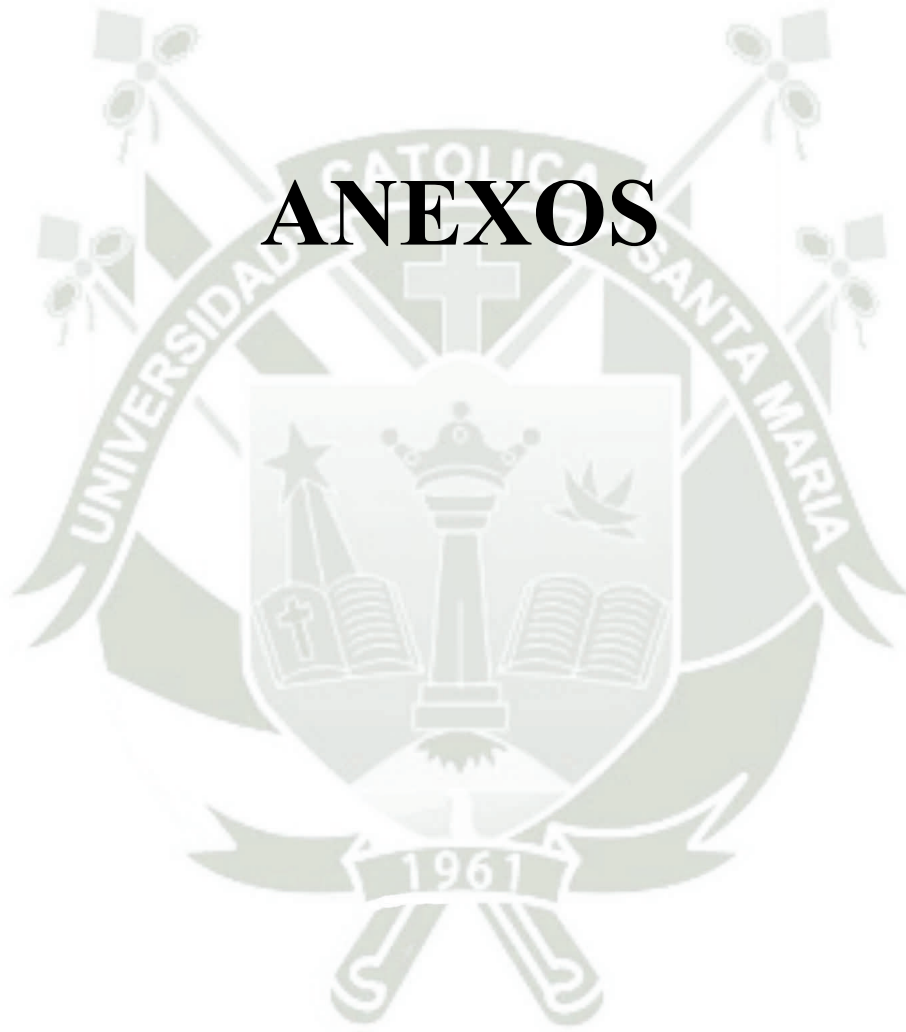
RECOMENDACIONES

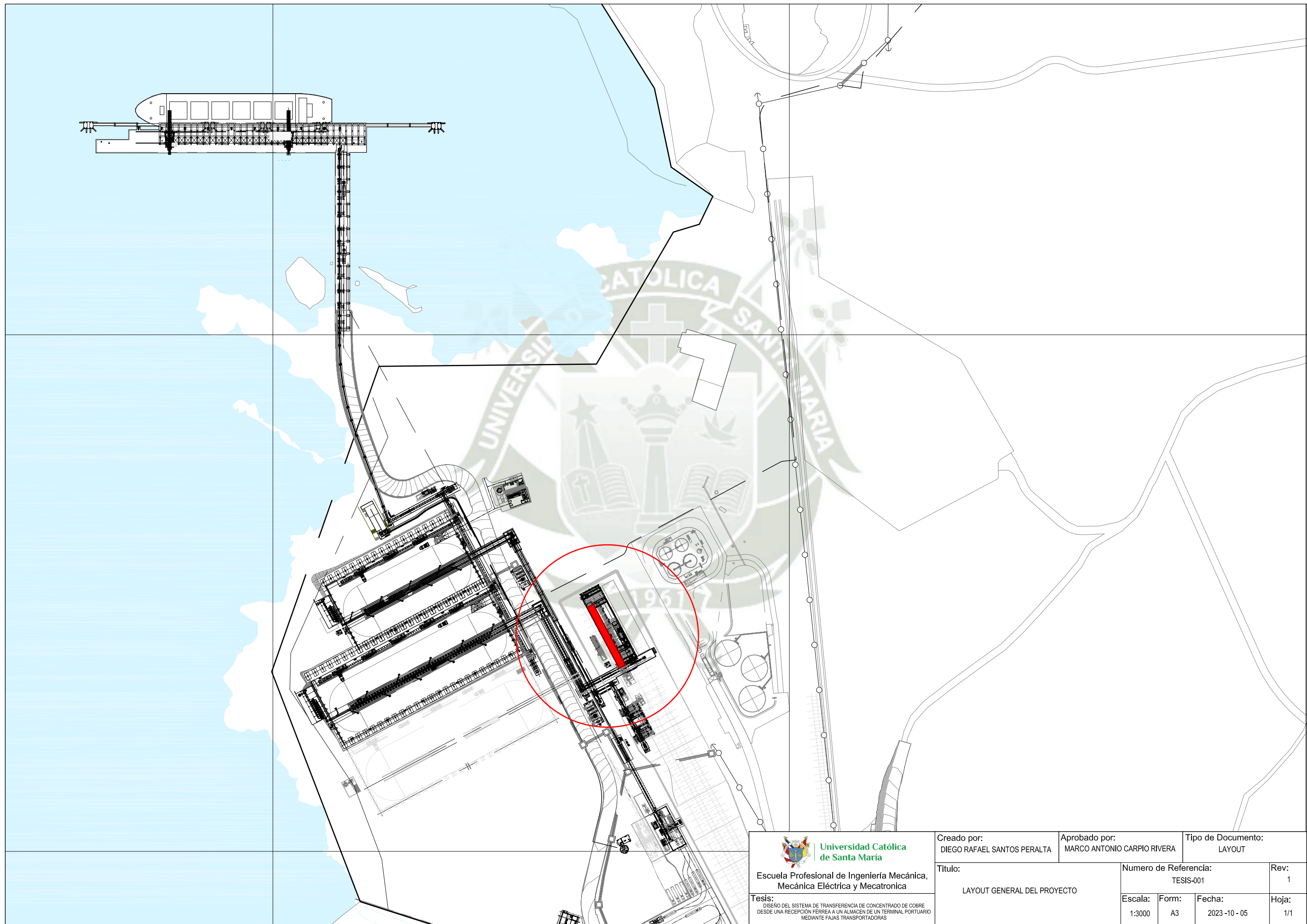
1. Se recomienda actualizar el sistema de recepción mediante los nuevos sistemas contenedores de mineral que son del tipo container y utilizan un rotainer para girarlos sobre los chutes de descarga. Esto disminuye el tiempo de descarga.
2. Se recomienda aumentar la capacidad de transporte a 500 TPH en un futuro sistema con un ancho de banda de 30pulgadas.
3. El sistema de muestreo de mineral debería considerarse alejado del detector de metales ya que la baliza que este detector de metales suelta puede ser atrapada por el cortador primario del sistema de muestreo.
4. Las estaciones de rodillos de la balanza de mineral deben ser provistos por el mismo proveedor de la balanza de mineral.
5. El alineamiento y nivelación de las rieles del tripper debe ser realizado bajo el estándar FEM con el fin de que la precisión de la nivelación y alineamiento sean exactos para no afectar el funcionamiento y la vida útil del tripper.
6. Debe considerarse puntos de izaje y winches de mantenimiento en cada punto de transferencia de mineral, esto con el fin de facilitar el mantenimiento y remoción de elementos y equipos pesados.


BIBLIOGRAFÍA

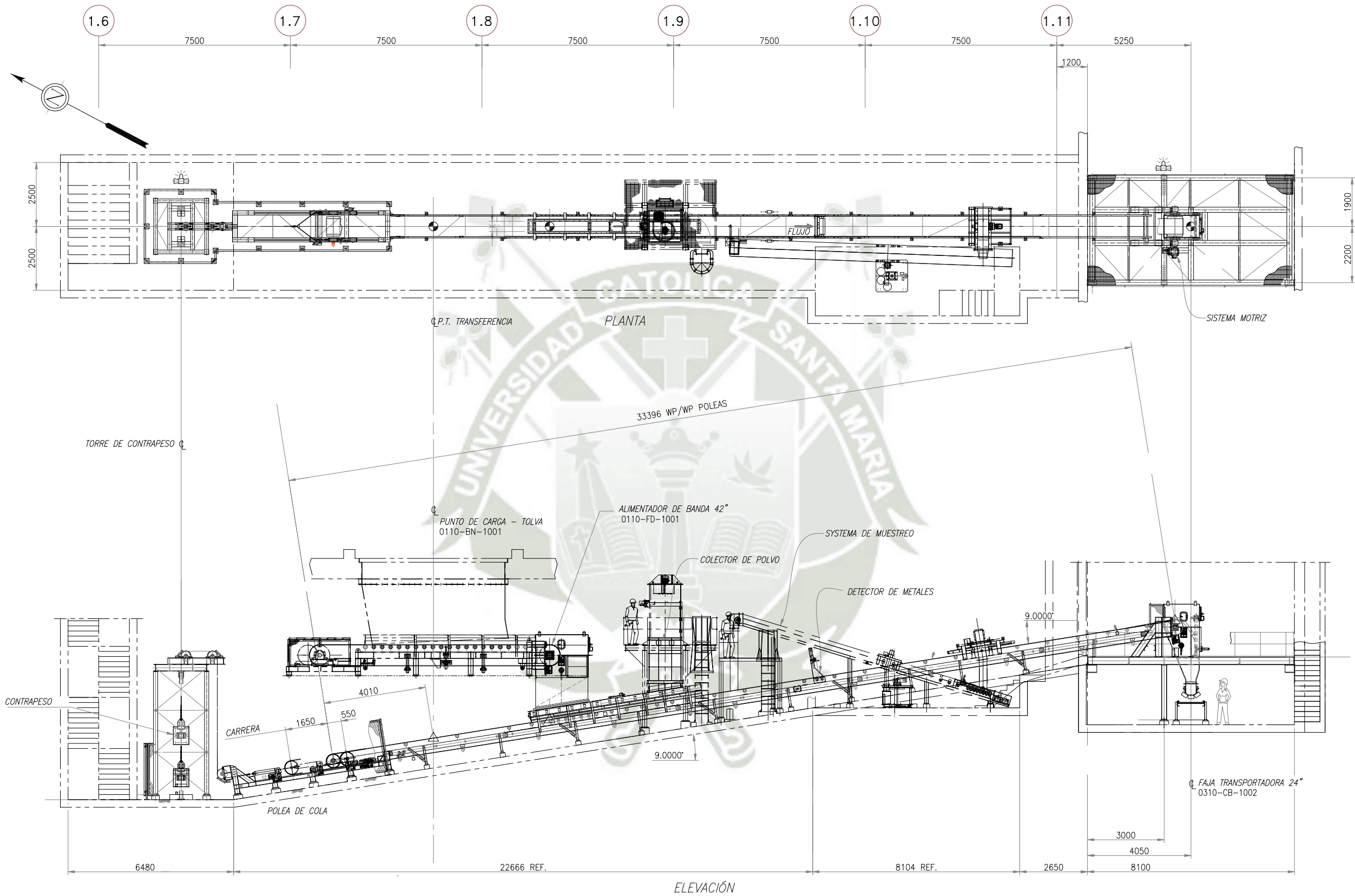



ANEXOS

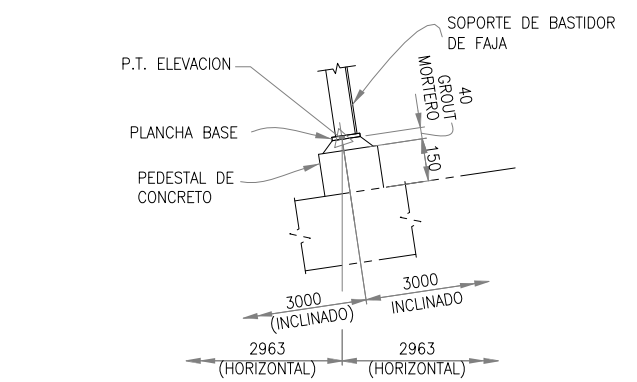
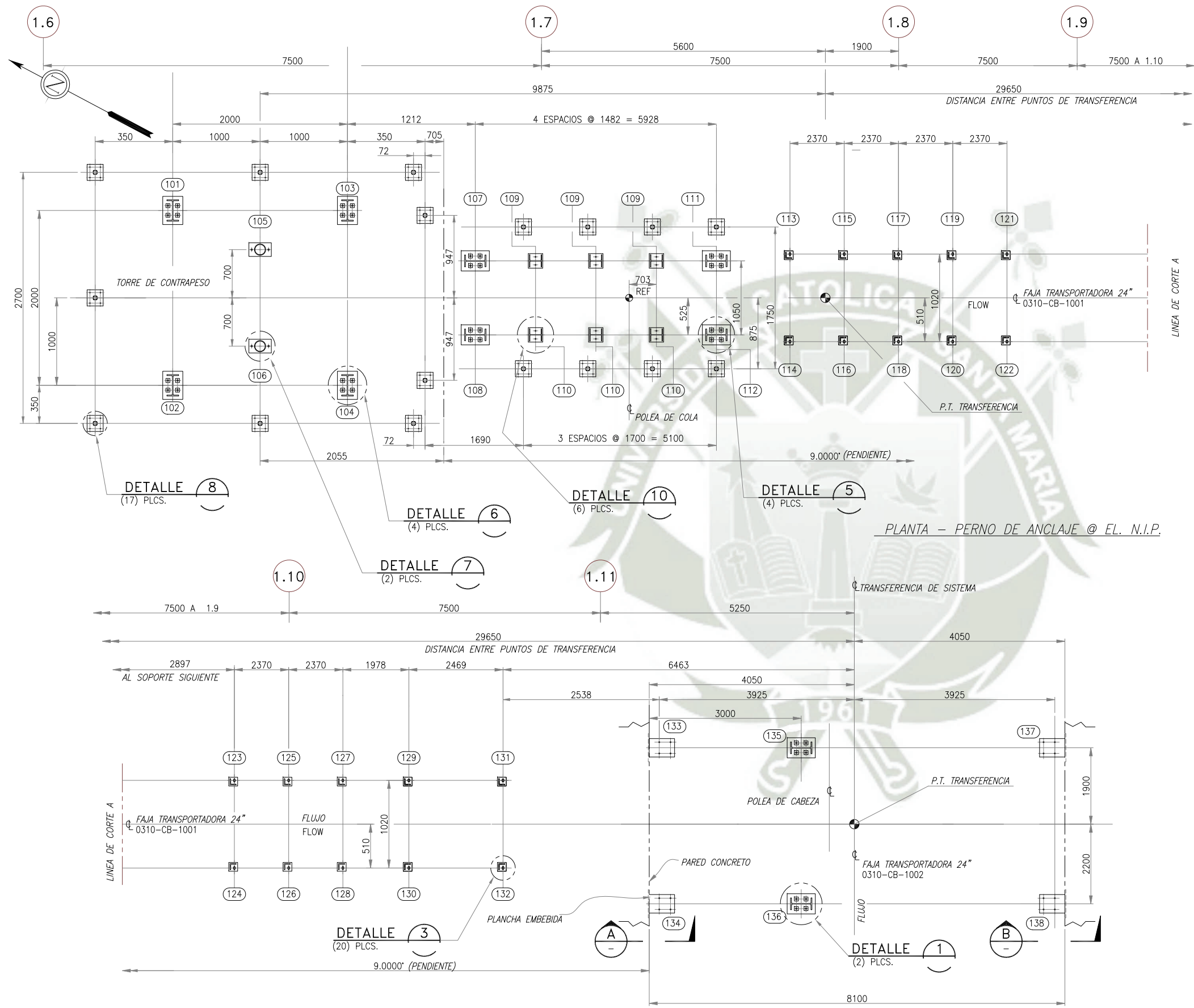




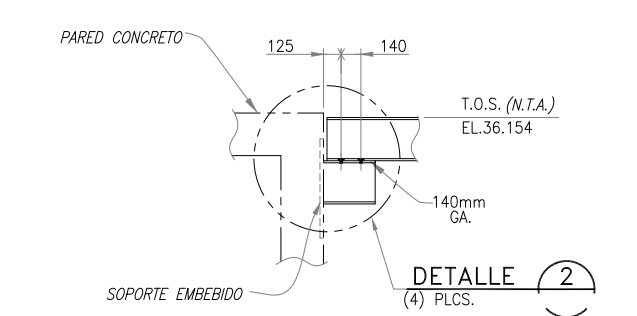
 <p>Universidad Católica de Santa María</p> <p>Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica</p> <p>Tesis: DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSFERENCIA DE CONCENTRADO DE COBRE DESDE UNA RECEPCIÓN FÉRREA A UN ALMACÉN DE UN TERMINAL PORTUARIO MEDIANTE FAJAS TRANSPORTADORAS</p>	<p>Creado por: DIEGO RAFAEL SANTOS PERALTA</p>	<p>Aprobado por: MARCO ANTONIO CARPIO RIVERA</p>	<p>Tipo de Documento: LAYOUT</p>	
	<p>Título: LAYOUT GENERAL DEL PROYECTO</p>	<p>Numero de Referencia: TESIS-001</p>	<p>Rev: 1</p>	
	<p>Escala: 1:3000</p>	<p>Form: A3</p>	<p>Fecha: 2023-10-05</p>	<p>Hoja: 1/1</p>



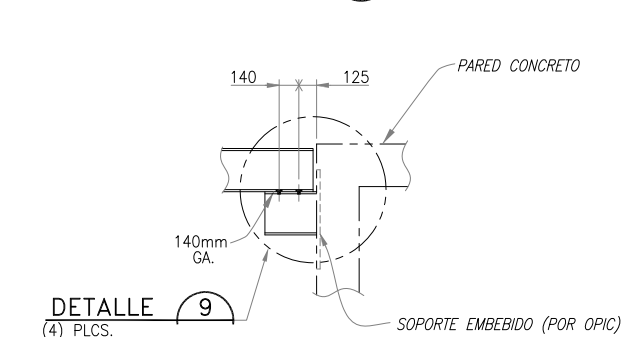
 <p>Universidad Católica de Santa María</p> <p>Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica</p> <p>Tesis: DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSFERENCIA DE CONCENTRADO DE COBRE DESDE UNA RECEPCIÓN FÉRREA A UN ALIAGEN DE UN TERMINAL PORTUARIO MEDIANTE FAJAS TRANSPORTADORAS</p>	<p>Creado por: DIEGO RAFAEL SANTOS PERALTA</p>	<p>Aprobado por: MARCO ANTONIO CARPIO RIVERA</p>	<p>Tipo de Documento: SECCIONES</p>
	<p>Título: VISTA DE ELEVACION Y PLANTA DE FAJA CB-1001</p>	<p>Numero de Referencia: TESIS - 0002</p>	<p>Rev: 1</p>
	<p>Escala: 1: 50</p>	<p>Form: A3</p>	<p>Fecha: 2023 -10 - 05</p>
			<p>Hoja: 1</p>



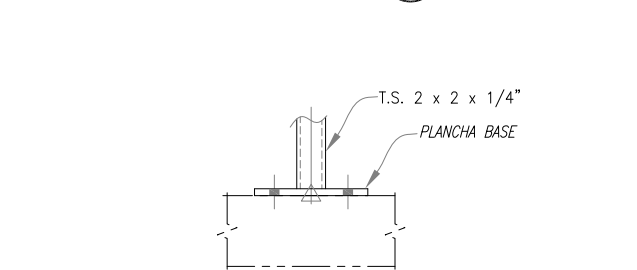
BASTIDOR DE FAJA - DETALLE DE SOPORTE



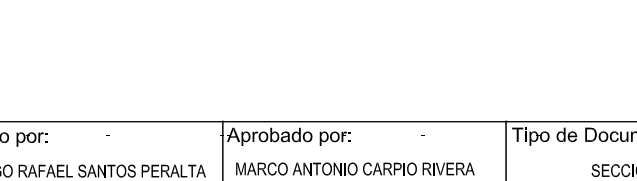
DETALLE 2 (4) PLCS.



SECCION A SCALE: 1:25

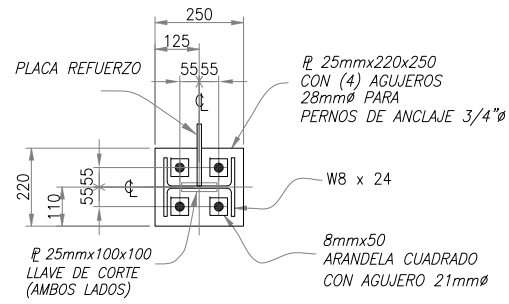


DETALLE 9 (4) PLCS.

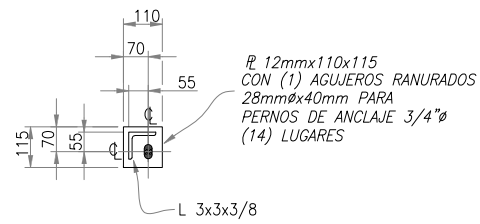


PROTECCION DE SEGURIDAD - DETALLE DE SOPORTE

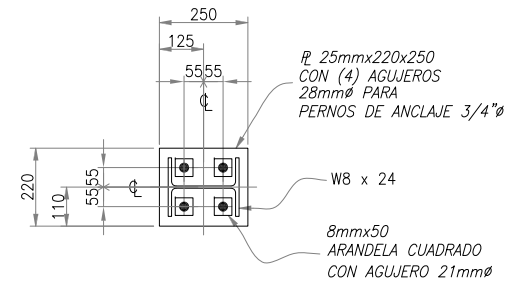
<p>Universidad Católica de Santa María</p> <p>Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatronica</p> <p>Tesis: DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSFERENCIA DE CONCENTRADO DE COBRE DESDE UNA RECEPCION FERREA A UN ALIENAJEN DE UN TERMINAL PORTUARIO MEDIANTE FAJAS TRANSPORTADORAS</p>	<p>Creado por: DIEGO RAFAEL SANTOS PERALTA</p>	<p>Aprobado por: MARCO ANTONIO CARPIO RIVERA</p>	<p>Tipo de Documento: SECCIONES</p>
	<p>Título: VISTA DE PLANTA Y DETALLES SOPORTES Y ANCLAJES DE FAJA CB-1001</p>	<p>Numero de Referencia: TESIS - 0003</p>	<p>Rev: 1</p>
	<p>Escala: 1:50</p>	<p>Form: A3</p>	<p>Fecha: 2023-10-05</p>
			<p>Hoja: 1/2</p>



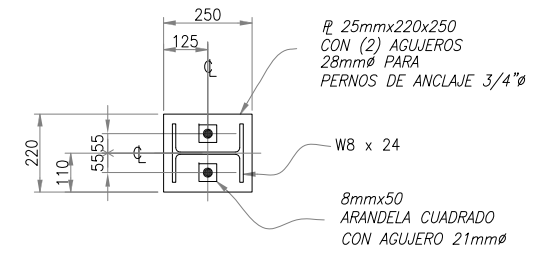
DETALLE 1
(2) PLCS.



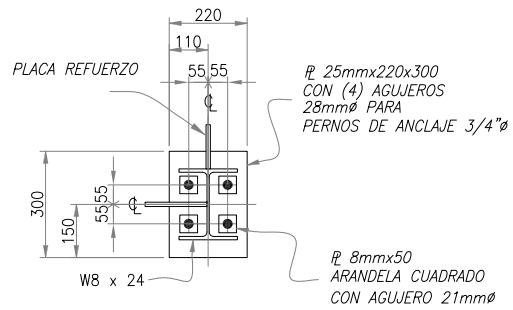
DETALLE 3
(20) PLCS.



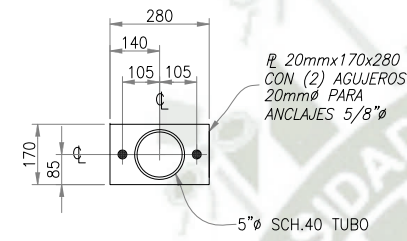
DETALLE 5
(4) PLCS.



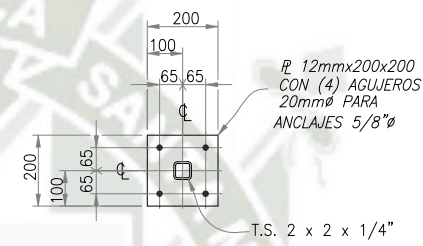
DETALLE 10
(6) PLCS.



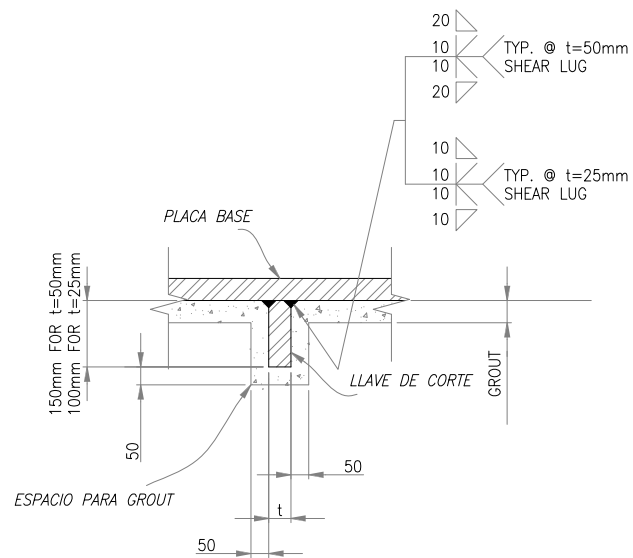
DETALLE 6
(4) PLCS.



DETALLE 7
(2) PLCS.



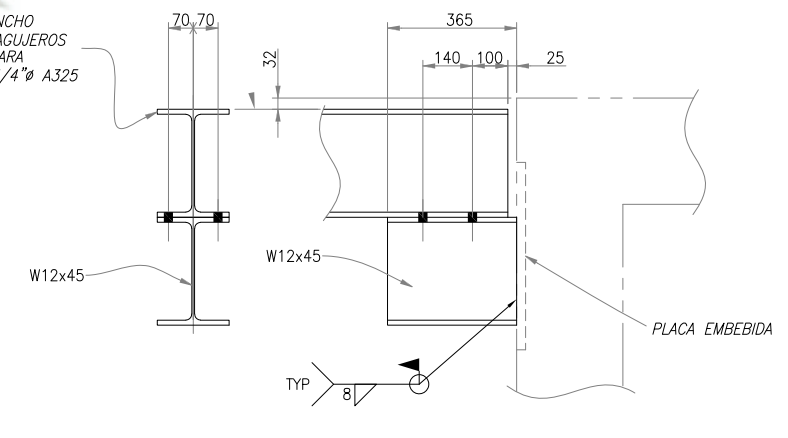
DETALLE 8
(17) PLCS.




SECCION TIPICA LLAVE DE CORTE



DETALLE 2
(4) PLCS.



DETALLE 9
(4) PLCS.

 <p>Universidad Católica de Santa María</p> <p>Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica</p> <p>Tesis: DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSFERENCIA DE CONCENTRADO DE COBRE DESDE UNA RECEPCIÓN FÉRREA A UN ALMACÉN DE UN TERMINAL PORTUARIO MEDIANTE FAJAS TRANSPORTADORAS</p>	<p>Creado por: DIEGO RAFAEL SANTOS PERALTA</p>	<p>Aprobado por: MARCO ANTONIO CARPIO RIVERA</p>	<p>Tipo de Documento: DETALLES</p>
	<p>Título: DETALLES SOPORTES Y ANCLAJES DE FAJA CB-1001</p>	<p>Numero de Referencia: TESIS - 0004</p>	<p>Rev: 1</p>
	<p>Escala: S/E</p>	<p>Form: A3</p>	<p>Fecha: 2023-10-05</p>
			<p>Hoja: 2/2</p>

Node	Load Case	Horizontal		Vertical		Moment		
		Fx (kN)	Fy (kN)	Fz (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)	
125	1 DL (DEAD LOAD)	-0.3	-6.1	-0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
	2 LL (LIVE LOAD)	0.0	3.7	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
	3 ML (MATERIAL LOAD)	0.2	-1.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	4 SP (MATERIAL SPILLAGE)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	5 BTO (OPERATING BELT TENSION)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	6 BTM (MAXIMUM BELT TENSION)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	7 LR (ROOF LIVE LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	8 W(+X) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	9 W(-X) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	10 W(+Z) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	11 W(-Z) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	12 E(+X) (SEISMIC LOAD)	1.6	1.3	-2.6	0.0	0.0	0.0	0.0
	13 E(-X) (SEISMIC LOAD)	-1.6	-1.3	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0
	14 E(+Y) (SEISMIC LOAD)	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	15 E(-Y) (SEISMIC LOAD)	0.0	-0.9	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	16 E(+Z) (SEISMIC LOAD)	-1.7	0.6	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0
	17 E(-Z) (SEISMIC LOAD)	1.7	-0.6	-1.4	0.0	0.0	0.0	0.0
	18 PC (PLUGGED CHUTE)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	19 T (THERMAL LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	20 E(+X) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	1.6	1.4	-1.8	0.0	0.0	0.0	0.0
	21 E(-X) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	-1.6	-1.4	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0
	22 E(+Y) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	23 E(-Y) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	0.0	-0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	24 E(+Z) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	-1.3	0.4	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	25 E(-Z) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	1.3	-0.4	-1.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	26 BE (BACKSTOP ENGAGED)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	27 H (HOIST AND MOUNTING)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Node	Load Case	Horizontal		Vertical		Moment		
		Fx (kN)	Fy (kN)	Fz (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)	
127	1 DL (DEAD LOAD)	0.2	-5.0	-0.4	0.0	0.0	0.0	0.0
	2 LL (LIVE LOAD)	-0.8	4.2	-0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
	3 ML (MATERIAL LOAD)	-0.3	-0.8	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	4 SP (MATERIAL SPILLAGE)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	5 BTO (OPERATING BELT TENSION)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	6 BTM (MAXIMUM BELT TENSION)	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	7 LR (ROOF LIVE LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	8 W(+X) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	9 W(-X) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	10 W(+Z) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	11 W(-Z) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	12 E(+X) (SEISMIC LOAD)	0.4	-1.3	-2.2	0.0	0.0	0.0	0.0
	13 E(-X) (SEISMIC LOAD)	-0.4	1.3	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0
	14 E(+Y) (SEISMIC LOAD)	0.0	0.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	15 E(-Y) (SEISMIC LOAD)	0.0	-0.7	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	16 E(+Z) (SEISMIC LOAD)	-1.5	6.2	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0
	17 E(-Z) (SEISMIC LOAD)	1.5	-6.2	-1.2	0.0	0.0	0.0	0.0
	18 PC (PLUGGED CHUTE)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	19 T (THERMAL LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	20 E(+X) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	0.7	-1.5	-1.6	0.0	0.0	0.0	0.0
	21 E(-X) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	-0.7	1.5	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0
	22 E(+Y) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	0.0	0.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	23 E(-Y) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	0.0	-0.7	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	24 E(+Z) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	-1.2	4.7	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	25 E(-Z) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	1.2	-4.7	-1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	26 BE (BACKSTOP ENGAGED)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	27 H (HOIST AND MOUNTING)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Node	Load Case	Horizontal		Vertical		Moment		
		Fx (kN)	Fy (kN)	Fz (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)	
129	1 DL (DEAD LOAD)	0.2	-1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	2 LL (LIVE LOAD)	-0.1	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	3 ML (MATERIAL LOAD)	0.2	-1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	4 SP (MATERIAL SPILLAGE)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	5 BTO (OPERATING BELT TENSION)	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	6 BTM (MAXIMUM BELT TENSION)	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	7 LR (ROOF LIVE LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	8 W(+X) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	9 W(-X) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	10 W(+Z) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	11 W(-Z) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	12 E(+X) (SEISMIC LOAD)	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	13 E(-X) (SEISMIC LOAD)	0.0	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	14 E(+Y) (SEISMIC LOAD)	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	15 E(-Y) (SEISMIC LOAD)	0.1	-0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	16 E(+Z) (SEISMIC LOAD)	-0.2	1.1	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0
	17 E(-Z) (SEISMIC LOAD)	0.2	-1.1	-0.8	0.0	0.0	0.0	0.0
	18 PC (PLUGGED CHUTE)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	19 T (THERMAL LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	20 E(+X) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	21 E(-X) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	0.0	-0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	22 E(+Y) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	23 E(-Y) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	0.0	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	24 E(+Z) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	-0.2	0.8	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0
	25 E(-Z) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	0.2	-0.8	-0.6	0.0	0.0	0.0	0.0
	26 BE (BACKSTOP ENGAGED)	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	27 H (HOIST AND MOUNTING)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Node	Load Case	Horizontal		Vertical		Moment		
		Fx (kN)	Fy (kN)	Fz (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)	
126	1 DL (DEAD LOAD)	-0.3	-6.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
	2 LL (LIVE LOAD)	-1.0	-10.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	3 ML (MATERIAL LOAD)	0.2	-1.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	4 SP (MATERIAL SPILLAGE)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	5 BTO (OPERATING BELT TENSION)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	6 BTM (MAXIMUM BELT TENSION)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	7 LR (ROOF LIVE LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	8 W(+X) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	9 W(-X) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	10 W(+Z) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	11 W(-Z) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	12 E(+X) (SEISMIC LOAD)	2.3	2.0	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0
	13 E(-X) (SEISMIC LOAD)	-2.3	-2.0	-2.6	0.0	0.0	0.0	0.0
	14 E(+Y) (SEISMIC LOAD)	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	15 E(-Y) (SEISMIC LOAD)	-0.1	-1.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	16 E(+Z) (SEISMIC LOAD)	-1.5	-0.6	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0
	17 E(-Z) (SEISMIC LOAD)	1.5	0.6	-1.4	0.0	0.0	0.0	0.0
	18 PC (PLUGGED CHUTE)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	19 T (THERMAL LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	20 E(+X) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	1.7	1.5	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0
	21 E(-X) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	-1.7	-1.5	-1.8	0.0	0.0	0.0	0.0
	22 E(+Y) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	23 E(-Y) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	0.0	-0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	24 E(+Z) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	1.2	-0.4	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	25 E(-Z) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	-1.2	0.4	-1.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	26 BE (BACKSTOP ENGAGED)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	27 H (HOIST AND MOUNTING)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Node	Load Case	Horizontal		Vertical		Moment		
		Fx (kN)	Fy (kN)	Fz (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)	
128	1 DL (DEAD LOAD)	0.1	-4.9	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0
	2 LL (LIVE LOAD)	1.8	-10.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
	3 ML (MATERIAL LOAD)	-0.3	-0.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	4 SP (MATERIAL SPILLAGE)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	5 BTO (OPERATING BELT TENSION)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	6 BTM (MAXIMUM BELT TENSION)	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	7 LR (ROOF LIVE LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	8 W(+X) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	9 W(-X) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	10 W(+Z) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	11 W(-Z) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	12 E(+X) (SEISMIC LOAD)	1.1	-2.1	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0
	13 E(-X) (SEISMIC LOAD)	-1.1	2.1	-2.2	0.0	0.0	0.0	0.0
	14 E(+Y) (SEISMIC LOAD)	0.0	0.7	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	15 E(-Y) (SEISMIC LOAD)	0.1	-1.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	16 E(+Z) (SEISMIC LOAD)	-1.7	-6.2	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0
	17 E(-Z) (SEISMIC LOAD)	1.7	6.2	-1.2	0.0	0.0	0.0	0.0
	18 PC (PLUGGED CHUTE)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	19 T (THERMAL LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	20 E(+X) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	0.8	-1.6	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0
	21 E(-X) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	-0.8	1.6	-1.6	0.0	0.0	0.0	0.0
	22 E(+Y) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	0.0	0.7	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	23 E(-Y) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	0.0	-0.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	24 E(+Z) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	1.3	-4.7	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0
	25 E(-Z) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	-1.3	4.7	-0.9	0.0	0.0	0.0	0.0
	26 BE (BACKSTOP ENGAGED)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	27 H (HOIST AND MOUNTING)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Node	Load Case	Horizontal		Vertical		Moment		
		Fx (kN)	Fy (kN)	Fz (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)	
130	1 DL (DEAD LOAD)	0.2	-1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	2 LL (LIVE LOAD)	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	3 ML (MATERIAL LOAD)	0.2	-1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	4 SP (MATERIAL SPILLAGE)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	5 BTO (OPERATING BELT TENSION)	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	6 BTM (MAXIMUM BEL							

Node	Load Case	Horizontal	Vertical	Horizontal	Moment		
		Fx (kN)	Fy (kN)	Fz (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)
125	1 DL (DEAD LOAD)	-0.3	-6.1	-0.3	0.0	0.0	0.0
2	LL (LIVE LOAD)	0.0	3.7	-0.2	0.0	0.0	0.0
3	ML (MATERIAL LOAD)	0.2	-1.1	-0.1	0.0	0.0	0.0
4	SP (MATERIAL SPILLAGE)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	BT (OPERATING BELT TENSION)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	BTM (MAXIMUM BELT TENSION)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	LR (ROOF LIVE LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	W(+X) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	W(-X) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	W(+Z) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	W(-Z) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	E(+X) (SEISMIC LOAD)	1.6	1.3	-2.6	0.0	0.0	0.0
13	E(-X) (SEISMIC LOAD)	-1.6	-1.3	2.6	0.0	0.0	0.0
14	E(+Y) (SEISMIC LOAD)	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0
15	E(-Y) (SEISMIC LOAD)	0.0	-0.9	-0.1	0.0	0.0	0.0
16	E(+Z) (SEISMIC LOAD)	-1.7	0.6	1.4	0.0	0.0	0.0
17	E(-Z) (SEISMIC LOAD)	1.7	-0.6	-1.4	0.0	0.0	0.0
18	PC (PLUGGED CHUTE)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	T (THERMAL LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	E(+X) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	1.6	1.4	-1.8	0.0	0.0	0.0
21	E(-X) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	-1.6	-1.4	1.8	0.0	0.0	0.0
22	E(+Y) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0
23	E(-Y) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	0.0	-0.9	0.0	0.0	0.0	0.0
24	E(+Z) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	-1.3	0.4	1.1	0.0	0.0	0.0
25	E(-Z) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	1.3	-0.4	-1.1	0.0	0.0	0.0
26	BE (BACKSTOP ENGAGED)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
27	H (HOIST AND MOUNTING)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Node	Load Case	Horizontal	Vertical	Horizontal	Moment		
		Fx (kN)	Fy (kN)	Fz (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)
127	1 DL (DEAD LOAD)	0.2	-5.0	-0.4	0.0	0.0	0.0
2	LL (LIVE LOAD)	-0.8	4.2	-0.3	0.0	0.0	0.0
3	ML (MATERIAL LOAD)	-0.3	-0.8	-0.1	0.0	0.0	0.0
4	SP (MATERIAL SPILLAGE)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	BT (OPERATING BELT TENSION)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	BTM (MAXIMUM BELT TENSION)	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
7	LR (ROOF LIVE LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	W(+X) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	W(-X) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	W(+Z) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	W(-Z) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	E(+X) (SEISMIC LOAD)	0.4	-1.3	-2.2	0.0	0.0	0.0
13	E(-X) (SEISMIC LOAD)	-0.4	1.3	2.2	0.0	0.0	0.0
14	E(+Y) (SEISMIC LOAD)	0.0	0.7	0.1	0.0	0.0	0.0
15	E(-Y) (SEISMIC LOAD)	0.0	-0.7	-0.1	0.0	0.0	0.0
16	E(+Z) (SEISMIC LOAD)	-1.5	6.2	1.2	0.0	0.0	0.0
17	E(-Z) (SEISMIC LOAD)	1.5	-6.2	-1.2	0.0	0.0	0.0
18	PC (PLUGGED CHUTE)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	T (THERMAL LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	E(+X) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	0.7	-1.5	-1.6	0.0	0.0	0.0
21	E(-X) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	-0.7	1.5	1.6	0.0	0.0	0.0
22	E(+Y) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	0.0	0.7	0.1	0.0	0.0	0.0
23	E(-Y) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	0.0	-0.7	-0.1	0.0	0.0	0.0
24	E(+Z) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	-1.2	4.7	1.0	0.0	0.0	0.0
25	E(-Z) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	1.2	-4.7	-1.0	0.0	0.0	0.0
26	BE (BACKSTOP ENGAGED)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
27	H (HOIST AND MOUNTING)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Node	Load Case	Horizontal	Vertical	Horizontal	Moment		
		Fx (kN)	Fy (kN)	Fz (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)
129	1 DL (DEAD LOAD)	0.2	-1.5	0.0	0.0	0.0	0.0
2	LL (LIVE LOAD)	-0.1	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0
3	ML (MATERIAL LOAD)	0.2	-1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	SP (MATERIAL SPILLAGE)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	BT (OPERATING BELT TENSION)	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
6	BTM (MAXIMUM BELT TENSION)	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
7	LR (ROOF LIVE LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	W(+X) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	W(-X) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	W(+Z) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	W(-Z) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	E(+X) (SEISMIC LOAD)	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
13	E(-X) (SEISMIC LOAD)	0.0	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
14	E(+Y) (SEISMIC LOAD)	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
15	E(-Y) (SEISMIC LOAD)	0.1	-0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
16	E(+Z) (SEISMIC LOAD)	-0.2	1.1	0.8	0.0	0.0	0.0
17	E(-Z) (SEISMIC LOAD)	0.2	-1.1	-0.8	0.0	0.0	0.0
18	PC (PLUGGED CHUTE)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	T (THERMAL LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	E(+X) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
21	E(-X) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	0.0	-0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
22	E(+Y) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
23	E(-Y) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	0.0	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
24	E(+Z) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	-0.2	0.8	0.6	0.0	0.0	0.0
25	E(-Z) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	0.2	-0.8	-0.6	0.0	0.0	0.0
26	BE (BACKSTOP ENGAGED)	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
27	H (HOIST AND MOUNTING)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

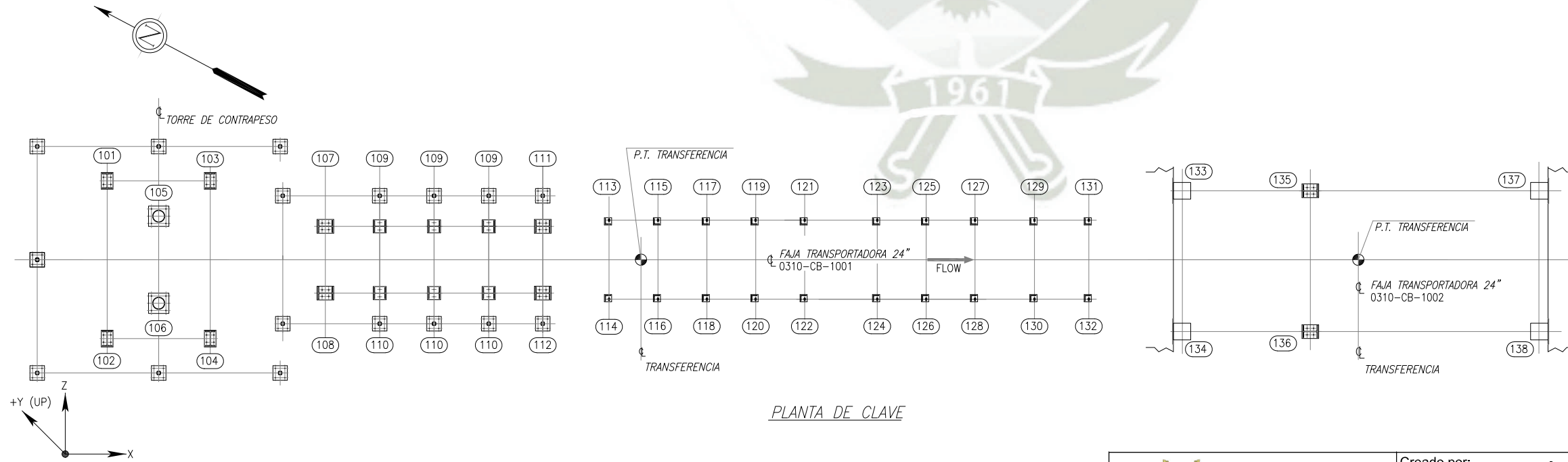
Node	Load Case	Horizontal	Vertical	Horizontal	Moment		
		Fx (kN)	Fy (kN)	Fz (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)
126	1 DL (DEAD LOAD)	-0.3	-6.2	0.3	0.0	0.0	0.0
2	LL (LIVE LOAD)	-1.0	-10.8	0.1	0.0	0.0	0.0
3	ML (MATERIAL LOAD)	0.2	-1.1	0.1	0.0	0.0	0.0
4	SP (MATERIAL SPILLAGE)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	BT (OPERATING BELT TENSION)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	BTM (MAXIMUM BELT TENSION)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	LR (ROOF LIVE LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	W(+X) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	W(-X) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	W(+Z) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	W(-Z) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	E(+X) (SEISMIC LOAD)	2.3	2.0	2.6	0.0	0.0	0.0
13	E(-X) (SEISMIC LOAD)	-2.3	-2.0	-2.6	0.0	0.0	0.0
14	E(+Y) (SEISMIC LOAD)	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0
15	E(-Y) (SEISMIC LOAD)	-0.1	-1.5	0.1	0.0	0.0	0.0
16	E(+Z) (SEISMIC LOAD)	1.5	-0.6	1.4	0.0	0.0	0.0
17	E(-Z) (SEISMIC LOAD)	-1.5	0.6	-1.4	0.0	0.0	0.0
18	PC (PLUGGED CHUTE)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	T (THERMAL LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	E(+X) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	1.7	1.5	1.8	0.0	0.0	0.0
21	E(-X) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	-1.7	-1.5	-1.8	0.0	0.0	0.0
22	E(+Y) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0
23	E(-Y) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	0.0	-0.9	0.0	0.0	0.0	0.0
24	E(+Z) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	1.2	-0.4	1.1	0.0	0.0	0.0
25	E(-Z) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	-1.2	0.4	-1.1	0.0	0.0	0.0
26	BE (BACKSTOP ENGAGED)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
27	H (HOIST AND MOUNTING)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Node	Load Case	Horizontal	Vertical	Horizontal	Moment		
		Fx (kN)	Fy (kN)	Fz (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)
128	1 DL (DEAD LOAD)	0.1	-4.9	0.4	0.0	0.0	0.0
2	LL (LIVE LOAD)	1.8	-10.3	0.2	0.0	0.0	0.0
3	ML (MATERIAL LOAD)	-0.3	-0.8	0.1	0.0	0.0	0.0
4	SP (MATERIAL SPILLAGE)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	BT (OPERATING BELT TENSION)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	BTM (MAXIMUM BELT TENSION)	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
7	LR (ROOF LIVE LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	W(+X) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	W(-X) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	W(+Z) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	W(-Z) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	E(+X) (SEISMIC LOAD)	1.1	-2.1	2.2	0.0	0.0	0.0
13	E(-X) (SEISMIC LOAD)	-1.1	2.1	-2.2	0.0	0.0	0.0
14	E(+Y) (SEISMIC LOAD)	0.0	0.7	-0.1	0.0	0.0	0.0
15	E(-Y) (SEISMIC LOAD)	0.1	-1.2	0.1	0.0	0.0	0.0
16	E(+Z) (SEISMIC LOAD)	1.7	-6.2	1.2	0.0	0.0	0.0
17	E(-Z) (SEISMIC LOAD)	-1.7	6.2	-1.2	0.0	0.0	0.0
18	PC (PLUGGED CHUTE)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	T (THERMAL LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	E(+X) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	0.8	-1.6	1.6	0.0	0.0	0.0
21	E(-X) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	-0.8	1.6	-1.6	0.0	0.0	0.0
22	E(+Y) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	0.0	0.7	-0.1	0.0	0.0	0.0
23	E(-Y) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	0.0	-0.7	0.1	0.0	0.0	0.0
24	E(+Z) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	1.3	-4.7	0.9	0.0	0.0	0.0
25	E(-Z) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	-1.3	4.7	-0.9	0.0	0.0	0.0
26	BE (BACKSTOP ENGAGED)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
27	H (HOIST AND MOUNTING)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Node	Load Case	Horizontal	Vertical	Horizontal	Moment		
		Fx (kN)	Fy (kN)	Fz (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)
130	1 DL (DEAD LOAD)	0.2	-1.5	0.0	0.0	0.0	0.0
2	LL (LIVE LOAD)	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
3	ML (MATERIAL LOAD)	0.2	-1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	SP (MATERIAL SPILLAGE)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	BT (OPERATING BELT TENSION)	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
6	BTM (MAXIMUM BELT TENSION)	-0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
7	LR (ROOF LIVE LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	W(+X) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	W(-X) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	W(+Z) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	W(-Z) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	E(+X) (SEISMIC LOAD)	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
13	E(-X) (SEISMIC LOAD)	0.0	-0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
14	E(+Y) (SEISMIC LOAD)	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
15	E(-Y) (SEISMIC LOAD)	0.1	-0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
16	E(+Z) (SEISMIC LOAD)	-0.2	1.1	0.8	0.0	0.0	0.0
17	E(-Z) (SEISMIC LOAD)	0.2	-1.1	-0.8	0.0	0.0	0.0
18	PC (PLUGGED CHUTE)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	T (THERMAL LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	E(+X) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	0.0	0.2	0.0	0.0		

Node	Load Case	Horizontal			Moment		
		Fx (kN)	Fy (kN)	Fz (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)
137	1 DL (DEAD LOAD)	0.0	-16.6	0.0	0.0	0.0	3.2
	2 LL (LIVE LOAD)	0.0	-28.5	0.0	0.0	0.0	5.6
	3 ML (MATERIAL LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	4 SP (MATERIAL SPILLAGE)	0.0	-5.7	0.0	0.0	0.0	1.1
	5 BTO (OPERATING BELT TENSION)	0.0	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
	6 BTM (MAXIMUM BELT TENSION)	0.0	-0.5	-0.1	0.0	0.0	0.1
	7 LR (ROOF LIVE LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	8 W(+X) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	9 W(-X) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	10 W(+Z) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	11 W(-Z) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	12 E(+X) (SEISMIC LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	13 E(+X) (SEISMIC LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	14 E(+Y) (SEISMIC LOAD)	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	-0.5
	15 E(+Y) (SEISMIC LOAD)	0.0	-3.6	0.0	0.0	0.0	0.7
	16 E(+Z) (SEISMIC LOAD)	0.0	0.0	7.1	0.0	1.4	0.0
	17 E(-Z) (SEISMIC LOAD)	0.0	0.0	-7.1	0.0	-1.4	0.0
	18 PC (PLUGGED CHUTE)	0.0	-16.5	0.0	0.0	0.0	3.2
	19 T (THERMAL LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	20 E(+X) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	21 E(+X) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	22 E(+Y) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	-0.5
	23 E(+Y) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	0.0	-2.5	0.0	0.0	0.0	0.5
	24 E(+Z) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	0.0	0.0	5.1	0.0	1.0	0.0
	25 E(-Z) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	0.0	0.0	-5.1	0.0	-1.0	0.0
	26 BE (BACKSTOP ENGAGED)	0.0	-0.2	-0.1	0.0	0.0	0.0
	27 H (HOIST AND MOUNTING)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Node	Load Case	Horizontal			Moment		
		Fx (kN)	Fy (kN)	Fz (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)
138	1 DL (DEAD LOAD)	0.0	-16.2	0.0	0.0	0.0	3.2
	2 LL (LIVE LOAD)	0.0	-28.4	0.0	0.0	0.0	5.5
	3 ML (MATERIAL LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	4 SP (MATERIAL SPILLAGE)	0.0	-5.7	0.0	0.0	0.0	1.1
	5 BTO (OPERATING BELT TENSION)	0.0	-0.4	-0.4	0.0	-0.1	0.1
	6 BTM (MAXIMUM BELT TENSION)	0.0	-1.0	-0.7	0.0	-0.1	0.2
	7 LR (ROOF LIVE LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	8 W(+X) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	9 W(-X) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	10 W(+Z) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	11 W(-Z) (WIND LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	12 E(+X) (SEISMIC LOAD)	0.0	-0.1	0.4	0.0	0.1	0.0
	13 E(+X) (SEISMIC LOAD)	0.0	0.1	-0.4	0.0	-0.1	0.0
	14 E(+Y) (SEISMIC LOAD)	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0	-0.5
	15 E(+Y) (SEISMIC LOAD)	0.0	-3.5	0.0	0.0	0.0	0.7
	16 E(+Z) (SEISMIC LOAD)	0.0	0.0	7.3	0.0	1.4	0.0
	17 E(-Z) (SEISMIC LOAD)	0.0	0.0	-7.3	0.0	-1.4	0.0
	18 PC (PLUGGED CHUTE)	0.0	-14.4	0.0	0.0	0.0	2.8
	19 T (THERMAL LOAD)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	20 E(+X) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	0.0	-0.1	0.3	0.0	0.1	0.0
	21 E(+X) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	0.0	0.1	-0.3	0.0	-0.1	0.0
	22 E(+Y) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0	-0.5
	23 E(+Y) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	0.0	-2.4	0.0	0.0	0.0	0.5
	24 E(+Z) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	0.0	0.0	5.2	0.0	1.0	0.0
	25 E(-Z) SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE)	0.0	0.0	-5.2	0.0	-1.0	0.0
	26 BE (BACKSTOP ENGAGED)	0.0	-0.5	-0.4	0.0	-0.1	0.1
	27 H (HOIST AND MOUNTING)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0




LEYENDA

- | | |
|--------------------------------|-----------------------------------|
| DEAD LOAD | CARGA MUERTA |
| LIVE LOAD | CARGA VIVA |
| MATERIAL LOAD | CARGA DEL MATERIAL |
| MATERIAL SPILLAGE | DERRAME DE MATERIAL |
| OPERATING BELT TENSION | TENSION DE OPERACION DE BANDA |
| MAXIMUM BELT TENSION | TENSION MAXIMA DE BANDA |
| SNOW LOAD | CARGA DE NIEVE |
| WIND LOAD | CARGA DE VIENTO |
| SEISMIC LOAD | CARGA SISMICA |
| SEISMIC LOAD (DEAD LOAD ALONE) | CARGA SISMICA (SOLO CARGA MUERTA) |
| PLUGGED CHUTE | CARGA DE CHUTE ATOLLADO |
| THERMAL LOAD | CARGA TERMICA |
| BACKSTOP ENGAGED | BACKSTOP ENGANCHADO |
| HOIST AND MOUNTING | CARGA DE IZAJE Y MONTAJE |

NOTAS:

- CARGAS NO MAYORADAS
- SE HA INCREMENTADO EL PESO PROPIO EN UN 10% POR INCRUSTACION EN LA CARGA 1.
- PARA CADA CARGA, LA FUERZA CORTANTE TRANSVERSAL TOTAL EN LOS PINES Y SOPORTES DESLIZANTES DEBEN CALCULARSE EN UNA SOLA PLACA A LA VEZ.

 Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica	Creado por: DIEGO RAFAEL SANTOS PERALTA	Aprobado por: MARCO ANTONIO CARPIO RIVERA	Tipo de Documento: CUADRO DE CARGAS
	Tesis: DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSFERENCIA DE CONCENTRADO DE COBRE DESDE UNA RECEPCIÓN FÉRREA A UN ALMACÉN DE UN TERMINAL PORTUARIO MEDIANTE FAJAS TRANSPORTADORAS	Título: TABULACIONES DE CARGA DE ANCLAJE 7 DE 7 FAJA TRANSPORTADORA 24" 0310-CB-1001	Numero de Referencia: TESIS - 0011
	Escala: S/E	Form: A3	Fecha: 2023-10-05
			Hoja: 7/7