



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional de Rosario.



Departamento de Ingeniería Mecánica
Cátedra – Proyecto Final

**Sistema de transporte de materiales sobre
un canal de río.**

Profesor Titular:

Ingeniero Javier Masetro

Auxiliares:

Ingeniero Néstor Gazquez

Ingeniero Andrés Bressan

Proyecto realizado por:

Almada de la Rosa, Facundo.

Eandi, Nicolas.

Ibarra, Nahuel.

Méndez, Alejandro Tomás.

Título de Grado que se aspira – Ingeniero Mecánico



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

CONTENIDO

1	Objetivo	4
2	Alcance	4
3	Referencias	4
4	Lista de símbolos.	5
5	Resumen	7
6	Summary	7
7	Introducción	8
8	Planificación.	12
9	Estado del Arte	14
10	Fundamentos teóricos	19
10.1	Funciones	19
10.2	Valoración por puntos del sistema de transporte	20
11	Diseño del sistema de transporte por cables	21
11.1	Condiciones de borde	22
11.2	Parámetros	24
11.3	Condiciones iniciales del terreno	25
11.4	Cables	26
11.4.1	El cable y sus componentes	26
11.4.2	Clasificación de los cables de acero	27
11.4.3	Clases de arrollamientos	31
11.4.3.1	Almas de cables	32
11.4.4	Cables en teleféricos y blondines	34
11.4.5	Tipos de cables y su uso	34
11.4.6	Dimensionamiento de los cables.	34
11.4.7	Cable carril	35
11.4.8	Cable tensor	38
11.4.9	Anclaje cable portador	41
11.4.10	Cable motriz	45
11.4.10.1	Dimensionamiento del cable tractor	46
11.4.10.2	Inclinación del camino de rodadura	46
11.4.10.3	Cálculo	48
11.4.10.4	Sistema de traslación con cable tensado por contrapeso	48



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

11.4.10.5	Sistema de traslación con cable sin contrapeso	51
12	Sistema Motriz	54
12.1.1	Descripción del sistema y croquis	54
12.2	Comprobación de la flecha de los cables	55
12.3	Cable portador	55
12.4	Cable motriz	58
12.5	Lubricación del cable motriz	60
12.6	Variaciones en la tensión del cable por dilatación térmica.	62
12.6.1.1	Cable tensor.	62
12.6.1.2	Cable motriz.	63
12.7	Inclinación y guiado del cable	65
12.7.1.1	Poleas	65
12.7.1.2	Tambor	66
12.7.1.3	Verificación de distancia entre elementos.	69
13	Cálculo de las dimensiones de los elementos	71
13.1.1	Verificación diámetro del cable motriz	71
13.1.2	Dimensionamiento de las poleas	73
13.1.3	Dimensionamiento del tambor.	75
13.1.3.1	Dimensiones de las ranuras	76
13.1.3.2	Árbol	78
13.1.3.3	Acople	80
13.1.3.4	Rodamientos	81
13.1.3.5	Cono de acople	84
13.1.3.6	Chaveta	85
13.1.4	Selección del motorreductor	86
13.1.4.1	Método alternativo	87
13.1.4.2	Reducción necesaria	88
13.1.4.3	Potencia de aceleración	89
13.1.5	Freno del sistema motriz	91
14	Diseño del Carro de traslación	92
14.1.1	Dimensionamiento del carro	92
14.1.2	Diagrama de cuerpo libre	92



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

14.1.2.1	Rueda	95
14.1.2.2	Eje de la rueda	96
14.1.2.3	Placas de unión	100
14.1.2.4	Perno pivote	103
14.1.2.5	Rodamientos	106
15	Estructuras metálicas	110
15.1.1	Hipótesis de cálculo	110
15.1.2	Cálculo de las estructuras metálicas.	114
15.1.3	Simulación en Software SolidWorks	120
15.1.3.1	Estructura donde se montan las poleas del cable motriz	123
16	Carga del viento	130
16.1.1	Determinación de la velocidad de referencia	131
16.1.2	Cálculo de la velocidad básica del diseño	133
16.1.3	Cálculo de la presión dinámica de cálculo	134
16.1.4	Coeficiente c_d	135
16.1.5	Cálculo de las acciones	137
16.1.6	Cálculo de la acción resultante total sobre una superficie	139
17	Fundaciones	141
18	Costos	142
18.1.1	Estimación de costos	142
18.1.2	Valor actual Neto (VAN) y Tasa interna de retorno (TIR).	144
19	Conclusión final del proyecto.	145
20	Anexo.	146
20.1.1.1	Figuras del sistema de transporte	146
20.1.1.2	Listado de planos	157

	UTN FRRO Ing. Mecánica	Fecha vigencia	06/10/21
		Fecha revisión	08/12/21
		Versión	1.0
		Página 4 de 157	
PROYECTO FINAL			
SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO			

1 OBJETIVO

El objetivo de este documento es desarrollar el Proyecto Final de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Tecnológica Nacional de Rosario, Santa Fe, Argentina.

2 ALCANCE

Este proyecto será aplicado en una empresa siderúrgica argentina ubicada en la ciudad de Villa Constitución, Santa Fe, Argentina.

3 REFERENCIAS

- Aparatos De Elevación Y Transporte -Tomo 3 - Hellmut Ernst.
- ASME B.30.
- CIRSOC 102.

	UTN FRRO Ing. Mecánica	Fecha vigencia	06/10/21
		Fecha revisión	08/12/21
		Versión	1.0
		Página 5 de 157	
PROYECTO FINAL			
SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO			

4 LISTA DE SÍMBOLOS.

a: Aceleración.

A: Área de la pieza en estudio.

Ac: Área de la sección transversal al corte.

D: Diámetro de la pieza en estudio.

e: Espesor de placa.

E: Módulo de elasticidad del material.

F: Fuerza.

Fa: Fuerza amplitud.

Fm: Fuerza media.

Fmáx.: Fuerza máxima.

Fmin.: Fuerza mínima.

hp: Caballos de fuerza.

I: Inercia.

kgf: Kilogramos fuerza.

km/h: Kilómetro por hora.

kW: kilo Watt.

IPN: Perfil normal I

m/s: Metro por segundo.

m/seg²: Metro por segundo al cuadrado.

m: metro.

M: Momento.

Mcomb.: Momento combinado.

mm: Milímetros.

Mmáx.: Momento máximo.

MPa: Mega Pascales.

N: Factor de diseño.



UTN FRRO
Ing. Mecánica

Fecha vigencia 06/10/21

Fecha revisión 08/12/21

Versión 1.0

Página 6 de 157

PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

OQT 400: Oil Quenched Tempered 400 °F – Templado en aceite y revenido a 400°F.

P: Presión.

Pág.: Página.

PNC: Perfil normal C.

R: Reacción.

s: Segundo.

Su: Tensión de rotura del material.

Sy: Tensión de fluencia del material.

t: Tiempo.

TIR: Tasa interna de retorno.

VAN: Valor actual neto.

W: Módulo resistente del material.

X: Distancia recorrida.

ΣF : Sumatoria de fuerzas.

Cs: Factor de tamaño.

Cst: Factor de tipo de esfuerzo.

	UTN FRRO Ing. Mecánica	Fecha vigencia	06/10/21
		Fecha revisión	08/12/21
		Versión	1.0
		Página 7 de 157	
PROYECTO FINAL			
SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO			

5 RESUMEN

Este proyecto consta del diseño integrador de un sistema mecánico, capaz de transportar carga a través de un canal de treinta (30) metros de un río permitiendo conectar una planta industrial con su respectivo muelle de recepción de materias primas.

Este sistema mecánico, apto para ser operado de forma segura, permite tener disponibilidad para realizar los traslados e independizarse del servicio de una empresa externa encargada de transportar los materiales.

6 SUMMARY

This project is the integrative design of a mechanical system, capable of transporting charge through a channel of thirty (30) meters of a river allowing to connect an industrial plant with its respective dock of raw materials.

This mechanical system, suitable to be operated safely, allows to have availability to carry out the transfers and become independent of the service of an external company in charge of transporting the materials.

	UTN FRRO Ing. Mecánica	Fecha vigencia	06/10/21
		Fecha revisión	08/12/21
		Versión	1.0
		Página 8 de 157	
PROYECTO FINAL			
SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO			

7 INTRODUCCIÓN

En el marco de la realización de este proyecto final para la Universidad Tecnológica Nacional de Rosario, Argentina, el primer interrogante que apareció fue la elección del tema sobre el cual se iba a tratar la problemática a resolver.

Uno de los temas que despertó el interés de los integrantes del grupo, fue encontrar la solución a un problema de movimiento de material sobre un canal de un río en la zona del muelle de una planta industrial siderúrgica, a través de la aplicación de algún sistema de transporte.

La Planta tiene un muelle donde se realiza la descarga de materia prima (mineral de hierro) con una grúa de grandes dimensiones. Además, otras máquinas realizan trabajos en el lugar, las cuales necesitan mantenimiento. El muelle se comunica con la Planta a través de una cinta transportadora que cruza el brazo del río de 30 metros de ancho por un puente, trasladando el material. Este puente posee además una angosta pasarela solo para circulación de personal.



UTN FRRO
Ing. Mecánica

Fecha vigencia 06/10/21

Fecha revisión 08/12/21

Versión 1.0

Página 9 de 157

PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

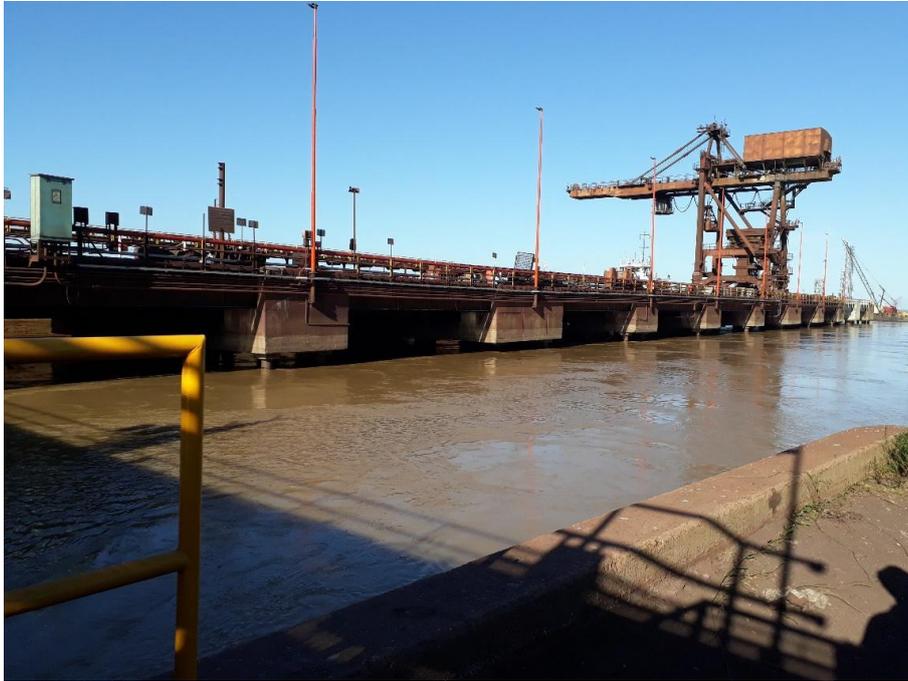


Figura 7.a: Vista del muelle desde la orilla de la planta.



Figura 7.b: vista del puente con cinta transportadora y pasarela.

	UTN FRRO Ing. Mecánica	Fecha vigencia	06/10/21
		Fecha revisión	08/12/21
		Versión	1.0
		Página 10 de 157	
PROYECTO FINAL			
SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO			

Para realizar el mantenimiento de la maquinaria del muelle, se necesita trasladar los insumos de la planta al muelle y viceversa, lo cual, debido a su tamaño y peso, no se pueden trasladar por la cinta que transporta la materia prima.

Actualmente, la empresa contrata un barco-grúa para realizar esta tarea. El alquiler de este equipo tiene un elevado costo económico para la empresa y, para ahorrar dinero, se realiza de manera más esporádica de lo deseado. Además, la contratación de este servicio está sujeto a la disponibilidad de la grúa.

Los objetivos de este proyecto son los siguientes:

- Diseñar un sistema mecánico para realizar el traslado de los insumos de mantenimiento y de operaciones, sin depender de terceros.
- Ahorrar la cuantiosa suma de dinero que se gasta cada vez que se debe contratar el servicio de transporte de materiales (barco-grúa).
- Otorgarle al sector de mantenimiento mayor flexibilidad para realizar sus tareas, debido a que dejarán de depender de la disponibilidad del barco-grúa.
- Optimizar la planificación y los tiempos de las tareas de mantenimiento.
- Mantener la limpieza y el orden en el muelle y orilla debido a que no hay materiales acumulados esperando a ser transportados por la grúa.
- Dejar de realizar grandes esfuerzos por parte de los operadores en los traslados manuales, reduciendo además el riesgo de accidentes y lesiones, como también la fatiga del operador, aumentando la seguridad en su integridad física.
- Mejorar la productividad en líneas generales (ahorro de costos, disminución de tiempos improductivos, disminución de mano de obra).
- Aumentar la capacidad de respuesta ante una rotura de alguno de los activos que se encuentran en el muelle, siendo la grúa de descarga y la cinta transportadora críticas para el proceso ya que es donde se descarga la materia prima que alimenta a la planta industrial.



UTN FRRO
Ing. Mecánica

Fecha vigencia 06/10/21

Fecha revisión 08/12/21

Versión 1.0

Página 11 de 157

PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

Para lograr interiorizarse al detalle en el problema, se dispuso una visita a la empresa en la cual se brindó una capacitación sobre los diferentes procesos industriales que lleva a cabo la empresa, haciendo énfasis especialmente en el mantenimiento de los equipos del muelle. Luego se realizó una recorrida por la planta, visitando el sector del muelle para observar en detalle cómo se traslada el material del proceso, las dimensiones del arroyo, los materiales e insumos que se deben trasladar.

La finalidad de nuestro proyecto es la de diseñar un sistema que permita a la empresa trasladar los materiales del muelle al puente y viceversa de una manera económica, segura y con una disponibilidad del 100% del tiempo.

Tenemos como limitaciones en el diseño el tamaño con el cual debe ser construido el sistema, ya que en el sector del muelle no disponemos de un amplio espacio, también del costo de fabricación y montaje del mismo, ya que este debe tener un retorno de inversión de máximo tres años para que la empresa acepte implementarlo.



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

8 PLANIFICACIÓN.

A continuación, se listarán el diagrama de Gantt desarrollado para el proyecto. El mismo se realizó mediante el software “Project” y se separó el proyecto en tres etapas:

1. Primera presentación durante el cursado de la materia (2019)

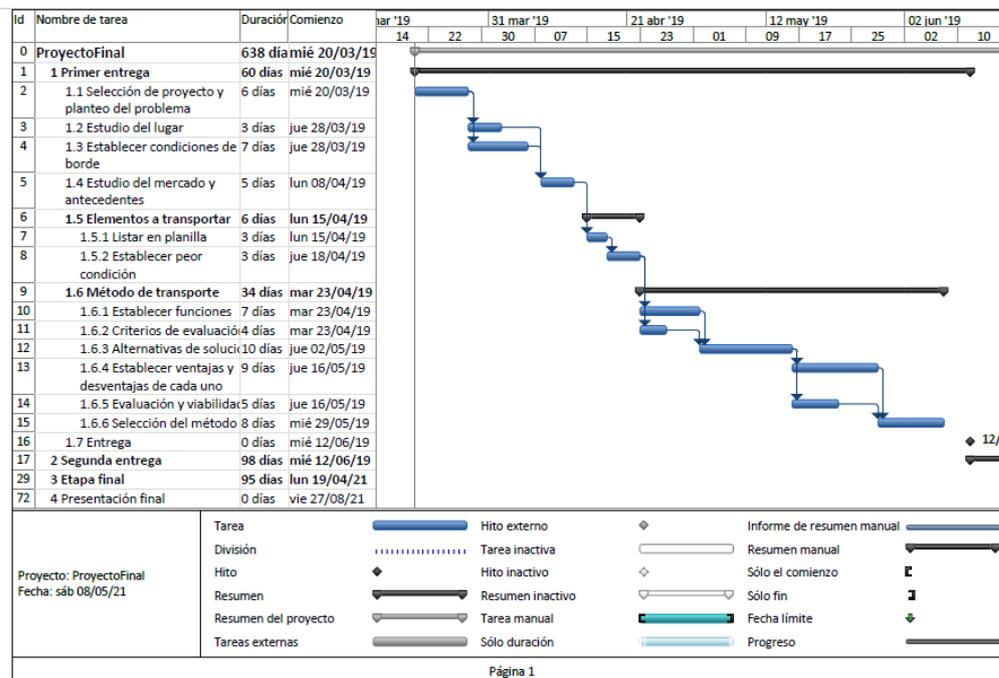


Figura 8.a: Primera presentación durante cursado de la materia (2019)



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

2. Segunda presentación antes del receso de verano. (2019).

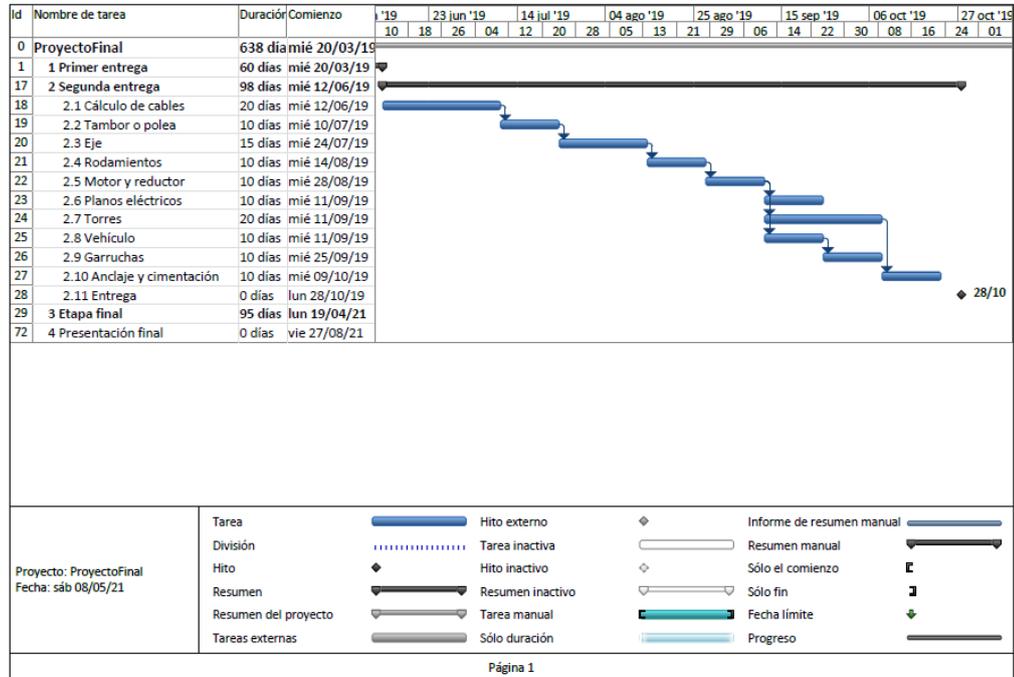


Figura 8.b: Segunda presentacion antes del receso de verano (2019)

3. Tercera presentación y examen de Proyecto Final. (2021).

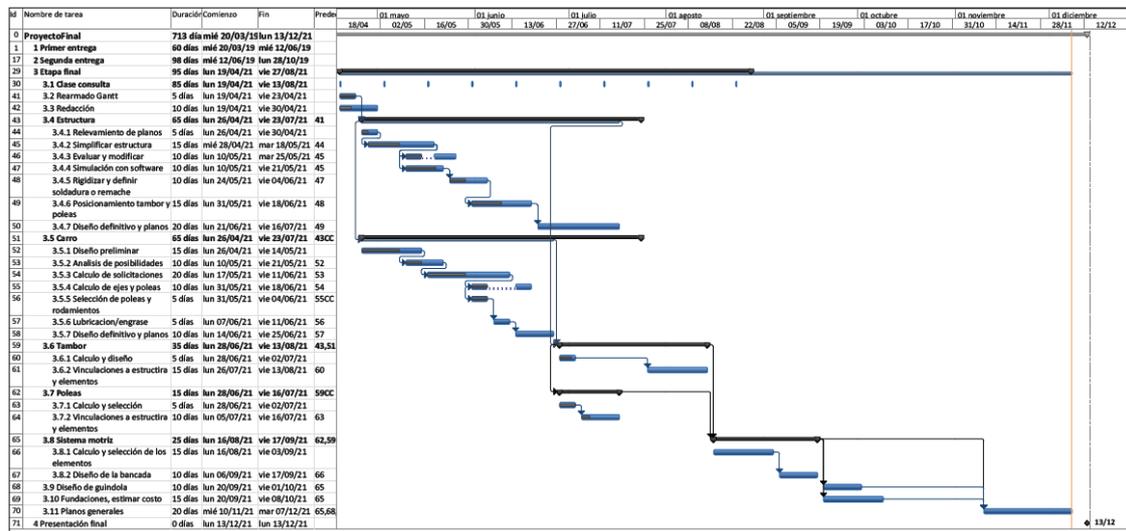


Figura 8.c: Tercera presentacion y examen de Proyecto Final (2021)

Esta planificación se encuentra disponible como anexo para mejor visualización.

	UTN FRRO Ing. Mecánica	Fecha vigencia	06/10/21
		Fecha revisión	08/12/21
		Versión	1.0
		Página 14 de 157	
PROYECTO FINAL			
SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO			

9 ESTADO DEL ARTE

Realizamos el estudio de distintos sistemas de transporte que se utilizan actualmente en la industria, e investigamos acerca del correcto manejo de materiales.

A continuación, citaremos algunos equipamientos:

Transportador de carros sobre rail: Consta de rieles que actúan como soporte y dispositivo de guiado sobre los que se desplazan las ruedas de un carro o plataforma (tipo ferrocarril). Por la laminación del acero en bruto se obtienen barras con el perfil requerido, que se cortan en tramos de 18 a 288 metros. Para realizar el montaje se disponen las barras perpendicularmente sobre los durmientes y se unen entre sí mediante eclisas y bulones, sujetándose a la traviesa mediante un sistema de fijación. Están provistos de motores eléctricos con variadores de frecuencia que permiten controlar la velocidad y rampas de aceleración y desaceleración.



Figura 9.a: Transporte de carro sobre rail



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

Transporte aéreo birrail: Es un sistema de transporte aéreo que consta de un perfil de apoyo con una doble vía de rodadura donde se suspende un carro de transporte. La cadena tractora se sitúa en la parte superior y los carros viajan libremente por la inferior empujados por distintos dispositivos.

Se utilizan para el manejo de productos con peso ligero y mediano, utilizados muy comúnmente en áreas de almacenamiento y líneas de montaje.

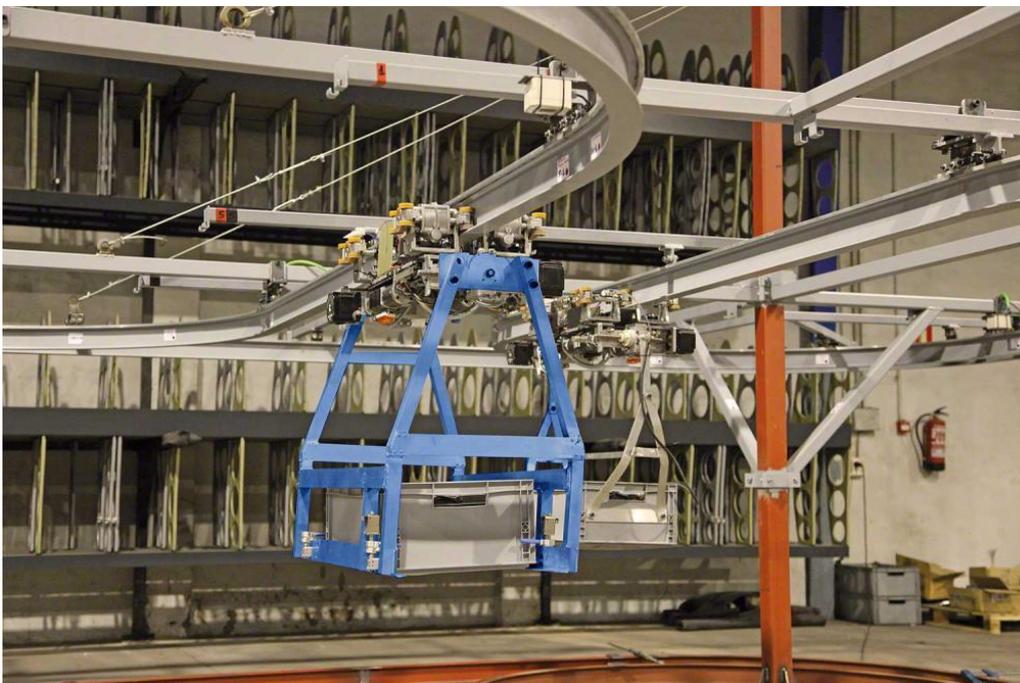


Figura 9.b: Transporte aereo birrail

Transporte por cables: Por transporte por cables se entienden todos aquellos medios de transporte de material o personas, cuyo mecanismo se basa en el arrastre de un cable portador asociado a una cabina o vagonetas que permiten enlazar rápidamente dos puntos que sería difícil conectar por carretera o ferrocarril. Si el transporte es aéreo se denomina transporte por teleférico, y en caso de estar en tierra se denomina por funicular.



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

Teleféricos: El transporte para personas se suele utilizar en estaciones de montaña, para puntos inaccesibles por otros medios, y los de descarga de material se utilizan en minería, obras públicas y en la industria pesada.

La instalación consta de una estación tractora que es la que proporciona el movimiento, y una estación tensora, que es la que proporciona la tensión necesaria al cable.

La instalación aérea consta de un número de pilonas ancladas en el terreno que soportan los cables y éstos soportan las cabinas o vagonetas. Existen dos tipos de teleféricos dependiendo del número de cables utilizados. Así, se tienen estaciones mono cables, en los que el cable portante es el mismo que el de tracción, y sistemas bi-cables, en los que el cable portante es diferente que el de tracción.



Figura 9.c: Transporte por cables, Teleferico.



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

Blondines: También denominado como cable-grúa, grúa funicular o andarivel, es una instalación similar a los puentes-grúa donde la viga-puente se reemplaza por un cable portante sobre el que se desliza el carretón del que se suspende la carga. Tanto el accionamiento del carretón como los movimientos de izado o descenso se consiguen mediante cables que se manejan desde el suelo. Su aplicación es habitual en la construcción de presas, puentes, astilleros, etc. Se distinguen los siguientes cables en el blondín:

- Cable vía o cable carril: Cable atirantado sobre el que se desplaza el carretón. Está fijo a dos mástiles o torres, actuando a modo de dintel de pórtico.
- Cable tractor o de vaivén: Es el que desplaza al carretón.
- Cable elevador: Sirve para el izado de la carga, fijando la posición vertical del gancho.

El uso de blondines suele quedar definido por las características de éste, pero resulta especialmente indicado para zonas de trabajo extensas y de difícil acceso a causa de los accidentes de terreno.

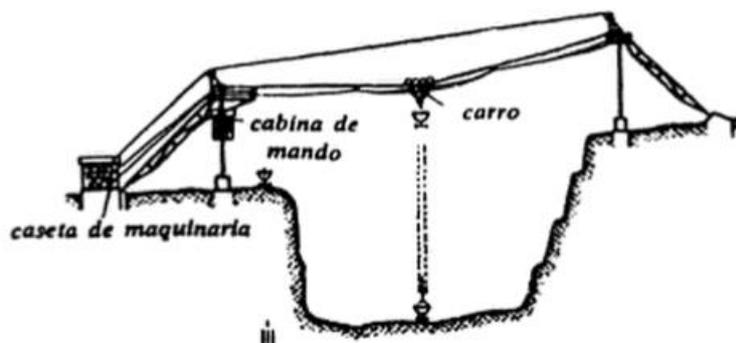


Figura 9.d: Representación gráfica de un blondín

Estos últimos sistemas de transporte deberán poseer un contenedor, unidad de carga o dispositivos de fijación para poder trasladar el material de manera segura.

La determinación del tamaño de la unidad de carga, bien como método contenedor, es influenciada por diversos factores como, por ejemplo: la cantidad de material a manejar, el número de veces que es removido de la

	UTN FRRO Ing. Mecánica	Fecha vigencia	06/10/21
		Fecha revisión	08/12/21
		Versión	1.0
		Página 18 de 157	
PROYECTO FINAL			
SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO			

unidad de carga, las condiciones ambientales a las que la se encuentra expuesta, la susceptibilidad a ser dañado, el tipo de equipamiento a utilizar para el manejo de la unidad de carga, las dimensiones de los artículos, el tramo que se debe trasladar, entre otros.

Generalmente, la unidad de carga es formada a través de la sobreposición de los artículos en un pale. Si la unidad de carga es demasiado pesada, se debe tener en consideración con mayor importancia el peso, en vez del volumen.

Las dimensiones de la unidad de carga y los equipamientos utilizados para su manejo, deben ser compatibles con otros equipamientos.



Figura 9.d: Blondin transporte para kiwis y materiales en la isla del Rio Nalon

	UTN FRRO Ing. Mecánica	Fecha vigencia	06/10/21
		Fecha revisión	08/12/21
		Versión	1.0
		Página 19 de 157	
PROYECTO FINAL			
SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO			

10 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

10.1 FUNCIONES

A continuación, se listan las diversas funciones que debe cumplir, con mayor o menor importancia, el diseño del sistema de transporte:

1. Trasladar materiales diversos para el mantenimiento de equipos. El sistema debe ser lo más versátil posible, debiéndose adaptar a materiales de distintas dimensiones, pesos y volúmenes.
2. Seguridad operativa, tanto para el personal operario como para la carga a trasladar.
3. Soportar la carga demostrando solidez y rigidez estructural.
4. Ser confiable, con el mayor factor de utilización posible y de rápida reparación.
5. Facilidad de construcción, puesta en marcha y mantenimiento, como así también sus costos deberán ser los mínimos posibles.
6. Debe mostrar un correcto desempeño, con una velocidad de transporte adecuada y un funcionamiento suave.
7. Facilidad de operación en el traslado de los materiales, al igual que el sistema de carga y descarga. Se deberá capacitar al personal operativo para que efectúe un correcto manejo del material.
8. Utilizar la menor cantidad de componentes en su diseño, en lo posible que sean de disponibilidad estándar, tratando de evitar la fabricación de partes de diseño único. Tener en cuenta que a la hora de reparación del equipo se necesitarán piezas de repuesto.
9. En caso de necesitar varios elementos para realizar el diseño, adoptar aquellos que sean en lo posible iguales.
10. Se debe tener en cuenta que el sistema trabajará a la intemperie.



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

10.2 VALORACIÓN POR PUNTOS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE

Para realizar un análisis objetivo de que sistema de transporte implementar, se realizó una valoración por punto, en la cual se listan funciones mencionadas en el capítulo “10.1 Funciones” y se le da un valor según su impacto. Posteriormente se analiza individualmente estos puntos con el respectivo sistema y se determina que beneficio tiene según la siguiente tabla:

Beneficio		Impacto	
1	Bajo	1	Bajo
3	Medio	3	Medio
5	Alto	5	Alto

Valoración por puntos:

Puntos a evaluar	Impacto	Beneficio			
		Carro sobre rail	Transporte por cables	Puente	Puente-grúa
Versatilidad de traslado de materiales	3	3	5	5	5
Seguridad operativa	5	3	3	5	3
Solidez y rigidez estructural	5	3	3	5	3
Confiable de operación	5	5	5	5	5
Facilidad de construcción	5	1	5	1	1
Rapidez y suavidad de transporte	1	3	3	3	3
Facilidad de operación	3	3	5	5	5
Capacidad de trabajar a la intemperie	5	1	5	5	3
Costo de construcción	5	1	5	1	1
Mantenimiento	1	1	3	3	1
		92	166	146	114

Luego de este análisis se tomó la decisión de diseñar un transporte por cables, el cual desarrollaremos en los siguientes capítulos.

	UTN FRRO Ing. Mecánica	Fecha vigencia	06/10/21
		Fecha revisión	08/12/21
		Versión	1.0
		Página 21 de 157	
PROYECTO FINAL			
SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO			

11 DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE POR CABLES

El diseño del sistema de transporte por cables se realizará según norma “ASME B30.16 - 2016”, por la cual, a lo largo de todo el documento se citarán los distintos puntos que debemos considerar.

Según “ASME B30.16 – 2016, sección 10-0.3: Personnel Competence”, las personas que desempeñen las funciones identificadas en la norma ASME B30.19-2016 deberán cumplir los criterios de calificación aplicables. Deberá, a través de la educación, la capacitación, la experiencia, la habilidad y la aptitud física, según sea necesario, ser competente y capaz de realizar las funciones determinadas por el empleador o el representante del empleador. En consecuencia, el diseño será realizado por personal capacitado en ingeniería mecánica y con experiencia laboral en la industria, cumpliendo con el citado requisito.

Según “ASME B30.16 – 2016, sección 10-0.3: Design and Manufacture”, el diseño del transporte por cables es único en el que cada instalación generalmente variara las clasificaciones de carga y las tensiones de sus componentes debido a sus condiciones geográficas, longitudes de trabajo y los ángulos necesarios de trabajo. Por lo tanto, en el siguiente punto se analizarán las condiciones generales del terreno, y luego se realizará un análisis de las fuerzas y tensiones necesarias.



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

11.1 CONDICIONES DE BORDE

Realizaremos una lista de todos los insumos que requiere el sector para realizar sus tareas en los equipos del muelle, detallando sobre distintos parámetros que debemos tener en cuenta a la hora de realizar su transporte (peso, volumen, dimensiones, frecuencia, cantidad).

A partir de allí, se obtienen conclusiones sobre los puntos que consideramos más importantes a tener en cuenta para realizar el diseño del sistema, seleccionando además las peores condiciones de trabajo.

ELEMENTO	FRECUENCIA (meses)	PESO (kg)	DIMENSIONES (mm)			CANT.	DESCRIPCIÓN
			LARGO	ANCHO	ALTO		
Cables ac. apertura y cierre	1,5	915	D = 850		620	1	D=25MM - 6X36hilos - L=300m
Cables de izaje	3	637	D = 850		620	1	D=1" - 6x36 + 1 - L=190m
Cables de traslación	3	1087	D = 850		620	1	D=34mm - 6x36+1 - L=170m
Chapa bandeja vibratoria	2	500	1000	2000	9,52	1	Antidesgaste - 3/8"
Tambor 200L de grasa	1	250	D = 600		880	1	
Rueda KOMATSU	3	200	D = 1250		500	1	Cubierta KOMATSU WA180 17,5x25
Rodillo p/cinta	1	5	D = 200		1400	10	
Rollo de cinta	12	1200	D = 1500		1500	1	
Reductor cinta	12	1485	1470	960	845	1	Mcorrec. - Posible rotura
Motor grúa	240	3300	1550	990	1550	1	
Equipo p/soldar	0,25	25				1	Tubo acetileno, oxígeno. Máq de soldar
Armadura andamio	0,5	10	3000			20	
Bomba río	6	75	D = 285		698	1	PUMPEX P3001 Motor de 9,4KW a 2850 RPM
Cables en desuso	1	1000	2500	D = 1"		120	
Bidones con gasoil	0,25	25	230	350	450	10	
Tambor 1000L de aceite	6	960	1200	1000	1170	1	

Tabla 11.1.a

Un insumo muy frecuente a trasladar son los distintos tipos de cables, los cuales son utilizados por la grúa del muelle. Por un lado, los cables en desuso son cortados previamente al traslado en longitudes de 2,5 metros, mientras que los cables nuevos provienen en bobinas de dimensiones y pesos similares.

Podemos observar que el insumo más pesado que se transporta es el motor de la grúa (3300 kgf), el cual se cambia cada 240 meses (20 años).

Llegamos a la conclusión de que no se justifica diseñar un sistema de transporte para un elemento pesado que debe trasladarse con poca frecuencia ya que, implicaría un diseño de mayores dimensiones para lograr soportar esta

	UTN FRRO Ing. Mecánica	Fecha vigencia	06/10/21
		Fecha revisión	08/12/21
		Versión	1.0
		Página 23 de 157	
PROYECTO FINAL			
SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO			

carga con todos los costos que eso conlleva (manufactura, montaje, operación, mantenimiento).

Con respecto a las dimensiones variables de los materiales, optamos por tomar como medidas base para la confección de la unidad de carga las medidas que posee un rollo de cinta transportadora, la cual tiene un diámetro de 1500 mm con un largo de 1500 mm.

En cuanto al peso máximo a transportar, se tomó como peor condición el traslado del reductor de la cinta transportadora (1485 kgf).

Concluyendo, la unidad de carga deberá tener unas dimensiones mínimas de 1500x1500x1500 mm, y el sistema deberá ser capaz de transportar un peso máximo de 1500 kgf.

	UTN FRRO Ing. Mecánica	Fecha vigencia	06/10/21
		Fecha revisión	08/12/21
		Versión	1.0
		Página 24 de 157	
PROYECTO FINAL			
SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO			

11.2 PARÁMETROS

Los parámetros a tener en cuenta para el diseño del sistema mecánico de transporte serán los siguientes:

1. El volumen de producción será unitario.
2. Dimensiones del muelle.
3. Peso, dimensión, volumen, frecuencia, cantidad de los distintos materiales.
4. Velocidad de transporte.
5. Potencia del equipo.
6. Costo máximo disponible.

A la hora de seleccionar sistema de transporte, debemos destacar que no existe una solución estándar para este problema, y que es un escenario común dentro de las empresas que tienen muelles a la orilla del Río Paraná.

En primer lugar, analizamos implementar un carro sobre riel, el cual necesitaría la construcción de una estructura demasiado onerosa para este proyecto. Como solución a eso, planteamos utilizar la estructura actual de la cinta como soporte de los rieles, sin embargo, no contábamos con el espacio suficiente para instalar el equipo necesario.

La idea más acorde a nuestras necesidades es la implementación de un sistema de transporte por cables o también llamado blondín, que nos brinda mayor facilidad de construcción, cumpliendo con los requisitos solicitados.

Por otra parte, este sistema tiene la ventaja de ser versátil y permite ser implementado en muchas de las empresas que tienen muelles a la orilla del Río Paraná. Solamente debemos modificar algunas variables en cuanto a las condiciones topográficas del lugar para adaptar el sistema a las necesidades de la empresa.



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

11.3 CONDICIONES INICIALES DEL TERRENO

Para empezar con el diseño del sistema de transporte por cable, se deben conocer las condiciones topográficas del terreno, como son los puntos en donde se van a poner los apoyos del cable y así mismo conocer alturas, pendientes, longitudes, etc. A continuación, se presenta según Figura 11.3.a la situación topográfica del lugar en donde se va a implementar el sistema:

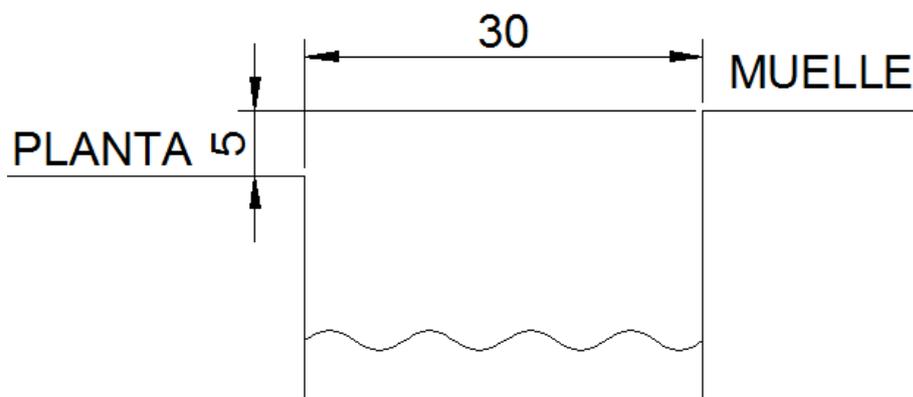


Figura 11.3.a: Representación gráfica de la situación topográfica Plana-Muelle

La distancia entre orillas es de 30 metros de longitud, donde el muelle se encuentra elevado 5 metros sobre la superficie de la planta. Además, consideramos que la pendiente que se forma entre los terrenos es la siguiente:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{5\text{m}}{30\text{m}} = 0,167 \rightarrow \alpha = 9,46^\circ$$

Este es un factor importante ya que para el sistema de traslación optamos por un motor con inversión de giro para otorgarle al carro una fuerza tanto al traslado de subida al muelle como al de retorno a planta, evitando que el mismo pueda frenar en el recorrido de descenso si hubiésemos dejado que lo haga por su propio peso.



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

11.4 CABLES

Es el producto final que está formado por varios torones, que son enrollados helicoidalmente alrededor de un alma. Los cables de acero están normalizados en las normas DIN 655 y 656.

11.4.1 El cable y sus componentes

Los cables de acero están constituidos por alambres de acero, generalmente trenzados en hélice (espiral) formando las unidades que se denominan torones (cordones) los cuales posteriormente son cableados alrededor de un centro que puede ser de acero o de fibra. El número de torones en el cable puede variar según las propiedades que se desean obtener

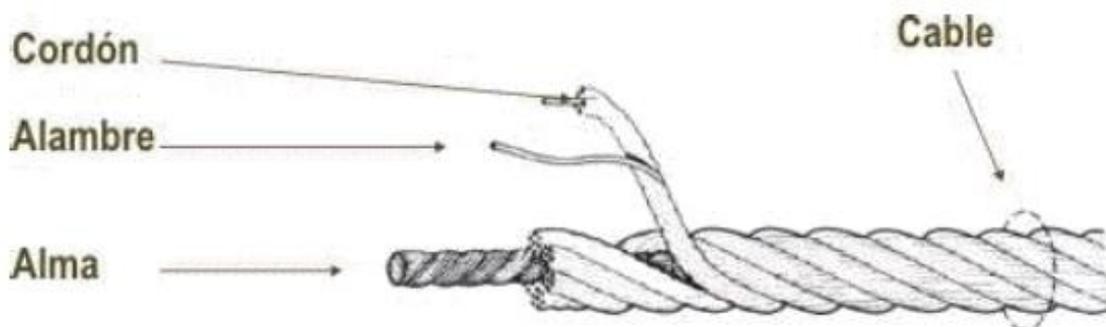


Figura 11.4.1: Cable de acero y sus componentes

- Alambres. El alambre es obtenido por estiramiento al reducir el diámetro del alambrón, haciéndolo pasar por dados o matrices mediante la aplicación de una fuerza axial.

Las propiedades del alambre dependen básicamente de su composición química, microestructura, nivel de inclusiones, tamaño de grano, segregaciones y condiciones del proceso.

- Torones. Están formados por alambres que pueden ser todos del mismo o de diferentes diámetros, trenzados helicoidalmente sobre un alma central.

- Alma. El alma o núcleo es el eje central de un cable, alrededor del cual van enrollados los torones. Se utiliza alma de acero, fibra natural o sintética.

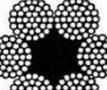


PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

11.4.2 Clasificación de los cables de acero

— CABLES METÁLICOS SEGÚN LA DIN 655

Composición	Número			Diámetro nominal del cable (tolerancia admisible $\pm 5\%$)	Diámetro del hilo (mm)	Sección metálica del cable (mm ²)	Peso (kg/m) (tolerancia admisible $\pm 5\%$)	Carga de ruptura calculada bajo una resistencia del hilo (kg/mm ²) de			
	de cordones	de hilos por cordón	total de hilos					130	160	180	
 6 x 19 = 114 hilos + 1 alma textil	A	6	19	114	6,5	0,4	14,3	0,135	1 860	2 300	2 550
					8	0,5	22,4	0,21	2 900	3 600	4 050
					9,5	0,6	32,2	0,30	4 200	5 150	5 800
					11	0,7	43,9	0,41	5 700	7 000	7 900
					12,5	0,8	57,3	0,54	7 450	9 150	10 300
					14	0,9	72,5	0,68	9 450	11 600	13 050
					16	1,0	89,5	0,85	11 550	14 300	16 100
					17	1,1	108,3	1,02	14 100	17 350	19 500
					19	1,2	128,9	1,22	16 750	20 600	23 200
					20	1,3	151,3	1,43	19 650	24 200	27 250
					22	1,4	175,5	1,66	22 800	28 050	31 600
 6 x 37 = 222 hilos + 1 alma textil	B	6	37	222	9	0,4	27,9	0,26	3 650	4 450	5 000
					10	0,45	35,3	0,34	4 600	5 650	6 350
					11	0,5	43,6	0,41	5 650	7 000	7 850
					12	0,55	52,7	0,50	6 850	8 450	9 500
					13	0,6	62,8	0,59	8 150	10 050	11 300
					14	0,65	73,7	0,70	9 600	11 800	13 250
					15	0,7	85,4	0,81	11 100	13 650	15 350
					16	0,75	98,1	0,93	12 750	15 700	17 650
					18	0,8	111,6	1,06	14 500	17 850	20 100
					20	0,9	141,2	1,34	18 350	22 600	25 400
					22	1,0	174,4	1,65	22 650	27 900	31 400
					24	1,1	211,0	2,00	27 450	33 750	38 000
					27	1,2	251,1	2,38	32 650	40 200	45 200
					29	1,3	294,7	2,80	38 300	47 150	53 050
					31	1,4	341,7	3,24	44 400	54 650	61 500
					33	1,5	392,3	3,72	51 000	62 750	70 600
					35	1,6	446,4	4,24	58 050	71 400	80 350
37	1,7	503,9	4,78	65 500	80 600	90 700					
40	1,8	564,9	5,36	73 450	90 400	101 700					
42	1,9	629,4	5,97	81 800	100 700	113 300					
44	2,0	697,4	6,62	90 650	111 600	125 550					
 8 x 37 = 296 hilos + 1 alma textil	C	8	37	296	16	0,6	83,7	0,84	10 900	13 400	15 050
					19	0,7	113,9	1,14	14 800	18 200	20 500
					20	0,75	130,8	1,31	17 000	20 950	23 550
					21	0,8	148,8	1,49	19 350	23 800	26 800
					23	0,85	168,0	1,68	21 850	26 900	30 250
					25	0,95	209,8	2,10	27 250	33 550	37 750
					27	1,0	232,6	2,32	30 250	37 200	41 850
					30	1,1	281,3	2,81	36 550	45 000	50 650
					32	1,2	334,8	3,35	43 500	53 550	60 250
					35	1,3	392,9	3,93	51 050	62 850	70 700
					37	1,4	455,7	4,56	59 200	72 900	82 000
					40	1,5	523,1	5,24	68 000	83 700	94 150
					43	1,6	595,1	5,95	77 350	95 200	107 100
					45	1,7	671,9	6,72	87 350	107 500	120 950
48	1,8	752,2	7,52	97 800	120 350	135 400					
51	1,9	839,2	8,39	109 100	134 300	151 050					
54	2,0	929,9	9,30	120 900	148 800	167 400					
58	2,2	1125,1	11,25	146 250	180 000	202 500					

Designación de un cable cruzado (K), composición A de un diámetro nominal de 16 mm (seis cordones de 19 hilos de 1,0 mm de diámetro), resistencia de 160 kg/mm²; Cable A 16 x 16 DIN 655. Normalmente los cables se envían en acero sin galvanizar, cruzados (K), con arrollamiento a la derecha. En el caso de un cable Lang (G) a la izquierda (S), bajo indicación expresa se envían galvanizados y preformados; Cable A 16 x 160 GS DIN 655, galvanizado, preformado. Se debe utilizar preferentemente los diámetros en negritas.

Figura 11.4.2.a: Cables de acero según norma DIN 655



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

CABLES METÁLICOS SEGÚN LA DIN 656

Composición	Número			Diámetro nominal del cable (tolerancia admisible $\pm 5\%$)	Diámetro del hilo (mm)			Sección metálica del cable (mm ²)	Peso (kg/m) (tolerancia admisible $\pm 5\%$)	Carga de ruptura calculada bajo una resistencia del hilo (kg/mm ²) de								
	de cordones	de hilos por cordón	total de hilos		int.	media	ext.			130	160	180						
<p>6 x 19 = 114 hilos + 1 alma textil</p>	A	6	19	114	8	0,80	0,37	0,65	26,7	0,26	3 450	4 250	4 800					
					10	0,95	0,45	0,80	39,9	0,38	5 150	6 350	7 150					
					12	1,2	0,55	0,95	57,8	0,55	7 500	9 250	10 400					
					14	1,4	0,65	1,1	78,4	0,75	10 150	12 550	14 100					
					16	1,6	0,7	1,3	104,5	1,00	13 550	16 700	18 800					
					18	1,7	0,8	1,4	123,8	1,18	16 100	19 800	22 250					
					20	1,9	0,9	1,6	159,9	1,33	20 750	25 550	28 750					
					22	2,2	1,0	1,7	187,7	1,79	24 400	30 000	33 800					
					24	2,4	1,1	1,9	231,5	2,20	30 100	37 000	41 650					
					26	2,6	1,2	2,0	262,5	2,50	34 100	42 000	47 250					
					29	2,8	1,3	2,2	313,8	2,98	40 800	50 200	56 500					
					31	3,0	1,4	2,4	369,8	3,51	48 050	59 150	66 550					
					<p>8 x 19 = 152 hilos + 1 alma textil</p>	B	8	19	152	14	1,1	0,5	0,9	67,5	0,67	8 750	10 800	12 150
16	1,3	0,6	1,0	87,5						0,87	11 350	14 000	15 750					
17,5	1,4	0,65	1,1	104,6						1,05	13 600	16 700	18 800					
20	1,6	0,7	1,3	139,3						1,39	18 100	22 250	25 050					
22	1,7	0,8	1,4	165,1						1,65	21 450	26 400	29 700					
24	1,9	0,9	1,6	213,2						2,13	27 700	34 100	38 350					
27	2,2	1,0	1,7	250,3						2,50	32 550	40 050	45 050					
30	2,4	1,1	1,9	308,7						3,09	40 100	49 400	55 550					
32	2,6	1,2	2,0	350,0						3,50	45 500	56 000	63 000					
<p>6 x 37 = 222 hilos + 1 alma textil</p>	C	6	37	222						25	1,3	0,95	1,3	239,0	2,27	31 050	38 200	43 000
										20	1,4	1,0	1,4	273,8	2,60	35 600	43 800	49 250
					29	1,5	1,1	1,5	318,7	3,02	41 400	51 000	57 350					
					31	1,6	1,2	1,6	367,1	3,48	47 700	58 750	66 050					
					33	1,7	1,2	1,7	401,4	3,81	52 150	64 200	72 250					
					35	1,8	1,3	1,8	455,3	4,32	59 150	72 850	81 950					
					37	1,9	1,4	1,9	512,8	4,87	66 650	82 000	92 300					
					39	2,0	1,5	2,0	537,7	5,45	74 550	91 750	103 250					
					<p>6 x 19 = 114 hilos + 1 alma textil</p>	D	6	19	114	8	0,6	0,45	0,6	27,7	0,26	3 600	4 400	5 000
										10	0,7	0,55	0,7	38,5	0,36	5 000	6 150	6 900
										12	0,85	0,65	0,85	56,2	0,53	7 300	8 950	10 100
14	1,0	0,75	1,0	77,1						0,73	10 000	12 300	13 850					
16	1,1	0,85	1,1	94,5						0,89	12 250	15 100	17 000					
18	1,3	0,95	1,3	129,0						1,22	16 750	20 600	23 200					
20	1,4	1,1	1,4	154,2						1,46	20 050	24 650	27 750					
22	1,6	1,2	1,6	197,5						1,87	25 650	31 600	35 550					
24	1,7	1,3	1,7	224,8						2,13	29 200	35 950	40 450					
26	1,9	1,4	1,9	276,5						2,62	35 950	44 250	49 750					
28	2,0	1,5	2,0	308,6						2,93	40 100	49 350	55 550					
30	2,2	1,6	2,2	368,8						3,50	47 950	59 000	66 350					
<p>8 x 19 = 152 hilos + 1 alma textil</p>	E	8	19	152						14	0,85	0,65	0,85	74,9	0,75	9 700	11 950	13 450
					16	0,95	0,70	0,95	92,1	0,92	11 950	14 750	16 550					
					18	1,1	0,8	1,1	122,9	1,23	15 950	19 650	22 100					
					20	1,2	0,9	1,2	148,1	1,48	19 250	23 700	26 650					
					22	1,3	0,95	1,3	172,0	1,72	22 350	27 500	30 950					
					24	1,4	1,1	1,4	205,7	2,06	26 700	32 900	37 000					
					27	1,6	1,2	1,6	263,3	2,63	34 200	42 100	47 400					
					29	1,7	1,3	1,7	299,7	3,00	38 950	47 950	53 950					
					32	1,9	1,4	1,9	368,7	3,69	47 900	59 000	66 350					

Designación de un cable cruzado (K), composición A (Seal-Lay) de un diámetro nominal de 20 mm (seis cordones de 19 hilos), resistencia del hilo, 160 kg/mm²: Cable A 20 x 160 DIN 656.
Normalmente los cables se envían en acero sin galvanizar, cruzados (K), con arrollamiento a la derecha (Z). En el caso de un cable galvanizado, arrollamiento Lang (G) a la izquierda (S) preformado, se debe especificar: Cable A 20 x 160 GS DIN 656, galvanizado, preformado. Se debe utilizar de preferencia los diámetros en negritas.

Figura 11.4.2.b: Cables metalicos según norma DIN 656

	UTN FRRO Ing. Mecánica	Fecha vigencia	06/10/21
		Fecha revisión	08/12/21
		Versión	1.0
		Página 29 de 157	
PROYECTO FINAL			
SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO			

Los cables se clasifican según:

- a) diámetro
- b) número de torones
- c) número de alambres
- d) tipo de alma o núcleo
- e) construcción.

En cuanto a la composición, según las normas DIN 655 y 656 es necesario notar:

1) Según la norma DIN 655, los cables se componen de un cierto número de hilos del mismo diámetro. Cada torón de la composición A (6x19) tiene dos capas de seis y doce hilos alrededor de un alma, mientras las composiciones B (6x37) y C (8x37) tienen además una tercera capa de 18 hilos.

Para el mismo diámetro exterior, un cable B (6x37) está hecho con hilos mucho más finos que un cable A (6x19) ya que el número de hilos es más elevado. Lo mismo que un cable C (8x37) está hecho con hilos más finos que un cable B (6x37) ya que el número de torones es mayor. Dentro de la composición según la norma DIN 655, los hilos tienen la misma inclinación en todas las capas de un cordón. De ello resulta teóricamente, una distribución uniforme de la tracción. Todos los hilos tienen la misma longitud, independientemente de su posición en una capa interior o exterior. Pero el paso varía de una capa a otra, dado que el diámetro de arrollamiento no es el mismo. A mayor diámetro corresponde un mayor paso. Resulta así que los hilos de la capa exterior no son paralelos a los de la capa interior y los cruzan.

2) Los torones de la DIN 656, en cambio, tienen el paso constante. La inclinación de los hilos varía de una capa a la otra. En estos torones los hilos no se cruzan nunca, ya que los hilos de las capas exteriores se alojan entre los espacios de los de la capa precedente. Para ello es necesario utilizar hilos de diámetros diferentes. Los torones de cables Seal-Lay, A y B (6x11 y 8x19) se componen de un grueso hilo central cubierto por una capa de nueve hilos finos.



UTN FRRO
Ing. Mecánica

Fecha vigencia 06/10/21

Fecha revisión 08/12/21

Versión 1.0

Página 30 de 157

PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

Dentro de los surcos de esta capa se ponen los nueve hilos gruesos de la capa exterior, dándole al torón mayor resistencia a la abrasión. En la forma C (6x37) una capa de hilos finos se intercala entre dos capas de hilos gruesos rellenando los espacios existentes entre los mismos. Este tipo de torón se utiliza cuando se requieren cables de mayor sección metálica y con buena resistencia al aplastamiento. Las formas D y E comprenden los cables Warrington, que se caracterizan por tener una capa exterior formada por alambres de dos diámetros diferentes, alternando su posición.

	UTN FRRO Ing. Mecánica	Fecha vigencia	06/10/21
		Fecha revisión	08/12/21
		Versión	1.0
		Página 31 de 157	
PROYECTO FINAL			
SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO			

11.4.3 Clases de arrollamientos

Los cables pueden tener arrollamiento cruzado o lang:

11.4.3.a Arrollamiento cruzado.

Es aquel en el que los cordones están arrollados en sentido contrario al de los alambres que lo forman.

Ventajas:

- Es de más fácil manipulación que el cable lang.
- Tiene menos tendencia a girar y a descablearse.
- Por su estructura es más resistente al aplastamiento y a las deformaciones.

Inconvenientes:

- Menor resistencia al rozamiento, debido a que posee una menor superficie de contacto con las poleas.

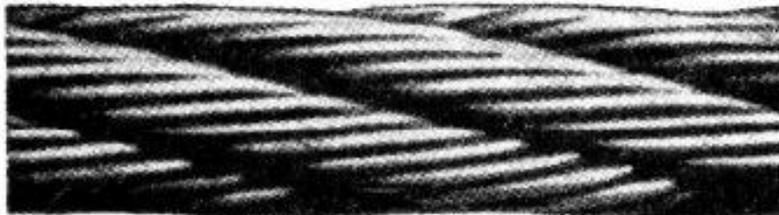


Figura 11.4.3.a: Arrollamiento Cruzado

	UTN FRRO Ing. Mecánica	Fecha vigencia	06/10/21
		Fecha revisión	08/12/21
		Versión	1.0
		Página 32 de 157	
PROYECTO FINAL			
SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO			

11.4.3.b Arrollamiento Lang

Los alambres en el cordón y los cordones en el cable están arrollados en el mismo sentido.

Ventajas:

- Tienen una gran resistencia al desgaste por rozamiento al trabajar en poleas o tambores.
- Es más flexible, posee mayor superficie de apoyo y mejor llenado del área de la sección transversal.

Inconvenientes:

- Se debe manipular con precaución para evitar la formación de "cocas".
- Tiene gran tendencia a descablearse (para evitar el des cableado se deben preformar los alambres).

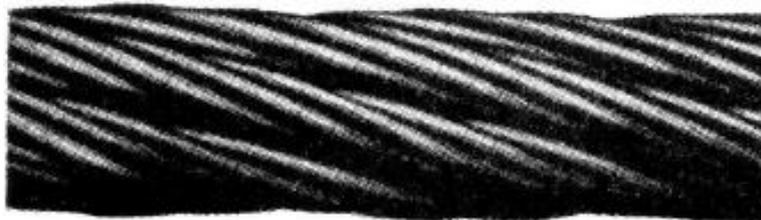


Figura 11.4.3.b: Arrollamiento Lang

11.4.3.1 **Almas de cables**

El alma del cable es un soporte interior destinado a que los cordones, bajo la carga y presiones de trabajo, no pierdan su apoyo y posición, y los alambres de dos cordones adyacentes no se entallen entre sí. Pueden ser de fibra o acero:

- Alma de fibra. Son cuerdas de fibras vegetales resistentes, fuertemente impregnadas de una grasa especial. Características:
 - Proporciona a los cordones un asiento elástico para evitar el desgaste por rozamiento y entalladuras entre los diferentes cordones.
 - Constituye un depósito de lubricante que asegura el engrase interior durante largo tiempo.
 - Aumenta la elasticidad y flexibilidad del cable.



UTN FRRO
Ing. Mecánica

Fecha vigencia 06/10/21

Fecha revisión 08/12/21

Versión 1.0

Página 33 de 157

PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

- No resiste el trabajo a temperaturas elevadas.

- Alma de acero. El alma de acero consiste de otro cable formado por cordones o por alambres, dependiendo de los requerimientos de trabajo.

Características:

- Resistente al aplastamiento.

- Ideal para trabajar en instalaciones a la intemperie.

- No permite gran flexibilidad.

	UTN FRRO Ing. Mecánica	Fecha vigencia	06/10/21
		Fecha revisión	08/12/21
		Versión	1.0
		Página 34 de 157	
PROYECTO FINAL			
SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO			

11.4.4 Cables en teleféricos y blondines

A continuación se describen los tipos de cables y sus dimensionamientos para sistemas de transporte:

11.4.5 Tipos de cables y su uso

Los cables carril son de alma de acero, cerrados y no tienen empalmes. En algunas ocasiones se utilizan cables anti giratorios. Mientras que los cables tractores son de acero de tipo flexible de cordones y galvanizados y con arrollamiento de igual paso. Los cables de tensión son especialmente flexibles, no siendo de capas múltiples de cordones salvo en el caso del uso de poleas de gran diámetro o trenes de rodillos.

11.4.6 Dimensionamiento de los cables.

Para el diseño de los cables a partir de este punto del proyecto, se tomarán en cuenta los requisitos según “ASME B30.16 – 2016, sección 19-1.3.3 Ropes”.

De acuerdo a la funcionalidad del cable, se debe tener en cuenta las siguientes especificaciones para su correcta selección y diseño:

Coeficientes de seguridad: La sollicitación máxima del cable debe ser inferior a cierto límite, más allá del cual la duración del cable se pone en peligro. Para prevenir este riesgo se adopta una carga de trabajo que viene determinada por el resultado de dividir la carga de ruptura real del cable por el coeficiente de seguridad, que la experiencia ha sancionado como el más adecuado para cada aplicación. En la siguiente tabla se dan algunos de ellos.



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

Sector	Construcción
Cables fijos. Cables de puentes colgantes	3-4
Cables carriles para teleféricos	3.5-5
Cables tractores para teleféricos	5-7
Cables de labor, elevación y grúas	5-9
Cables para instalaciones importantes	8-12
Cables para transporte de personal	8-12
Cables para planos inclinados	5-8
Cables para pozos de extracción	8-12
Cables para ascensor	8-17
Cables para cabrestantes y trenajes	4-8

Tabla 11.4.6.a: Coeficiente de seguridad según aplicación

11.4.7 Cable carril

Es el cable que se encarga de soportar el peso tanto del vehículo como el de su carga, y también sirve de guía al recorrido de este. Se encuentra fijo y anclado en sus dos extremos, puede ir apoyado a lo largo del recorrido dependiendo de la topografía para así evitar grandes deflexiones que impida el desplazamiento correcto del vehículo. Es un cable de suspensión que debido a la sollicitación de la carga este se obliga a cambiar su forma, produciendo únicamente esfuerzos de tensión, que se distribuyen uniformemente sobre su sección transversal.

Se deben priorizar las características más relevantes a la hora de seleccionar el tipo de cable carril más adecuado:

1. Resistencia. Es el factor mandatorio y define el diámetro del cable.
2. Fatiga y abrasión. Considerando estos dos factores se selecciona el tipo de construcción más apropiada.

- Fatiga. Es la resistencia a las flexiones y vibraciones, es considerable cuando el cable se dobla alrededor de poleas, tambores o rodillos con bajos radios de



UTN FRRO
Ing. Mecánica

Fecha vigencia 06/10/21

Fecha revisión 08/12/21

Versión 1.0

Página 36 de 157

PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

curvatura o menores a los recomendados. Sin embargo, para el caso del cable carril no es considerable ya que el cable no dobla alrededor de la polea, sino que la utiliza únicamente como apoyo por lo cual la flexibilidad del cable no es mandataria.

- Abrasión. Es un factor mucho más representativo en este caso particular, ya que la fricción entre el cable y poleas produce un desgaste en los alambres exteriores.

La mayor flexibilidad de un cable de acero está en proporción inversa al diámetro de los alambres externos del mismo, mientras que la resistencia a la abrasión es directamente proporcional a este diámetro.

En consecuencia, se debería elegir una composición con alambres finos cuando prevalezca el esfuerzo a la fatiga de un doblamiento, y una composición de alambres externos más gruesos cuando las condiciones de trabajo exijan gran resistencia a la abrasión.

Para cable carril es conveniente utilizar una configuración 6 x 7, debido a que el número de alambre (7), que forman el torón (6) es reducido. Esto indica una construcción de cables por alambres gruesos lo que le da la característica de ser muy resistente a la abrasión, y tiene una flexibilidad reducida, lo que permitirá seguir una trayectoria más homogénea de los vehículos.

Sin embargo, optamos por seleccionar un cable de construcción 6 x 19 debido a que, además de encontrarse fácilmente en el comercio, en caso de un severo desgaste o corte de los alambres exteriores, la sección de trabajo disminuirá en menor proporción.



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

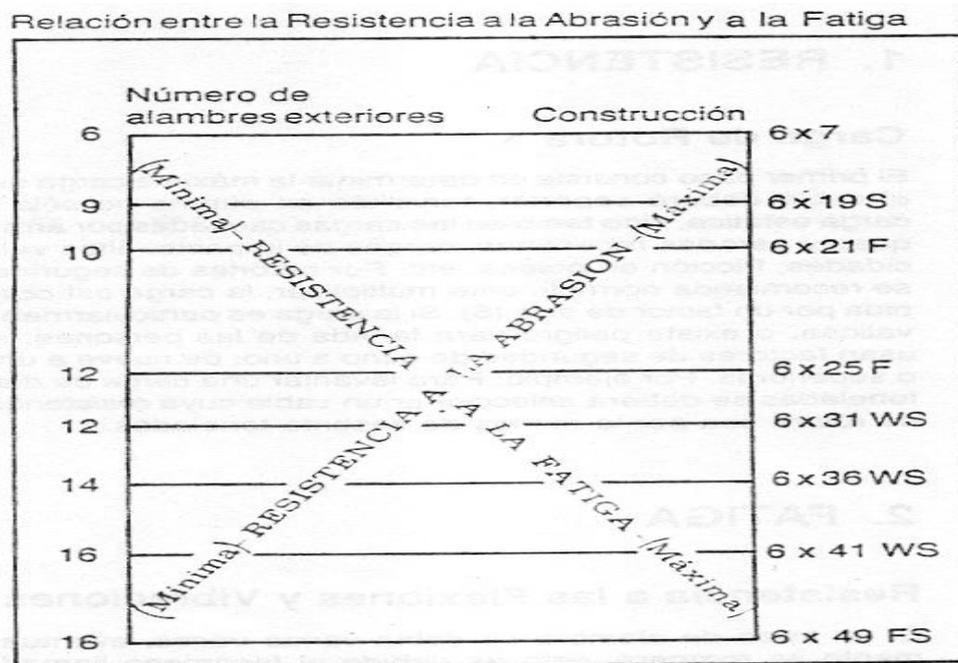


Figura 11.4.7.a: Relación entre la resistencia a la abrasión y a la fatiga

- Aplastamiento. Para disminuir los efectos debido al aplastamiento se selecciona un cable con alma de acero ya que esta da mayor soporte a los cordones e impide su deformación.

El alma de acero se ha seleccionado considerando también que prima la resistencia a la tracción.

- Exposición a la corrosión. Como las condiciones en las que va a operar el blondín no son muy agresivas, no es económicamente recomendable utilizar cables con acabado galvanizado. Es recomendable el terminado negro, conocido también como brillante.



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

11.4.8 Cable tensor

El cálculo de la sección necesaria de cable tensor se realiza de acuerdo a la tensión máxima a que estará sometido durante su explotación. Para ello utilizamos como guía de dimensionamiento el libro “*Aparatos de Elevación y Transporte*” (Helmut Ernst). El mismo cuenta con una sección denominada *Blondines*, que cuenta con un procedimiento de cálculo empírico según las sollicitaciones de trabajo.

En primer lugar, se obtienen las relaciones entre el valor de flecha máxima con la tensión a la cual estará sometida el cable.

Flecha debido a la carga aislada (catenaria de forma poligonal):

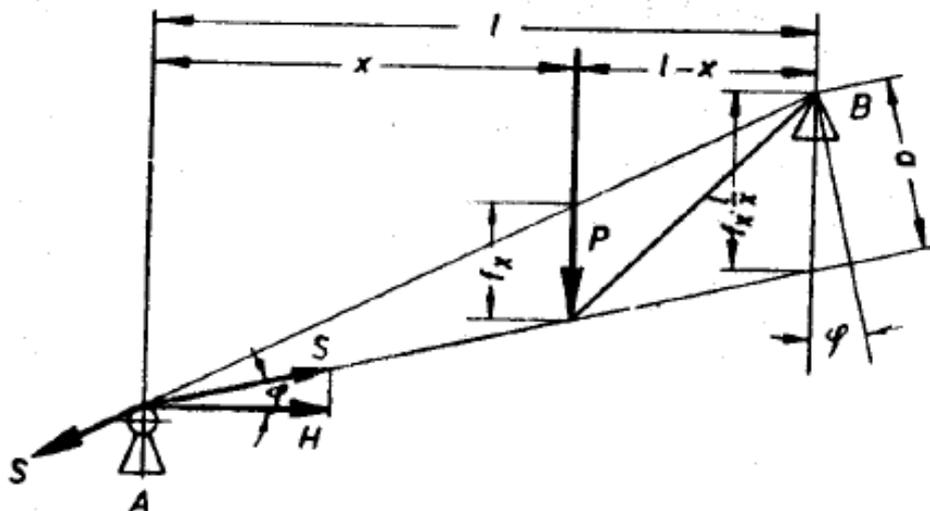


Figura 11.4.8.a: Catenaria debido a la carga aislada.

$$f_x = P \frac{(l-x)x}{l * S}$$

Si la carga aislada se encuentra en el centro, la flecha alcanza su máximo valor:

$$f_{\text{máx}} = P \frac{l}{4 * S}$$



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

Flecha debido al peso propio del cable tensor (catenaria de forma parabólica):

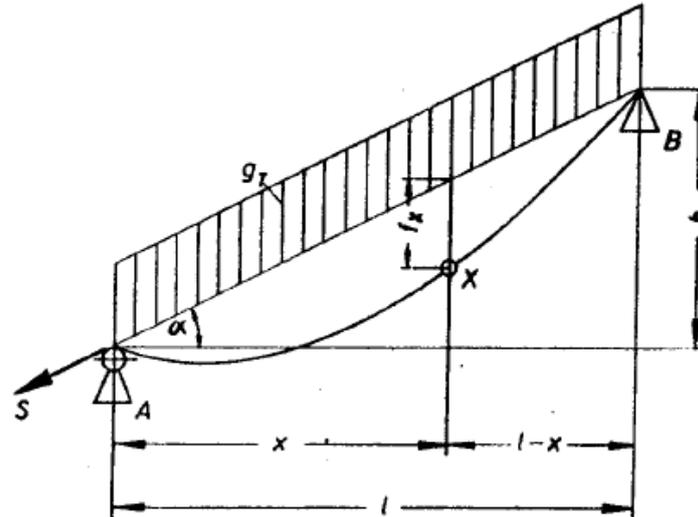


Figura 11.4.8.a: Catenaria debido al peso propio del cable tensor.

$$f_x = g_T \frac{(l-x)x}{2 * S}$$

La flecha máxima en el centro es:

$$f_{m\acute{a}x} = g_T \frac{l^2}{8 * S}$$

En este cálculo no se ha tenido en cuenta el hecho de que el cable tensor no tiene la longitud del recorrido inclinado sino la de la propia línea elástica formada por el cable. El cálculo exacto da una línea catenaria y no una parábola como se ha supuesto; no obstante, en las condiciones normales estas diferencias son tan pequeñas que no se utilizan en la práctica las fórmulas exactas de la catenaria, que precisan un cálculo mucho más complejo.

La flecha resultante es la suma de las flechas calculadas para la carga aislada y para el peso propio del cable.

$$f_{m\acute{a}x} = P \frac{l}{4 * S} + g_T \frac{l^2}{8 * S}$$

Luego, se adopta un valor admisible de flecha máxima (catenaria). Normalmente se admite una flecha total del cable bajo la carga y con el peso



UTN FRRO
Ing. Mecánica

Fecha vigencia 06/10/21

Fecha revisión 08/12/21

Versión 1.0

Página 40 de 157

PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

propio de 1/20 a 1/30, en promedio de 1/25 de la longitud entre apoyos. La distancia entre orillas es de 30 metros, pero debido a condiciones del terreno decidimos ubicar la estructura de planta 10 metros desde la propia orilla, dándonos una distancia total entre apoyos de 45 metros.

$$f_{m\acute{a}x} = \frac{l}{25} = \frac{45m}{25} = 1,8 \text{ m}$$

La tensión a la cual estará sometido el cable tensor de acuerdo a este valor de flecha máxima adoptado será:

$$S = P \frac{l}{4 * f_{m\acute{a}x}} + g_T \frac{l^2}{8 * f_{m\acute{a}x}} = \left(P + \frac{g_T * l}{2} \right) \frac{l}{4 * f_{m\acute{a}x}}$$

Este valor debe ser afectado por un coeficiente de seguridad recomendado según “ASME B30.16 – 2016, sección 19-1.3.3 Ropes”, el cual debe ser como mínimo igual a 3. Por lo cual hemos decidido:

$$\frac{C_{rot}}{S} \geq 3,5$$

Donde C_{rot} es la tensión de rotura del cable seleccionado.

Para la selección del diámetro de cable estándar necesario utilizamos un método de verificación a prueba y error con ayuda de la herramienta Excel obteniendo los siguientes resultados:

		Modelo: IPH 619, 6x19 Alma Acero									
Diámetro del cable	D [mm]	26		28		32		35		38	
Grado de cable		1770	1960	1770	1960	1770	1960	1770	1960		
Peso por metro cable	Gt [kg/m]	2,700	2,700	3,140	3,140	4,100	4,100	4,900	4,900	5,780	5,780
Carga mínima de rotura	Crot [kg]	43500	48200	50400	55800	65800	73000	78800	87200	92900	103000
Sección cable	F [cm ²]						8,042		9,621		
Flecha máxima	Fmax [m]	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800
Peso total	P [kg]	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
Tensión máxima	S [kg]	15379,69	15379,69	15441,56	15441,56	15576,56	15576,56	15689,06	15689,06	15812,81	15812,81
Factor de seguridad	Fs	2,828	3,134	3,264	3,614	4,224	4,687	5,023	5,558	5,875	6,514

Tabla 11.4.8.a: Modelo de Excel para selección diámetro de cable tensor de acero.

	UTN FRRO Ing. Mecánica	Fecha vigencia	06/10/21
		Fecha revisión	08/12/21
		Versión	1.0
		Página 41 de 157	
PROYECTO FINAL			
SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO			

Finalmente, los datos del cable seleccionado son:

Marca	IPH
Modelo	6x19 – Seal Lay
Alma	Acero
Arrollamiento	Lang
Diámetro	32 mm
Grado	1770 MPa – 180 kgf/cm ²
Carga mínima de rotura	65800 kgf
Factor de seguridad	4,224

Este cable tensor se montará anclado en sus extremos al suelo, previo paso por la estructura de fijación.

11.4.9 Anclaje cable portador

Como se explicó en el punto anterior, el cable portador utilizado estará anclado al suelo. Por lo tanto, NO tendrá contrapeso. Para proceder a anclar el mismo a la base, es necesario seleccionar una serie de accesorios que posibiliten realizar esta conexión.

En primer lugar, tendremos la conexión final para cable de acero, que se coloca en el extremo del cable portador. Seleccionamos una conexión marca ROPEBLOCK, que se fabrica en Holanda. Estos accesorios son comercializados por la firma Ortiz Fischer.

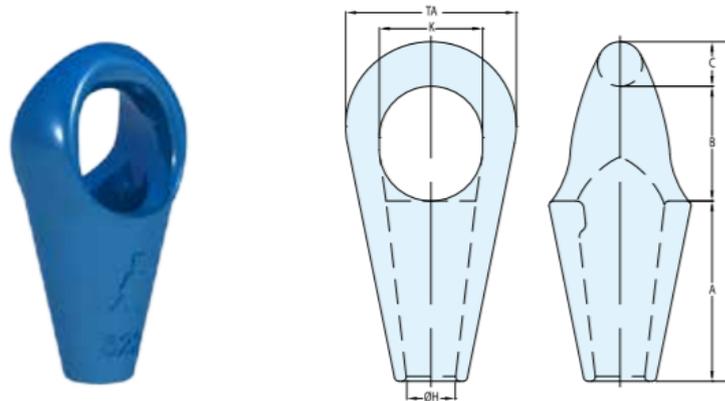


PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

Short Bow Sockets

Quenched and tempered cast steel



Model nr.	MBL (Mtons)	for wire Ø		Dimensions (mm)							Weight (kg)
		mm	inch	A	B	C	ØH	K	TA	TL	
SBS 512	140	31-36	1 ¹ / ₄ -1 ³ / ₈	141	83	38	39	75	132	262	7
SBS 517	160	37-42	1 ¹ / ₂ -1 ⁵ / ₈	162	103	40	44	92	152	305	10
SBS 519	200	43-48	1 ³ / ₄ -1 ⁷ / ₈	188	120	48	51	112	178	356	16
SBS 522	250	49-54	2-2 ¹ / ₈	204	132	54	59	120	200	390	21
SBS 524	320	55-60	2 ¹ / ₄ -2 ³ / ₈	230	148	62	64	135	220	440	28
SBS 526	400	61-68	2 ¹ / ₂ -2 ⁵ / ₈	265	165	68	73	150	250	498	44
SBS 527	500	69-75	2 ³ / ₄ -2 ⁷ / ₈	287	178	75	79	164	274	540	53
SBS 528	600	76-80	3-3 ¹ / ₈	314	195	76	89	175	295	585	70
SBS 529	700	81-86	3 ¹ / ₄ -3 ³ / ₈	327	216	82	92	194	320	625	81
SBS 530	800	87-93	3 ¹ / ₂ -3 ⁵ / ₈	358	220	92	99	202	350	670	112
SBS 531	900	94-102	3 ³ / ₄ -4	365	235	100	105	215	375	700	130
SBS 533	1000	108-115	4 ¹ / ₄ -4 ¹ / ₂	420	270	110	120	240	410	800	182

Tabla 11.4.9.a: Tabla de fabricante.

Para nuestro cable portador de 32mm el modelo que corresponde es el SBS 512. El mismo soporta hasta 140 toneladas, por lo tanto, verifica correctamente. Se selecciono el modelo de conector SBS porque es el de última generación ideal porque soporta hasta cargas dinámicas. El coeficiente de seguridad es de 5.

Luego de este accesorio, se procede a colocar un tensor roscado, que nos permitirá tensar el cable y montar y desmontar con relativa facilidad. Se selecciona uno de la marca Green Pin, comercializado por Ortiz Fischer.

Elegimos el modelo G-6315, que es un tensor roscado con extremos Ojo – Horquilla. El extremo Horquilla lo solicitamos con tuerca de seguridad y trava.



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

Para la carga que tenemos (15.600kgf) solicitamos el modelo que soporta hasta 27,2 toneladas de carga máxima de trabajo (CMT), para mayor seguridad. Como indica la Figura extraída del catálogo, la carga mínima de rotura (CMR) es 6 veces la CMT.



G-6315



Tensores Green Pin® Ojo - Horquilla

Generalmente según ASTM F1145-92

- **Material** : acero de alta resistencia forjado SAE 1035 o 1045
- **Factor de Seguridad** : CMR = 5 x CMT
- **Norma** : Generalmente según ASTM F1145-92
Antes U.S. Fed. Spec. FF-T-791b
- **Acabado** : galvanizado en caliente
- **Certificación** : 2.1 2.2 3.1
- **Nota** : Las horquillas van equipadas con tornillos y tuercas en tamaños desde 3/8" hasta 5/8", los tamaños desde 3/4" van con pasador y pasador de retención.

carga máxima de trabajo	diámetro de rosca	capacidad de abertura	longitud de posición cerrada	longitud de posición abierta	abertura horquilla	longitud interior horquilla	diámetro pasador horquilla	espesor ojo horquilla	diámetro ojo horquilla	diámetro ojo interior	ancho ojo interior	longitud interior ojo	longitud de posición cerrada	peso unidad
tons.	a pulgada	b pulgada	c mm	d mm	e mm	f mm	g mm	h mm	i mm	j mm	k mm	l mm	m mm	kg
0.54	3/8	6	283	418	12	21	8	9	21	10	13	29	49	0.52
1	1/2	6	315	446	16	26	10	11	25	12	18	36	58	0.88
1	1/2	9	390	598	16	26	10	11	25	12	18	36	57	1.13
1	1/2	12	466	751	16	26	10	11	25	12	18	36	57	1.37
1.59	5/8	6	363	486	18	32	13	14	33	14	21	45	79	1.55
1.59	5/8	9	438	639	18	32	13	14	33	14	21	45	78	1.84
1.59	5/8	12	514	790	18	32	13	14	33	14	21	45	78	2.17
2.36	3/4	6	391	510	24	38	16	16	41	17	26	54	89	2.28
2.36	3/4	9	467	663	24	38	16	16	41	17	26	54	89	2.82
2.36	3/4	12	542	815	24	38	16	16	41	17	26	54	88	2.95
2.36	3/4	18	694	1120	24	38	16	16	41	17	26	54	89	3.30
3.27	7/8	12	583	848	27	42	19	19	48	20	32	61	101	4.35
3.27	7/8	18	735	1153	27	42	19	19	48	20	32	61	101	5.46
4.54	1	6	473	579	31	50	22	20	54	24	37	76	118	4.66
4.54	1	12	624	884	31	50	22	20	54	24	37	76	117	5.94
4.54	1	18	776	1190	31	50	22	20	54	24	37	76	117	7.98
4.5	1	24	928	1494	31	50	22	20	54	24	37	76	116	8.35
6.9	1 1/8	12	677	950	44	71	29	26	68	29	47	91	145	10.4
6.9	1 1/8	18	833	1258	44	71	29	26	68	29	47	91	144	11
6.9	1 1/8	24	989	1566	44	71	29	26	68	29	47	91	144	12.9
9.71	1 1/2	12	716	983	52	71	35	28	80	32	55	106	156	13.1
9.71	1 1/2	18	871	1290	52	71	35	28	80	32	55	106	160	14.7
9.71	1 1/2	24	1023	1594	52	71	35	28	80	32	55	106	158	17.8
12.7	1 3/8	18	979	1356	60	86	41	33	90	38	61	120	197	22.3
12.7	1 3/8	24	1130	1662	60	86	41	33	90	38	61	120	196	27.5
16.8	2	24	1208	1728	63	93	51	40	107	46	69	147	230	42.9
27.2	2 1/2	24	1343	1899	75	114	57	41	143	51	80	165	274	68
34	2 3/4	24	1399	1953	90	110	70	41	158	57	84	178	284	91

CAD

Tensores

6

7

8

9

10

11

12

Tabla 11.4.9.b



UTN FRRO
Ing. Mecánica

Fecha vigencia 06/10/21

Fecha revisión 08/12/21

Versión 1.0

Página 44 de 157

PROYECTO FINAL

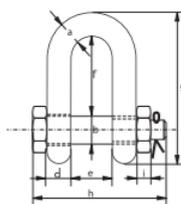
SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

El extremo Horquilla se vincula con la conexión final ROPEBLOCK SBS 512, mientras que el extremo Ojo se vinculara con un grillete y la base.

El grillete que seleccionamos es un Green Pin modelo G-4153. Elegimos el mismo con pasador, tuerca de seguridad y traba. Seleccionamos el modelo que soporta carga máxima de trabajo (CMT) 25 toneladas, por seguridad.



G-4153



Green Pin® Grilletes Standard

Grilletes rectos con pasador y tuerca de seguridad

- **Material** : cuerpo y pasador de acero aleado de alta resistencia, Grado 6, templado y revenido
- **Factor de Seguridad** : CMR = 6 x CMT
- **Norma** : EN 13889 y cumple con US Fed. Spec. RR-C-271 Tipo IVB Clase 3, Grado A
- **Temperatura** : -40°C hasta +200°C
- **Certificación** : 2.1 2.2 3.1 MTC^a DNV 2.7-1^a * DNV 2.7-1^b * DNV 2.22 CE

carga máxima de trabajo	diámetro cuerpo	diámetro pasador	diámetro ojo	espesor ojo	ancho interior	longitud interior	longitud interior	longitud tot. pasador	espesor tuerca	peso unidad
tons.	a mm	b mm	c mm	d mm	e mm	f mm	g mm	h mm	i mm	kg
2	13.5	16	34	13	22	43	81	82	13	0.39
3.25	16	19	40	16	27	51	97	98	17	0.67
4.75	19	22	46	19	31	59	112	114	19	1.08
6.5	22	25	52	22	36	73	134	130	22	1.66
8.5	25	28	59	25	43	85	154	150	25	2.46
9.5	28	32	66	28	47	90	167	166	27	3.4
12	32	35	72	32	51	94	180	178	30	4.51
13.5	35	38	80	35	57	115	209	197	33	6.1
17	38	42	88	38	60	127	230	202	19	7.63
25	45	50	103	45	74	149	271	249	23	12.88
35	50	57	111	50	83	171	305	269	26	17.35
42.5	57	65	130	57	95	190	345	301	29	25.94
55	65	70	145	65	105	203	376	330	32	35.33
85	75	83	162	73	127	229	427	380	39	52.97

Grilletes

1
2
3
4
5

Tabla 11.4.9.c: Tabla de fabricante.

El pasador se vincula con el tensor Green Pin, mientras que la parte semicircular del grillete se vincula con la base abulonada a la fundación.

	UTN FRRO Ing. Mecánica	Fecha vigencia	06/10/21
		Fecha revisión	08/12/21
		Versión	1.0
		Página 45 de 157	
PROYECTO FINAL			
SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO			

11.4.10 Cable motriz

Es un cable, con una trayectoria paralela al cable carril, el cual transmite el movimiento desde el sistema motriz hasta el vehículo. Este cable es sometido principalmente a esfuerzos de tracción y fatiga al ser envuelto en un tambor y en las poleas que dirigen el movimiento.

Las cargas que se consideran para calcular el esfuerzo máximo de tracción son las siguientes:

- Fuerza necesaria de traslación.
- Fuerza para vencer rozamientos entre vehículo y cable ($\mu = 0,02$).
- Esfuerzo debido al peso propio del cable.
- Fuerzas de frenada y aceleración.

Se deben priorizar las características más relevantes a la hora de seleccionar el tipo de cable motriz más adecuado.

- Resistencia. Para obtener la carga máxima a la que va a estar sometido el cable motriz se adicionan las cargas axiales obtenidas por peso propio y la necesaria para poner en movimiento al vehículo cargado en el punto más desfavorable.

- Fatiga y abrasión. El cable motriz dobla alrededor del carrete del sistema motriz, es decir que se debe seleccionar un cable que tenga buen comportamiento tanto a la fatiga como a la abrasión.

Para el cable motriz es conveniente utilizar una configuración 6 x 36 debido a que el número de alambres (36), que forman los torones (6) le da la condición de mayor flexibilidad que el seleccionado para el cable carril debido a que está formado por alambres delgados. Al optar por esta configuración estamos resignando resistencia a la abrasión, pero proporcionando una flexibilidad adecuada para el uso en poleas y tambores.

- Aplastamiento. El aplastamiento no es un factor crítico para el cable motriz, razón por la cual no es necesario utilizar alma de acero, sino que por el



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

contrario al mantener un cable con alma de fibra se obtienen mejores resultados en cuanto a la elasticidad del cable.

El alma de fibra sintética presenta mejor comportamiento en humedad si se los compara con los de fibra natural.

- Exposición a la corrosión. Las condiciones ambientales son las mismas que para el cable carril, por lo tanto, se recomienda el uso de un cable en acabado negro o brillante.

11.4.10.1 Dimensionamiento del cable tractor

El cálculo del cable de transmisión del movimiento de traslación se basa en la resistencia a la rodadura del carro que alcanza sus valores máximos en las extremidades del recorrido. Con un peso total que comprende la carga y el peso del carro, siendo $tg \beta$ la inclinación del camino de rodadura en tantos por ciento y w la resistencia a la rodadura (rozamiento de rodadura) en kgf por $1000 kgf$ del peso total, la fuerza de tracción U que se transmite en las posiciones extremas del carro se calcula mediante:

$$U = P \left(\frac{tg \beta}{100} + \frac{w}{1000} \right)$$

Para ruedas normales puede admitirse la resistencia a la rodadura entre 20 y $30 kgf$.

11.4.10.2 Inclinación del camino de rodadura

Para determinar la resistencia al avance del carro es preciso conocer la inclinación del camino de rodadura en cualquier posición del carro. Puesto que el carro no va unido al cable tensor, sino que rueda solo sobre este último mediante ruedas, no puede ejercer sobre el cable tensor más que esfuerzos perpendiculares a su eje. La fuerza aislada P del carro debe descomponerse en una fuerza orientada perpendicular al eje del cable $P \cos \beta$ (es decir, su dirección coincide con la bisectriz del ángulo que forma el cable en el punto X) y en otra fuerza paralela a la inclinación del camino de rodadura $P \sin \beta$; esta



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

última representa la resistencia que debe vencerse para el avance (despreciando la resistencia a la rodadura).

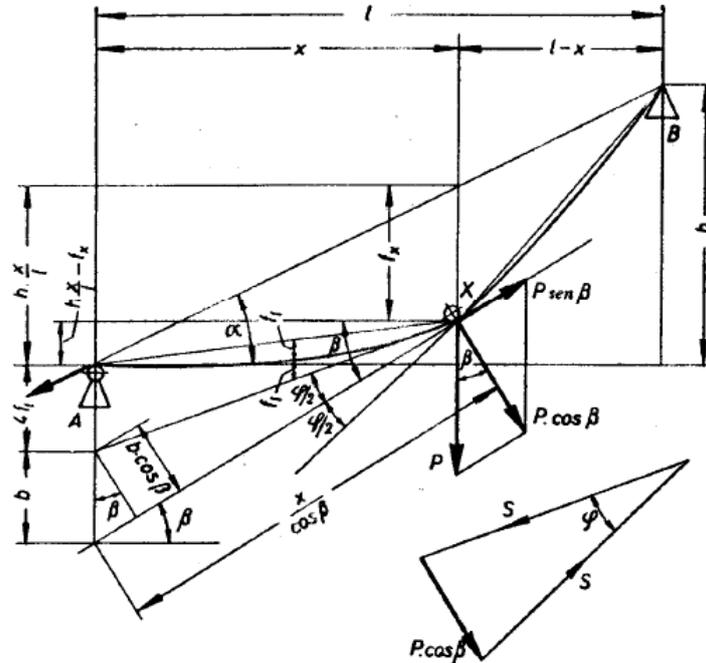


Figura 11.4.10.a: Inclinación del camino de rodadura.

Se calcula la inclinación del camino de rodadura mediante la fórmula:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{h}{l} - \frac{(P + g_T * l)(l - 2 * x)}{2 * l * S}$$

Este valor varía linealmente con la distancia x entre el carro y la torre A. En el centro del recorrido ($x=0,5$) se tiene:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{h}{l}$$

Es decir, un valor igual a la pendiente entre A y B. La inclinación máxima se obtiene en la proximidad de la torre más elevada B ($x=1$).



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

11.4.10.3 Cálculo

En el cálculo que se expone a continuación deben distinguirse los sistemas de traslación con cable dotados de contrapeso o sin contrapeso. Los sistemas tensionados por contrapeso son sencillos de calcular, pero arrojan tensiones mayores. Debido a que nuestro sistema no contará con contrapeso, optamos por realizar primero una estimación de las tensiones en un sistema dotado de contrapeso y luego realizar una verificación de la disminución de tensiones que se producen en un sistema que no lo posee. Además, las pérdidas ocasionadas por las poleas de los cables han sido despreciadas.

11.4.10.4 Sistema de traslación con cable tensado por contrapeso

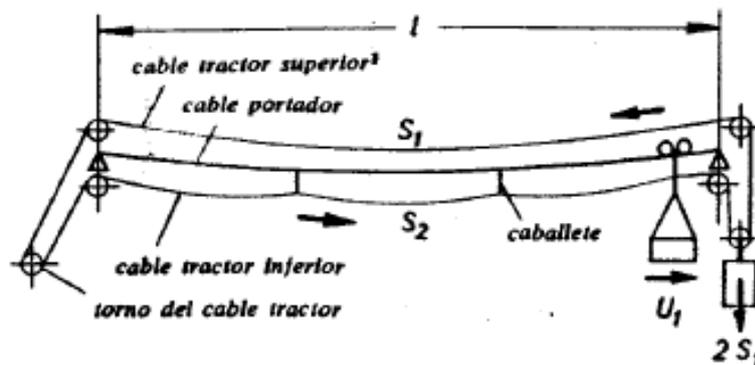


Figura 11.4.10.b: Sistema de traslación con cable tensado por contrapeso

Si el carro se encuentra en el extremo derecho del camino de rodadura, la fuerza de tracción que se debe ejercer sobre el mismo es igual a la diferencia de las dos tensiones existentes en el cable:

$$U_1 = S_1 - S_2$$

Cuando el carro se encuentra en el extremo izquierdo del camino de rodadura se equilibran las fuerzas de la siguiente manera:

$$S'_2 = S_1 + U_2$$



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

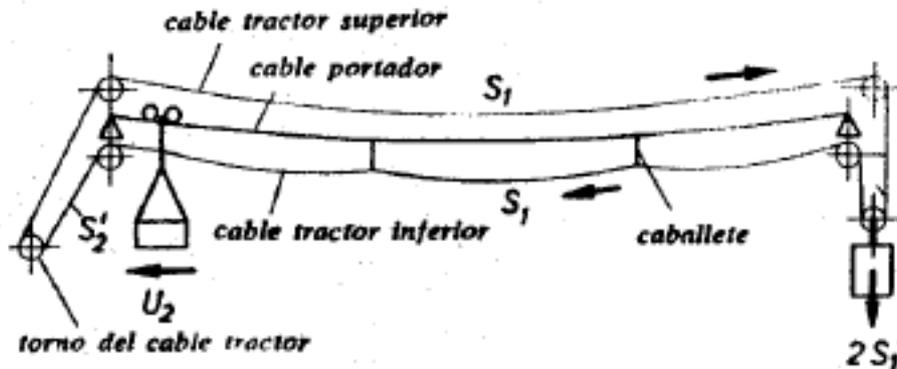


Figura 11.4.10.c: Sistema de traslacion con cable tensado por contrapeso.

Siendo la tensión máxima que deberá soportar el cable la siguiente:

$$S_2' = S_2 + U_2 + U_1$$

Si bien la fuerza de tracción U varía según la posición del carro, a lo largo del desarrollo determinamos que será constante y tendrá el valor máximo calculado con el carro en el extremo superior donde la inclinación del camino de rodadura es mayor.

Luego, para obtener el valor de la tensión inicial mínima S_2 , tomaremos como hipótesis que el tambor de arrollamiento trabajará como una polea de fricción con un arco de abrace de 360° . Esta tensión viene determinada según la capacidad de accionamiento $e^{\mu\alpha}$ de las poleas de fricción y perfiles de garganta utilizados:

$$\frac{S_1}{S_2} = e^{\mu\alpha}$$

α = ángulo de abrace

μ = coeficiente de fricción

El coeficiente de fricción se determina según la forma de la garganta del tambor.



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

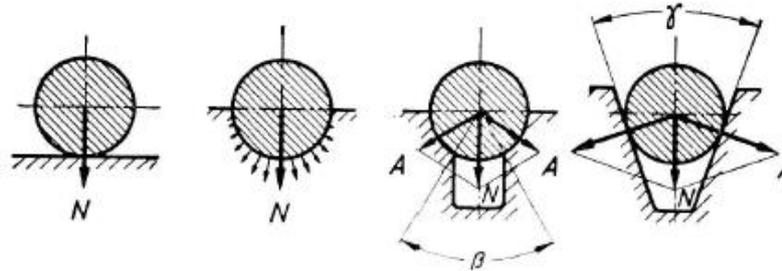


Figura 11.4.10.d: Descomposicion de fuerzas según rozamiento del cable.

Para un perfil de garganta semicircular sin vaciado (tipo 2) como el que utilizaremos en el tambor, el coeficiente de fricción es:

$$\mu = \mu_0 \frac{4}{\pi}$$

$\mu_0 =$ coeficiente de fricción efectivo

Para cables de acero sobre poleas de acero o fundición este coeficiente es aproximadamente 0,09.

Quedando las tensiones máximas sobre los cables de la siguiente manera:

$$S_2 = \frac{S_1}{e^{\mu\alpha}} = \frac{U_1}{e^{\mu\alpha} - 1}$$

$$S_1 = U_1 \frac{e^{\mu\alpha}}{e^{\mu\alpha} - 1}$$

$$S_2' = U_1 \frac{e^{\mu\alpha}}{e^{\mu\alpha} - 1} + U_2$$



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

11.4.10.5 Sistema de traslación con cable sin contrapeso

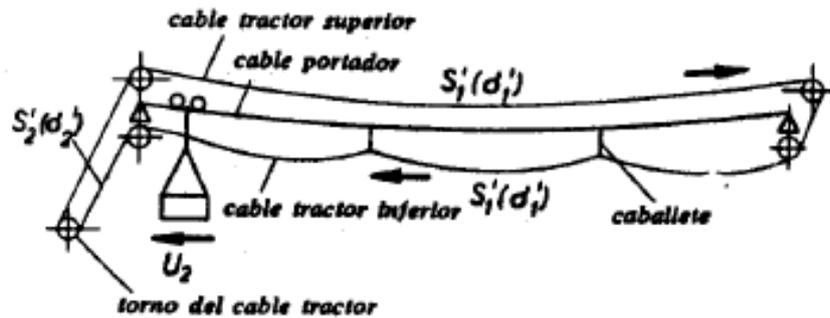


Figura 11.4.10.e: Sistema de traslación con cable sin contrapeso.

En este caso se tiene también que:

$$S_1 = U_1 + S_2$$

Si el carro se acerca a la torre izquierda, los cables inferior y superior del sistema de traslación acusan la misma tensión S'_1 , cuyo valor se sitúa entre S_1 y S_2 . Se calcula partiendo de la condición según la cual la longitud real del cable debe ser la misma en las dos posiciones extremas del carro y comparando las ecuaciones se encuentra:

$$\frac{k^2 l^2}{24} \left(\frac{1}{\sigma_1^2} + \frac{1}{\sigma_2^2} \right) - \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{E} = 2 \frac{k^2 l^2}{24} \frac{1}{\sigma_1'^2} - \frac{2\sigma_1'}{E}$$

$$\sigma = \frac{S}{F}$$

$$k = \frac{g_T}{F}$$

Tratándose de una ecuación de segundo orden donde nuestro valor incógnito es σ'_1 . Reordenando:

$$\left[2 \frac{k^2 l^2}{24} \right] \sigma_1'^{-2} - \left[\frac{2}{E} \right] \sigma_1' - \left[\frac{k^2 l^2}{24} \left(\frac{1}{\sigma_1^2} + \frac{1}{\sigma_2^2} \right) - \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{E} \right] = 0$$

Para encontrar la solución a esta ecuación se utilizó como herramienta el programa Wolfram Matemática.

Luego, obtenemos el valor de S'_1 :

$$S'_1 = \sigma'_1 * F$$



UTN FRRO
Ing. Mecánica

Fecha vigencia 06/10/21

Fecha revisión 08/12/21

Versión 1.0

Página 52 de 157

PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

Logrando calcular la tensión máxima a la que estará sometido el cable tractor:

$$S'_2 = S'_1 + U_2$$

Este valor es más pequeño que en el caso de un contrapeso de tensión. Los sistemas de traslación sin contrapeso permiten la utilización de un cable de menor diámetro. Sin embargo, las tensiones teóricas utilizadas como base de cálculo son más difíciles de verificar en la realidad.

El método de selección es similar al calculado para el cable tensor, volcando los datos en una planilla Excel y observando que el factor de seguridad sea mayor al recomendado para este tipo de instalación, siendo “ASME B30.16 – 2016, sección 19-1.3.3 Ropes” en este caso mayor a 5.

		Modelo: IPH 636, 6x36 Alma de fibra									
		9,5		11		13		14		16	
Diámetro del cable	D [mm]										
Grado de cable		1770	1960	1770	1960	1770	1960	1770	1960		
Peso por metro cable	Gt [kg/m]	0,33	0,33	0,44	0,44	0,62	0,62	0,72	0,72	0,94	0,94
Carga mínima de rotura	Crot [kg]	5400	6000	7200	8000	10100	11100	11600	13000	15300	16900
Sección	F [cm2]	0,316	0,316	0,436	0,436	0,628	0,628	0,737	0,737	0,981	0,981
Inclinación del camino de rodadura	tg β	0,1886	0,1886	0,1888	0,1888	0,1890	0,1890	0,1892	0,1892	0,1895	0,1895
Resistencia a la rodadura	w [kg]	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Fuerza de tracción	U [kg]	524,7039	524,7039	525,0852	525,0852	525,7092	525,7092	526,0559	526,0559	526,8186	526,8186
CON CONTRAPESO											
Angulo de abrace	α [rad]	6,2832	6,2832	6,2832	6,2832	6,2832	6,2832	6,2832	6,2832	6,2832	6,2832
Coefficiente fricción	μ	0,1146	0,1146	0,1146	0,1146	0,1146	0,1146	0,1146	0,1146	0,1146	0,1146
Coefficiente exponencial	e	2,0544	2,0544	2,0544	2,0544	2,0544	2,0544	2,0544	2,0544	2,0544	2,0544
Tracción del cable sup (carro en B)	S1 [kg]	1022,3208	1022,3208	1023,0638	1023,0638	1024,2796	1024,2796	1024,9551	1024,9551	1026,4411	1026,4411
Tracción del cable inf (carro en B)	S2 [kg]	497,6170	497,6170	497,9786	497,9786	498,5704	498,5704	498,8992	498,8992	499,6225	499,6225
Tracción máxima	S'2 [kg]	1547,0247	1547,0247	1548,1490	1548,1490	1549,9889	1549,9889	1551,0110	1551,0110	1553,2597	1553,2597
Factor de seguridad	Fs	3,4906	3,8784	4,6507	5,1675	6,5162	7,1613	7,4790	8,3816	9,8503	10,8803
SIN CONTRAPESO											
Tensión del cable sup (carro en B)	σ1 [kg/cm2]	3235,1925	3235,1925	2346,4767	2346,4767	1631,0185	1631,0185	1390,7125	1390,7125	1046,3212	1046,3212
Tensión del cable inf (carro en B)	σ2 [kg/cm2]	1574,7373	1574,7373	1142,1528	1142,1528	793,9020	793,9020	676,9324	676,9324	509,2992	509,2992
Coefficiente k	k [kg/cm3]	0,0010	0,0010	0,0019	0,0019	0,0039	0,0039	0,0053	0,0053	0,0092	0,0092
Primer término		0,0002	0,0002	0,0006	0,0006	0,0026	0,0026	0,0048	0,0048	0,0143	0,0143
Segundo término		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tercer término		0,0027	0,0027	0,0019	0,0019	0,0013	0,0013	0,0011	0,0011	0,0009	0,0009
Tensión cable sin contrapeso	σ'1 [kg/cm2]	2404,9700	2404,9600	1744,3200	1744,3200	1212,4600	1212,4600	1033,8300	1033,8300	777,8020	777,8020
Tracción máxima sin contrapeso	S'1 [kg]	759,9705	759,9674	760,5235	760,5235	761,4249	761,4249	761,9327	761,9327	763,0238	763,0238
Tracción máxima total	S'2 [kg]	1284,6744	1284,6712	1285,6087	1285,6087	1287,1341	1287,1341	1287,9886	1287,9886	1289,8423	1289,8423
Factor de seguridad	Fs	4,2034	4,6705	5,6005	6,2227	7,8469	8,6238	9,0063	10,0933	11,8619	13,1024

Tabla 11.4.10.f: Modelo de Excel para calculo de cable tensor.



UTN FRRO
Ing. Mecánica

Fecha vigencia 06/10/21

Fecha revisión 08/12/21

Versión 1.0

Página 53 de 157

PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

Finalmente, los datos del cable seleccionado son:

Marca	IPH
Modelo	6x36 – Seal Lay
Alma	Fibra
Arrollamiento	Lang
Diámetro	13 mm
Grado	1770 MPa – 180 kgf/cm ²
Carga mínima de rotura	10100 kgf
Factor de seguridad	6,51



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

12 SISTEMA MOTRIZ

12.1.1 Descripción del sistema y croquis

El traslado del carro que circula sobre los cables guías se realizará a través de cables motrices que tiran de los extremos del carro.

La tracción que ejercen estos cables sobre el carro va a estar accionada por el tambor de arrollamiento, el cual al girar en un sentido producirá el arrollamiento del cable y tirará de uno de los extremos del carro. En ese mismo instante, el otro arrollamiento se estará desenrollando permitiendo que el carro sólo esté traccionado de uno de sus extremos.

El tambor de arrollamiento estará compuesto por 2 arrollamientos de cables, acoplado a un motor y reductor, con inversión de marcha, el cual permitirá la rotación del tambor en ambos sentidos.

Se colocarán 3 poleas, 2 en la torre inferior y 1 en la torre superior.

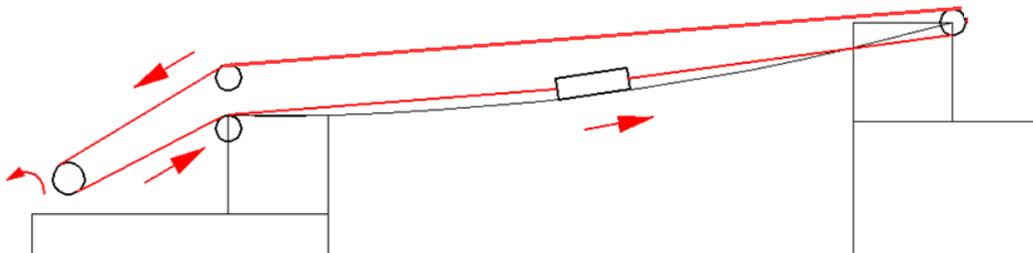


Figura 12.1.a: Croquis de sistema motriz

	UTN FRRO Ing. Mecánica	Fecha vigencia	06/10/21
		Fecha revisión	08/12/21
		Versión	1.0
		Página 55 de 157	
PROYECTO FINAL			
SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO			

12.2 COMPROBACIÓN DE LA FLECHA DE LOS CABLES

Una vez definidos los cables debe comprobarse el valor de la flecha teniendo en cuenta todas las influencias. De esta forma, aseguramos que no entren en contacto, el cable motriz y el cable tractor, en ningún momento del traslado de la cabina evitando fricciones y rozamientos entre ellos.

Calcularemos los valores de las flechas que se generarán en cada cable según la posición de la cabina y su sentido de movimiento, ya que no tendrán la misma tensión en subida que en bajada mediante las ecuaciones mencionadas en el capítulo 11.

12.3 CABLE PORTADOR

El cable portador se encuentra anclado en sus extremos, y su tensión será tanto mayor cuanto más fuerte sea la carga; también varía en función de la posición del carro, es decir, disminuye cuando el carro se desplaza del centro del recorrido hacia una de las extremidades. Por ello es necesario empezar por establecer la relación entre la tensión del cable y la posición, teniendo en cuenta que alcanzará su valor de tensión máxima cuando el carro cargado al máximo se encuentre en el centro del recorrido.

En la siguiente figura se representan las curvas correspondientes a la relación entre la tensión máxima y la tensión del cable en diferentes puntos a lo largo de su recorrido.



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

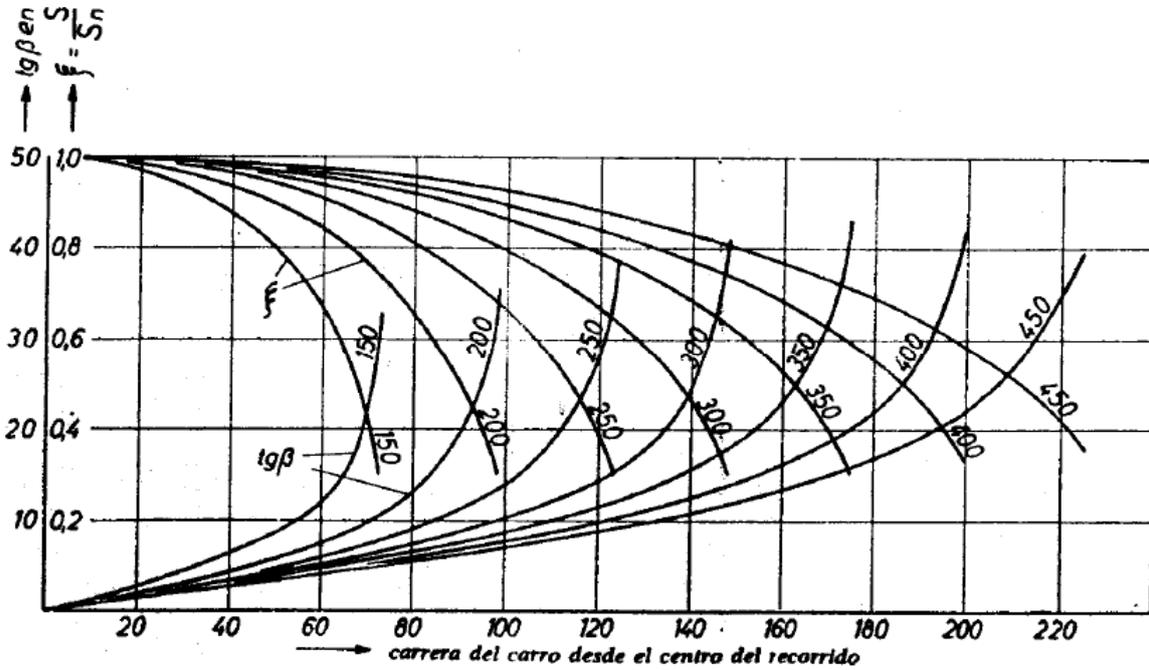


Figura 12.3.a: Relación entre la tensión máxima y la tensión del cable en diferentes puntos a lo largo de su recorrido.

A partir de la figura 12.3.a y de la fórmula siguiente, desarrollamos una tabla comparativa para obtener las flechas que se producen en cada punto.

$$f_x = \left(\frac{P}{l} + \frac{g_T}{2} \right) \frac{(l-x)x}{S}$$



UTN FRRO
Ing. Mecánica

Fecha vigencia 06/10/21

Fecha revisión 08/12/21

Versión 1.0

Página 57 de 157

PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

Tabla 12.3.b

X [m]	Recorrido %	S/Smax	Sx	fx [m]
0	50,00%	0,340	5121,78125	0,000
2,25	45,00%	0,553	8330,42656	0,614
4,5	40,00%	0,681	10258,6266	0,944
6,75	35,00%	0,776	11689,7125	1,174
9	30,00%	0,829	12488,1078	1,379
11,25	25,00%	0,894	13467,2719	1,499
13,5	20,00%	0,936	14099,9625	1,603
15,75	15,00%	0,968	14582,0125	1,680
18	10,00%	0,978	14732,6531	1,754
20,25	5,00%	0,990	14913,4219	1,787
22,5	0,00%	0,999	15048,9984	1,788
24,75	5,00%	0,990	14913,4219	1,787
27	10,00%	0,978	14732,6531	1,754
29,25	15,00%	0,968	14582,0125	1,680
31,5	20,00%	0,936	14099,9625	1,603
33,75	25,00%	0,894	13467,2719	1,499
36	30,00%	0,829	12488,1078	1,379
38,25	35,00%	0,776	11689,7125	1,174
40,5	40,00%	0,681	10258,6266	0,944
42,75	45,00%	0,553	8330,42656	0,614
45	50,00%	0,340	5121,78125	0,000



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

12.4 CABLE MOTRIZ

Para el cable motriz diferenciamos en qué sentido se está moviendo el carro ya que obtendremos distintas tensiones según qué lado esté traccionando. No nos interesa conocer las flechas que tienen los cables tractores superior e inferior a lo largo del recorrido, ya que queremos conocer las flechas máximas de cada uno y éstas se producen cuanto mayor sea la longitud del cable entre apoyos, es decir, en los extremos del mismo.

Notamos diferentes casos:

Carro en A – Movimiento de subida

Aquí, el cable inferior se encuentra con tensión máxima, al igual que el cable tractor superior.

Carro en B – Movimiento de subida

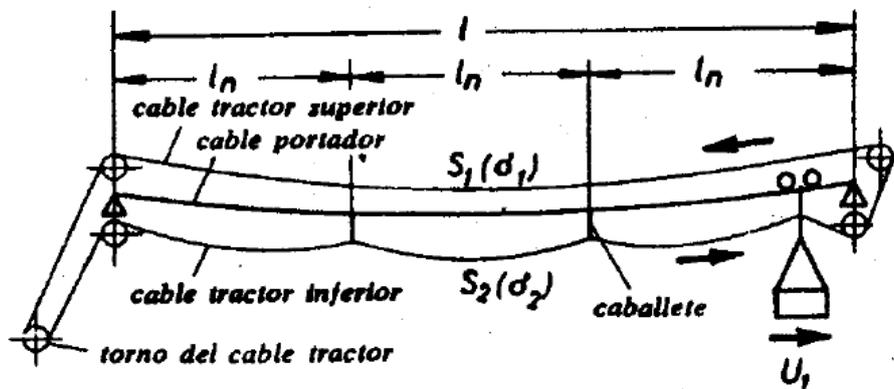


Figura 12.4.a: Accionamiento del sistema motriz sin contrapeso.

Al llegar a la posición superior, el cable tractor superior S1 continúa con tensión máxima, pero en el cable tractor inferior S2 la tensión disminuye.

Carro en B – Movimiento de bajada

Al iniciar el movimiento de retroceso, las tensiones se invierten. El cable tractor superior disminuye su tensión y en el cable inferior aumenta.

Carro en A – Movimiento de bajada



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

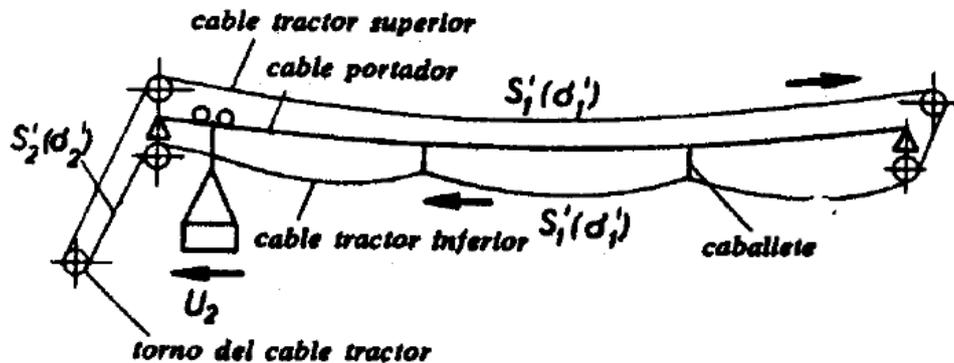


Figura 12.4.b: Accionamiento del sistema motriz sin contrapeso.

Cuando llega al final de su recorrido, tanto el cable tractor superior como el inferior se encuentran a una tensión S_1' .

Confeccionamos una tabla comparativa para poder visualizar mejor la variación de las tensiones y las flechas que se producen.

Tabla 12.4.a:

CASO	POSICION	MOVIMIENTO	CABLE	TENSION [kg]	FLECHA [m]
1	A	Subida	Superior S1	1024,280	0,153
			Inferior S1	1024,280	0,153
2	B	Subida	Superior S1	1024,280	0,153
			Inferior S2	498,570	0,315
3	B	Bajada	Superior S'1	761,425	0,206
			Inferior S'2	1287,134	0,122
4	A	Bajada	Superior S'1	761,425	0,206
			Inferior S'1	761,425	0,206

El valor de flecha máxima se genera en el cable tractor inferior cuando el carro termina su recorrido de subida, esto se debe a que la tensión es menor y la longitud entre los apoyos es mayor. De todas formas, no será un riesgo de que entre en contacto con el cable portador debido a que la flecha de éste es mucho mayor.

Otro punto que analizamos es el caso 3 donde la flecha del cable superior es mayor a la del inferior; pero como los puntos de apoyo del cable superior se encuentran 300 mm más elevados, éstos tampoco corren el riesgo de entrar en contacto.



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

De esta manera, podemos verificar que con los valores de tensiones que se producen en cada caso no hay riesgos de que las tres líneas de cables que cruzan el brazo del río entren en contacto. Por lo tanto, mediante este cálculo verificamos requisito según “ASME B30.16 – 2016, sección 19-1.2.2 Structures inciso c.”.

12.5 LUBRICACIÓN DEL CABLE MOTRIZ

Por recomendación del fabricante del cable de acero el mismo debe ser lubricado periódicamente, por lo tanto, según Figura 12.5.1 se debe lubricar en los 3 puntos marcados para lubricar el 100% del cable.

Se recomienda utilizar el sistema de lubricación previsto por el fabricante del cable, el cual reemplaza la lubricación manual, optimiza el consumo de lubricante logrando una distribución uniforme y penetrando en el alma del mismo. En las imágenes 12.5.2 y 12.5.3 se representa el sistema de lubricación.

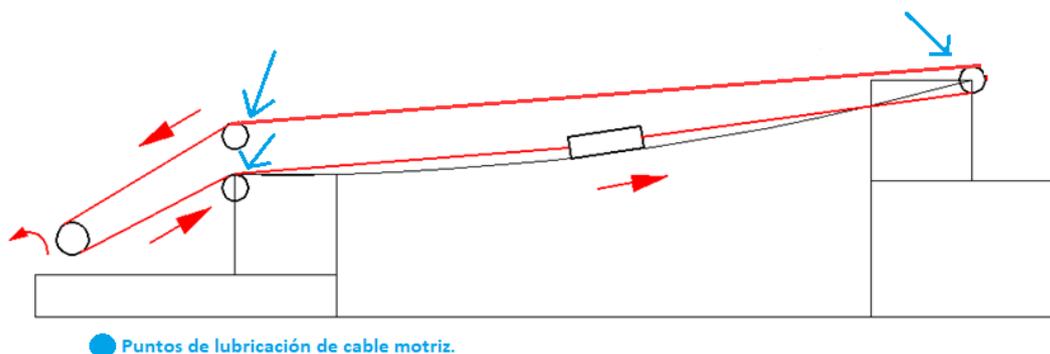


Figura 12.5.a: Puntos de lubricación del cable motorizado.



UTN FRRO
Ing. Mecánica

Fecha vigencia 06/10/21

Fecha revisión 08/12/21

Versión 1.0

Página 61 de 157

PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

KIT LUBRICADOR



Figura 12.5.b: Kit lubricador.



Figura 12.5.c: Conjunto lubricador.



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

12.6 VARIACIONES EN LA TENSION DEL CABLE POR DILATACION TÉRMICA.

Al tener los cables anclados en los extremos debemos tener en consideración de qué manera se comportarán ante las variaciones de temperatura que se produzcan. Los mismos se dilatarán con un aumento de la temperatura ambiental, y se contraerán al enfriarse. Sabemos que el coeficiente de dilatación térmica es:

$$\alpha \cong \frac{1}{L} * \frac{\Delta L}{\Delta T}$$

Por ende, los cables tendrán una variación máxima de longitud igual a:

$$\Delta L \cong \alpha * L * \Delta T$$

Donde:

$$\alpha = 11,5 \cdot 10^{-6} \left[\frac{1}{^{\circ}C} \right] \rightarrow \text{coeficiente de dilatación térmica del acero}$$

$$\Delta T = 40[^{\circ}C]$$

Adoptamos este valor de temperatura según el clima típico del lugar.

12.6.1.1 Cable tensor.

Para el cable tensor tenemos una longitud de 50 [m].

$$\Delta L = 11,5 \cdot 10^{-6} \left[\frac{1}{^{\circ}C} \right] * 50[m] * 40[^{\circ}C] = 0,023[m]$$

Esta dilatación o contracción producirá una variación en la tensión del cable, que luego se transmitirá en una variación de la flecha.

$$S = \left(P + \frac{g_T * l}{2} \right) \frac{l}{4 * f_{m\acute{a}x}} = \left(2400[kg] + \frac{4,1 \left[\frac{kg}{m} \right] * 45,023[m]}{2} \right) \frac{45,023[m]}{4 * 1,8[m]} \\ = 15584,8[kgf]$$

Comparando con los 15576,56 [kgf] de tensión que se generan sin tener en cuenta la dilatación térmica, sólo tenemos una variación de 8,25 [kgf] (un 0,05% de la tensión máxima).



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

Consideramos despreciable la influencia de la temperatura en la variación de la flecha existente.

12.6.1.2 Cable motriz.

Para el cable motriz tenemos una longitud de 155 [m].

$$\Delta L = 11,5 \cdot 10^{-6} \left[\frac{1}{^{\circ}C} \right] * 155[m] * 40[^{\circ}C] = 0,0713[m]$$

En este caso, al no ejercerse peso alguno sobre el cable, sólo influirá el peso propio del mismo entre las poleas que hacen de apoyo, las cuales se encuentran a 45 [m] de distancia entre ellas. Por este motivo, consideraremos en el cálculo sólo la mitad de la variación de longitud antes mencionada.

Tomamos como peor condición el momento en que tenemos mayor longitud libre del cable que se genera cuando el carro se encuentra en la posición A (planta), en la cual la flecha máxima es de 0,153 [m]. La variación que se producirá en la tensión del cable será:

$$S = \left(P + \frac{g_T * l}{2} \right) \frac{l}{4 * f_{m\acute{a}x}} = \left(0 + \frac{0,62 \left[\frac{kg}{m} \right] * 45,0713[m]}{2} \right) \frac{45,0713[m]}{4 * 0,153[m]}$$
$$= 1028,98[kgf]$$

Comparando con los 1024,28 [kgf] de tensión que se generan sin tener en cuenta la dilatación térmica, sólo tenemos una variación de 4,7 [kgf] (un 0,46% de la tensión máxima).

Si bien la influencia de la temperatura en la variación de la flecha existente la consideramos despreciable, dispondremos de una polea tensora con el objetivo de tener la posibilidad de poder regular la tensión del cable tractor, aumentando la confiabilidad del sistema.

Se podrá regular la posición de la polea a través de una varilla de rosca cuadrada. A continuación, una representación gráfica de la misma.



UTN FRRO
Ing. Mecánica

Fecha vigencia 06/10/21

Fecha revisión 08/12/21

Versión 1.0

Página 64 de 157

PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

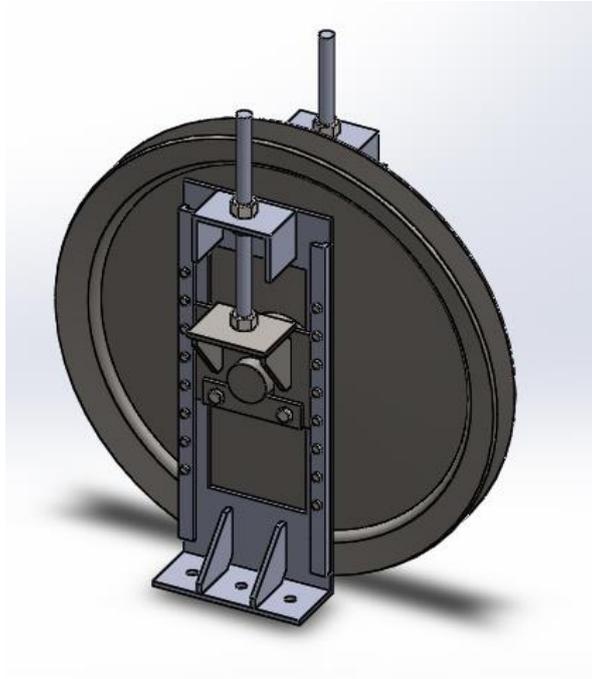


Figura 12.5.1.a: Polea tensora.



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

12.7 INCLINACIÓN Y GUIADO DEL CABLE

A continuación, verificaremos la inclinación de los cables para evitar que den saltos de las gargantas de las poleas o el tambor. Si bien la norma DIN 4130 nos da un valor de 4° como inclinación máxima, puede servir sólo para las primeras aproximaciones. En nuestro caso lo vamos a estudiar más detenidamente.

12.7.1.1 Poleas

La siguiente figura representa la inclinación del cable sobre una polea. Entre los puntos m y a el cable se apoya contra la pared de la garganta para abandonarla tangencialmente en a.

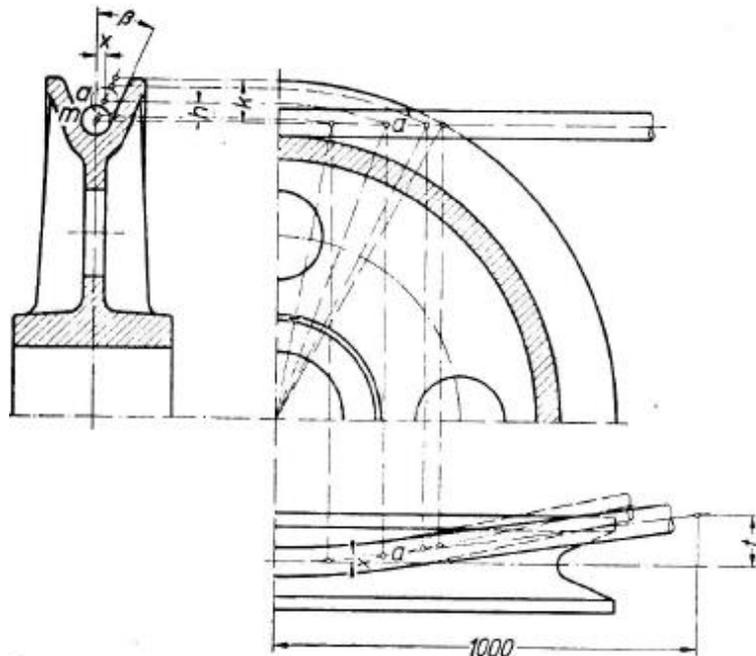


Figura 12.7.1.a: Estudio de la inclinación del cable sobre una polea.

Para evitar que el cable se apoye sobre el borde de la polea, se ha hecho que k sea mayor que h (k es la profundidad de la garganta y h la altura del punto a). Designado por β el ángulo de inclinación de la pared de la garganta y por D el



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

diámetro de la polea, se encuentra la inclinación máxima admisible del cable en una distancia de 1000 mm al centro de la polea por:

$$\text{máx } t \text{ [mm]} = \frac{2000 * \text{tg } \beta}{\sqrt{1 + \frac{D}{k}}}$$

La polea seleccionada tiene las siguientes características:

$$D = 400[\text{mm}]$$

$$\beta = 20^\circ$$

$$k = 30[\text{mm}]$$

La inclinación máxima admisible para las poleas será:

$$\text{máx } t \text{ [mm]} = \frac{2000 * \text{tg } 20^\circ}{\sqrt{1 + \frac{400[\text{mm}]}{30[\text{mm}]}}} = 192,97[\text{mm}]$$

12.7.1.2 Tambor

Del lado del tambor vacío (según el sentido de inclinación de las ranuras) la inclinación α_1 del cable está limitada por el hecho de que él no debe montar sobre la arista de la ranura; y del lado de las espiras precedentes (en sentido contrario a la inclinación de las ranuras), su inclinación α_2 está igualmente limitada por el hecho de que no debe tocar la espira anterior.



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

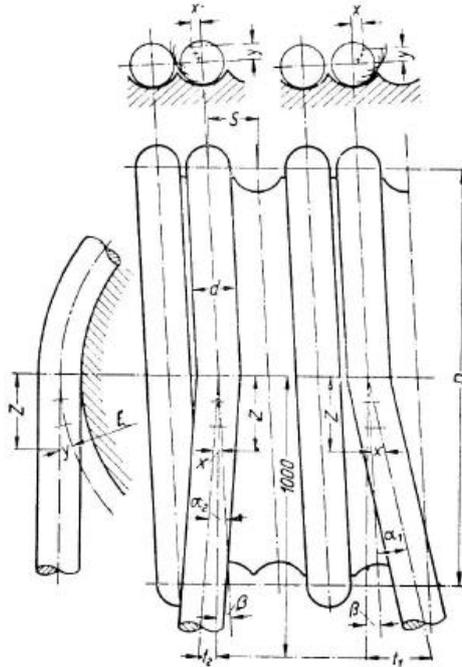


Figura 12.7.1.b: Estudio de la inclinación del cable sobre un tambor.

Las siguientes figuras representan los valores admisibles para t_1 y t_2 en función de estas relaciones:

$$\frac{\text{paso de las espiras}}{\text{diámetro del cable}} = \frac{s}{d} = \frac{15[\text{mm}]}{13[\text{mm}]} = 1,15$$

$$\frac{\text{diámetro del tambor}}{\text{diámetro del cable}} = \frac{D}{d} = \frac{400[\text{mm}]}{13[\text{mm}]} = 30,77$$



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

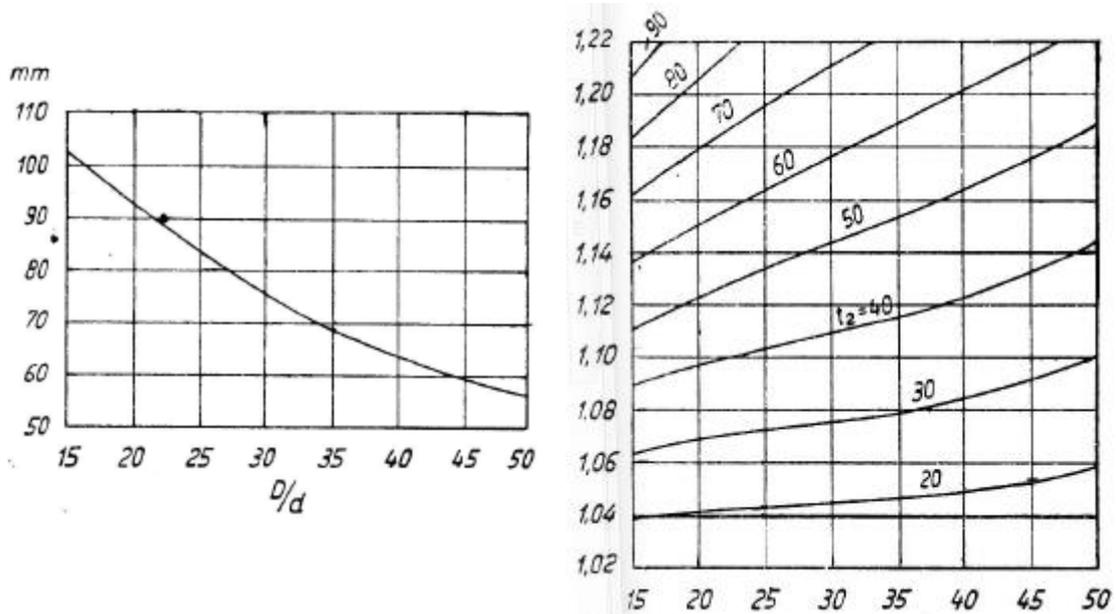


Figura 12.7.1.c: Máxima inclinación del cable por 1000mm.

Dando como resultado las siguientes inclinaciones máximas:

$$t_1 = 75[mm]$$

$$t_2 = 52[mm]$$

Habiendo visto que la inclinación admisible es mayor en el sentido de las ranuras helicoidales, tendremos interés en descentrar la polea de reenvío de cada ramal con objeto de tener el máximo desplazamiento posible. De este modo se respeta el mismo margen de seguridad en los dos extremos del tambor.



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

12.7.1.3 Verificación de distancia entre elementos.

Adoptamos las siguientes distancias:

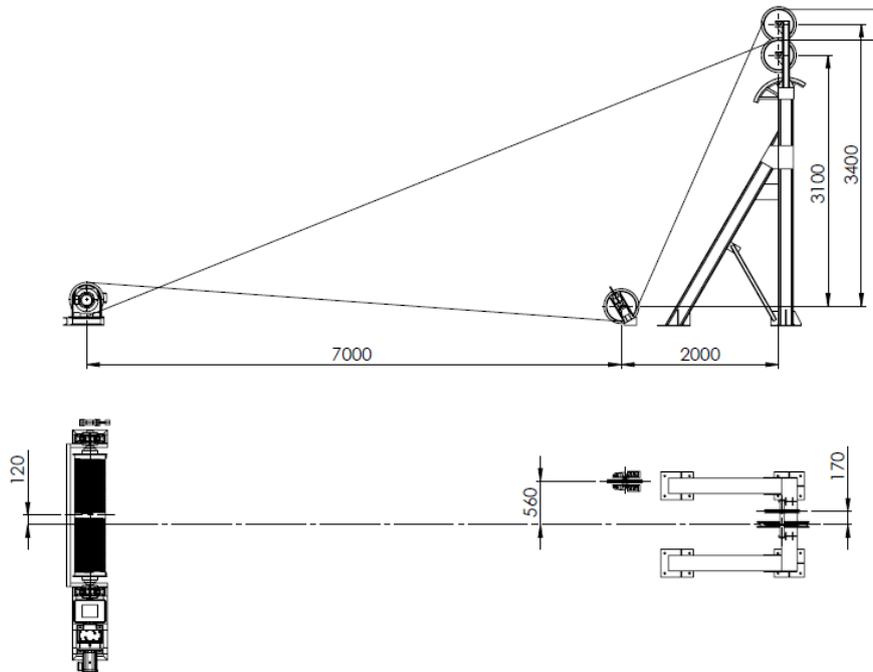


Figura 12.7.1.d: Croquis ubicación mando y estructura.

Luego verificaremos las inclinaciones máximas de cable. Sabemos que el largo de medio tambor es 720 [mm], valor que tomaremos como referencia para las inclinaciones máximas ya que los extremos del tambor son la peor condición.



Figura 12.7.1.d: Croquis de los ejes de elementos.

Tambor (D) – Polea tensora (C)

$$\text{máx } t_1 = \frac{7000[\text{mm}] * 75[\text{mm}]}{1000[\text{mm}]} = 525[\text{mm}]$$

Verifica ya que tenemos una diferencia entre los ejes C y D de 480 [mm].

$$\text{máx } t_2 = \frac{6000[\text{mm}] * 52[\text{mm}]}{1000[\text{mm}]} = 312[\text{mm}]$$



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

Verifica ya que tenemos una diferencia entre el eje C y el extremo superior del tambor de 280 [mm].

Polea tensora (C) – Polea superior (B)

$$t = \frac{4000[mm] * 192,97[mm]}{1000[mm]} = 771,8[mm]$$

Verifica ya que tenemos una diferencia entre los ejes B y C de 390 [mm].

Tambor (D) – Polea inferior (A)

$$t_1 = \frac{9500[mm] * 75[mm]}{1000[mm]} = 712,5[mm]$$

Verifica ya que tenemos una diferencia entre el eje A y el extremo inferior del tambor de 600 [mm].

$$t_2 = \frac{9500[mm] * 52[mm]}{1000[mm]} = 494[mm]$$

Verifica ya que tenemos una diferencia entre los ejes A y D de 120 [mm].

IMPORTANTE: Para cumplir con estos requisitos de inclinación el tambor debe estar a una distancia mínima de 9000mm con respecto al eje de las poleas montadas en la estructura. Para mayor seguridad de montaje el tambor puede ubicada a una distancia mayor a la mencionada anteriormente.

	UTN FRRO Ing. Mecánica	Fecha vigencia	06/10/21
		Fecha revisión	08/12/21
		Versión	1.0
		Página 71 de 157	
PROYECTO FINAL			
SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO			

13 CÁLCULO DE LAS DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS

Se desarrollan a continuación los siguientes cálculos para las dimensiones del tambor, poleas y cable.

13.1.1 Verificación diámetro del cable motriz

Basándonos en el libro Hellmut (“*Aparatos de elevación y transporte*”) realizamos el cálculo para el diámetro del cable. De esta manera verificamos por este método que el diámetro del cable motriz calculado previamente sea el correcto.

Según DIN 4130:

$$d_{\text{cable}} = k * \sqrt{S}$$

S: tracción máxima en el cable, en kgf.

d: diámetro del cable, en mm.

k: coeficiente según tabla 7.

- *Tracción máxima del cable*

Calculada previamente en la sección de dimensionamiento de cable motriz

$$S = 1287,14 \text{ kgf}$$

- *Coficiente K:*

Se clasifica previamente el sistema utilizado de acuerdo a su servicio.

Según tabla 5 (pág.17 del Helmut):

Grupo	Frecuencia de los movimientos	Importancia de la carga
I	Movimiento de precisión	Sin precisar
II	» poco frecuente	Raramente plena carga
III	» frecuente	» » »
IV	» poco frecuente	Plena carga
V	» frecuente	» »
	» »	Todas las cargas en la industria siderúrgica

Figura 13.1.a: Tabla para defonor grupo de accionamiento.



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

Para movimientos poco frecuentes y trabajando raramente a plena carga, corresponde el **Grupo III**.

De acuerdo al grupo seleccionado se selecciona el correspondiente coeficiente de acuerdo a la siguiente tabla (Tabla 7- pág. 19 de Helmut):

TABLA 7. — FACTORES DE SEGURIDAD v Y COEFICIENTES k Y c
(Extraído de la DIN 4130)

Grupo	Cable		Tambor c	Polea c	Polea de compensación c
	Valores de v para 160 kg/mm ²	k			
I	5,5 a 6	0,30 a 0,32	5 a 6	5,5 a 7	4,5 a 5
II	5,5 a 6	0,30 a 0,32	6 a 7	7 a 8	4,5 a 5
III	6 a 7	0,32 a 0,34	7 a 8	8 a 10	5 a 6
IV	7 a 8	0,34 a 0,37	8 a 9	9 a 12	6 a 7,5
V	8 a 9,5	0,37 a 0,40	8 a 9	9 a 12	6 a 7,5

Figura 13.1.b: Factores de seguridad v y coeficiente k y c . Extraído de la norma DIN 4130.

Para el grupo III, el coeficiente k para el cable es de 0,32 a 0,34 (se adopta un coeficiente $k=0,34$).

El diámetro del cable es de:

$$d_{cable} = k * \sqrt{S}$$

$$d_{cable} = 0,34 * \sqrt{1287,13kgf}$$

$$d_{cable} = 12,2 \text{ mm}$$

Anteriormente, adoptamos un cable de 13 mm, por lo tanto, este cálculo se verifica satisfactoriamente.



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

13.1.2 Dimensionamiento de las poleas

Para el diseño de las poleas se tomarán en cuenta los requisitos según “ASME B30.16 – 2016, sección 19-1.3.4 Sheaves”.

Se realiza el cálculo de las dimensiones mínimas con las que se deben fabricar las poleas, basándonos en el Hellmut (pág. 17).

Según DIN 4130:

$$D_{polea} = c * \sqrt{1287,13kgf}$$

De tabla 7 para grupo III:

TABLA 7. — FACTORES DE SEGURIDAD ν Y COEFICIENTES k Y c
(Extraído de la DIN 4130)

Grupo	Cable		Tambor c	Polea c	Polea de compensación c
	Valores de ν para 160 kg/mm ²	k			
I	5,5 a 6	0,30 a 0,32	5 a 6	5,5 a 7	4,5 a 5
II	5,5 a 6	0,30 a 0,32	6 a 7	7 a 8	4,5 a 5
III	6 a 7	0,32 a 0,34	7 a 8	8 a 10	5 a 6
IV	7 a 8	0,34 a 0,37	8 a 9	9 a 12	6 a 7,5
V	8 a 9,5	0,37 a 0,40	8 a 9	9 a 12	6 a 7,5

Figura 13.1.2.a: Factores de seguridad ν y coeficiente k y c . Extraído de la norma DIN 4130.

$$c = 9$$

El diámetro primitivo de las poleas es de:

$$D_{polea} = 9 * \sqrt{1287,13kgf}$$

$$D_{poleas} = 322,89 \text{ mm}$$

Se adopta un diámetro primitivo de poleas de 400 mm.

$$D_{p \text{ adoptado}} = 400 \text{ mm}$$

Se determinan las siguientes dimensiones de la polea, las cuales serán importantes a la hora de la fabricación o selección de las mismas.



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

Según DIN 15059 (pág. 26, Hellmut):

Poleas de polipasto y de reenvío										
D_1	D_2	b_1		b_2 (*)		d		l^{**}		Diámetro del cables
		Fun-dición	Acero mold.	Acero	Cota mín.	Cota máx.	Cota mín.	Cota máx.	r	
80	105	22	22		20	25	30	50	2	3,5
100	130	25	25		20	25	30	50	2,7	3,5-5
125	160	30	30		25	30	35	60	3,5	5-6,5
160	200	32	30		25	40	35	60	4,3	6,5-8
200	240	36	32		25	50	40	60	5,4	8-10
250	300	40	36		25	60	50	70	7	10-13
315	375	50	45		30	80	60	80	8,5	13-16
400	460	60	55		40	100	70	120	12	16-22
500	580	70	65		50	125	80	140	14,5	22-27
630	720	80	75		60	140	80	150	18	27-33
710	800	85	80		70	160	90	180	18	27-33
800	900	95	90		80	180	100	200	23	33-40-43
900	1010	105	95		90	200	130	240	24	40-43-45
1000	1120	110	105		90	200	130	240	24	40-43-45
		115	110	29					48-51-54	
1120	1250	115	110		100	220	130	250	26	43-45-48
		125	115	32					51-54-58	
1250	1400	125	120		100	220	160	250	26	45-48
		135	130	32					51-54-58	
1400	1550	135	130		100	220	200	250	32	51-54-58

Figura 13.1.b: Dimensiones de poleas de polipastos y de reenvío, según norma DIN 15059.

De acuerdo al diámetro seleccionado de las poleas, se adoptan los siguientes valores:

$$D_1 = 400 \text{ mm}$$

$$D_2 = 460 \text{ mm}$$

$$b_1 = 60 \text{ mm}$$

$$d = 40 \div 100 \text{ mm}$$

$$l = 70 \div 120 \text{ mm}$$

Según "ASME B30.16 – 2016, sección 19-1.3.4 Sheaves" las poleas deberán tener un diámetro primitivo mínimo de 16 veces el diámetro del cable.

$$D_c = 13 \text{ mm}$$

$$D_{\text{min}} = 13 \text{ mm} \times 16 = 208 \text{ mm}$$

Por lo tanto, los diámetros de las poleas adoptados cumplen con los requisitos mencionado anteriormente.



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

13.1.3 Dimensionamiento del tambor.

Para el diseño de las poleas se tomarán en cuenta los requisitos según “ASME B30.16 – 2016, sección 19-1.3.5 Hoists”.

Se realiza el cálculo de las dimensiones mínimas con las que se deben fabricar las poleas, basándonos en el Hellmut (pág. 17).

Según DIN 4130:

$$D_{\text{tambor}} = c * \sqrt{S}$$

Según tabla 7:

TABLA 7. — FACTORES DE SEGURIDAD ν Y COEFICIENTES k Y c
(Extraído de la DIN 4130)

Grupo	Cable		Tambor c	Polea e	Polea de compensación e
	Valores de ν para 160 kg/mm ²	k			
I	5,5 a 6	0,30 a 0,32	5 a 6	5,5 a 7	4,5 a 5
II	5,5 a 6	0,30 a 0,32	6 a 7	7 a 8	4,5 a 5
III	6 a 7	0,32 a 0,34	7 a 8	8 a 10	5 a 6
IV	7 a 8	0,34 a 0,37	8 a 9	9 a 12	6 a 7,5
V	8 a 9,5	0,37 a 0,40	8 a 9	9 a 12	6 a 7,5

Figura 13.2.c.: Factores de seguridad ν y coeficiente k y c . Extraído de la norma DIN 4130.

Factor $c = 8$.

El diámetro del tambor es de:

$$D_{\text{tambor}} = 8 * \sqrt{1287,13 \text{ kgf}}$$

$$D_{\text{tambor}} = 287,01 \text{ mm}$$

Se adopta un diámetro de tambor de 400 mm. Se aumenta el diámetro para reducir la cantidad de espiras a realizar en el tambor y reducir de esa manera el largo del tambor.

$$D_{\text{t adoptado}} = 400 \text{ mm}$$



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

Según “ASME B30.16 – 2016, sección 19-1.3.5 Hoists” el tambor de arrollamiento deberá tener un diámetro primitivo mínimo de 18 veces el diámetro del cable.

$$D_c = 13 \text{ mm}$$

$$D_{\min} = 13 \text{ mm} \times 18 = 234 \text{ mm}$$

Por lo tanto, el diámetro del tambor de arrollamiento adoptado cumple con los requisitos mencionados anteriormente.

13.1.3.1 Dimensiones de las ranuras

Se estima una longitud de cable a enrollar de 50 m (distancia total que recorrerá el carro).

- Cantidad de espiras n en el tambor:

$$n_1 = \frac{L}{D * \pi} = \frac{50 \text{ m}}{0,38 \text{ m} * \pi} = 41,88 \text{ espiras} \approx 42 \text{ espiras.}$$

Es necesario según “ASME B30.16 – 2016, sección 19-1.3.5 Hoists” 3 envolturas para asegurar que no haya deslizamiento reforzando la fijación del cable y que impiden que se desenrolle por completo.

Se deben dejar también 2 espiras para el caso de que el cable sufra alargamientos.

$$n = n_1 + 3 + 2 = 42 + 3 + 2 = 47 \text{ espiras}$$

Hay que tener en cuenta que el tambor está compuesto por dos arrollamientos de cable, por lo tanto, la cantidad de espiras a mecanizar en el tambor será de:

$$n_{\text{total}} = 2 * n = 2 * 47 = 94 \text{ espiras}$$

- Longitud del paso: (Tabla 13, pág. 29).



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

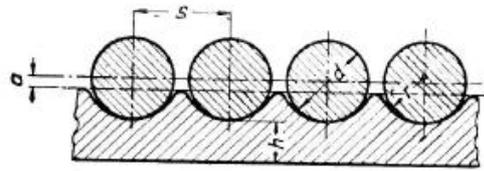


FIG. 39. — Dimensiones de las ranuras de los tambores de cables.

TABLA 13. — DIMENSIONES DE LAS RANURAS DE LOS TAMBORES según la figura 39

Diámetro del cable	10.	13.	16.	19.	22.	27.	33.	40.	44.
s	12	15	18	22	25	31	37	45	49
r	5,5	7	9	10,5	12	15	18	22	24
a	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	6

Figura 13.1.a: Dimensiones de las ranuras de los tambores.

De acuerdo a la tabla 13 del Hellmut, el paso recomendado para un cable de 13 mm es:

$$p = 15 \text{ mm}$$

- Longitud mínima del tambor:

Debido que deben colocarse 2 arrollamientos de cables en el mismo tambor, la longitud mínima del tambor será:

$$L_{\text{tambor}} = p * n_{\text{total}} = 15\text{mm} * 96 = 1440 \text{ mm}$$

Las bridas de tambor se extenderán un mínimo de medio diámetro de cable, pero no menos de 1/2 in (13 mm) por encima de la capa superior del cable durante la operación, como el diámetro del cable es de 13 mm, las bridas se extenderán 13mm.



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

13.1.3.2 *Árbol*

Para el diseño del árbol utilizaremos como bibliografía el libro “Diseño de elementos de máquina” de Mott, 4ta edición. Seleccionamos como material el acero SAE 1040 OQT 400 (Oil Quenched Tempered 400 °F).

Tensión de fluencia Sy	420 MPa
Tensión de rotura Su	700 MPa

Para calcular la resistencia a la fatiga real seguiremos el procedimiento según Mott, pág. 173.

Resistencia a la fatiga Sn	275 MPa
Factor de material Cm	1
Factor de tipo de esfuerzo Cst	1
Factor de confiabilidad Cr	0,81
Factor de tamaño Cs	0,8

Resistencia a la fatiga real:

$$S'_n = S_n * C_m * C_{st} * C_R * C_S = 275MPa * 1 * 1 * 0,81 * 0,8 \rightarrow S'_n = 178,2MPa$$

En el árbol actuarán las fuerzas de tensión del cable tractor siendo una mayor que la otra según el movimiento del carro. Las fuerzas máximas serán:

$$F1 = 1287,134 \text{ kgf}$$

$$F2 = 1024,28 \text{ kgf}$$

El momento torsor en el eje es:

$$M_t = 9550 \frac{N_{eje}}{n_{tambor}} = 9550 \frac{2,073HP * 0,7457}{14,32rpm} = 1030,8Nm$$

La fuerza neta que realiza el tambor sobre el árbol será:



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

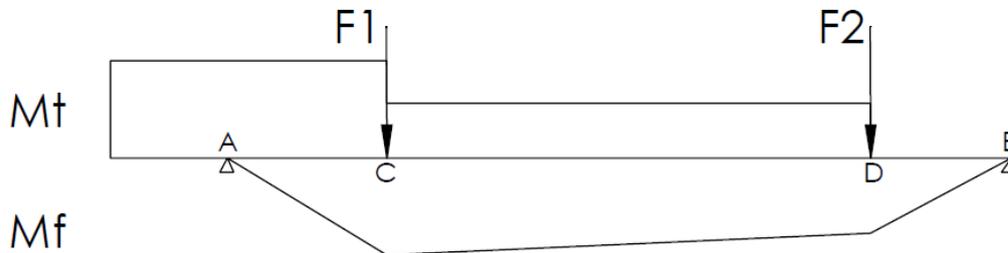


Tabla 13.1.a: Esfuerzos sobre eje.

El momento flector será máximo en el punto en que se aplican estas fuerzas (punto más crítico), siendo nulo sobre los rodamientos. La distancia entre los rodamientos y conos de acople será de 0,218[m].

$$Mf_{m\acute{a}x} = Mf_C = F_1 * 9,8 \frac{m}{seg^2} * 0,218m = 2743,52Nm$$

El momento flector para la fuerza F2 es:

$$Mf_D = F_2 * 9,8 \frac{m}{seg^2} * 0,218m = 2183,25Nm$$

Diseño del árbol: Ecuación de diseño Norma ASME-ANSI B106.1M (cálculo diámetro mínimo requerido).

$$\phi = \left[\frac{32 \cdot N}{\pi} \sqrt{\left(\frac{K_t \cdot Mf}{S'_n} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{Mt}{S_y} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$N = 2,5 \rightarrow$ Factor de seguridad, confianza promedio

$K_t = 2,5 \rightarrow$ Factor de concentrador de tensiones, chaflán agudo

$$\phi_A = \left[\frac{32 * 2,5}{\pi} \sqrt{\left(\frac{2,5 * 0Nm}{178,2 \cdot 10^6 \frac{N}{m^2}} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{1030,8Nm}{420 \cdot 10^6 \frac{N}{m^2}} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}} = 0,0378m$$

$$\phi_B = \left[\frac{32 * 2,5}{\pi} \sqrt{\left(\frac{2,5 * 0Nm}{178,2 \cdot 10^6 \frac{N}{m^2}} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{0Nm}{420 \cdot 10^6 \frac{N}{m^2}} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}} = 0m$$



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

$$\varnothing_C = \left[\frac{32 * 2,5}{\pi} \sqrt{\left(\frac{2,5 * 2743,52Nm}{178,2 \cdot 10^6 \frac{N}{m^2}} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{1030,8Nm}{420 \cdot 10^6 \frac{N}{m^2}} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}} = 0,0993m$$

$$\varnothing_D = \left[\frac{32 * 2,5}{\pi} \sqrt{\left(\frac{2,5 * 2743,52Nm}{178,2 \cdot 10^6 \frac{N}{m^2}} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{1030,8Nm}{420 \cdot 10^6 \frac{N}{m^2}} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}} = 0,0921m$$

Se adoptarán los siguientes diámetros:

Diámetro A	90mm	Rodamiento
Diámetro B	90mm	Rodamiento
Diámetro C	100mm	Cono de acople
Diámetro D	100mm	Cono de acople

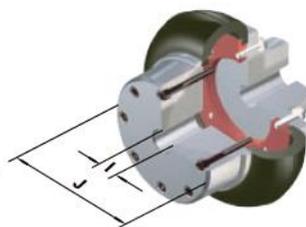
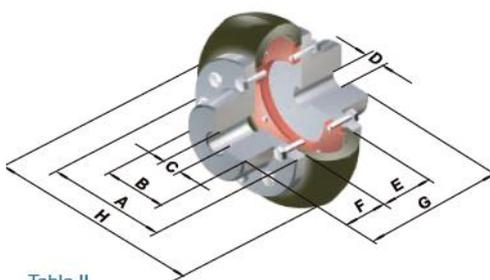
El diámetro del eje en el acople será de 80 [mm].

13.1.3.3 Acople

Debido a las bajas rotaciones que tendrá el árbol seleccionaremos un acople elástico Gummi BR. Para un factor de servicio de 2 y torque nominal de 280,38 [Nm], se selecciona el modelo BR-100 con un diámetro de alesaje máximo de 85 [mm].

Con 2 cubos normales (fig.1)

Con 1 cubo normal y 1 cubo integral (fig.2)



- A - Ø Brida Cubo
- B - Ø Cuello Cubo
- C - Ø Máx. alesaje
- D - Ø Agujero piloto
- E - Ancho centro
- F - Ancho cubo
- G - Long. total
- H - Ø Centro
- I - Ø Máx. alesaje
- J - Ø Cuello Cubo

Tabla II

CUBO Fig.1 NORMAL													Fig.2 CUBO INTEGRAL	
MODELO	Torq. Nom. Nm	HP x 100 rpm	Peso ⁽¹⁾ (Kg.)	A	B	C Máx	D Min	E	F	G	H	I Máx	J	
BR-100	4080	56,20	27,00	218	116	85	30	90	80	250	302	100	180	

Tabla 13.1.a: Tabla de fabricante.



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

13.1.3.4 Rodamientos

Por las características de sollicitación se instalará un rodamiento de doble hilera de rodillos a rótula en posición A, el mismo se encontrará bloqueado axialmente. Instalaremos otro rodamiento (posición B) de rodillos toroidales que se deja libre en sentido axial para poder absorber las cargas por dilataciones que puedan presentarse. Para la selección y verificación de funcionamiento de ambos rodamientos se siguen los lineamientos planteados en el Catálogo de Rodamientos SKF.

Posición A:

Rodamiento 22220 EK	
Capacidad de carga dinámica	433000[N]
Capacidad de carga estática	430000[N]
Factor de cálculo e	0,24
Factor de cálculo Y0	2,8
Factor de cálculo Y1	2,8
Factor de cálculo Y2	4,2



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

<i>Doble hilera de rodillos a rótula</i>			
Revoluciones	n	14,324	rpm
Fuerza radial B	FrB	12613,913	N
Fuerza radial D	FrD	10037,944	N
Fuerza axial		1425,312	N
Diámetro B		90,000	mm
Diámetro D		90,000	mm
CARGA EQUIVALENTE			
Coeficiente de dentado	Fz	2,500	
Coeficiente máquina acoplada	Fd	1,100	
Carga B		34688,261	N
Carga D		27604,346	N
VIDA NOMINAL			
Vida nominal	L ₁₀	42000,000	hs
Factor C/P		2,933	
C requerido		101723,545	N
CARGA DINÁMICA EQUIVALENTE			
Fa/Fr		0,0410892	
	P	38679,135	N
CARGA ESTÁTICA EQUIVALENTE			
	P ₀	38679,135	N
	S ₀	12,668	
So recomendado		1,500	

Se elige un rodamiento con agujero cónico, que se instalará con un manguito de fijación dentro de una caja de rodamientos. Estos componentes se escogen según las sugerencias del catálogo.

Manguito	H320
Soporte	SNL520



UTN FRRO
Ing. Mecánica

Fecha vigencia 06/10/21

Fecha revisión 08/12/21

Versión 1.0

Página 83 de 157

PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

Posición B:

Rodamiento C2220K	
Capacidad de carga dinámica	415000[N]
Capacidad de carga estática	465000[N]

Rodillos toroidales CARB			
Revoluciones	n	14,324	rpm
Fuerza radial B	FrB	12613,913	N
Fuerza radial D	FrD	10037,944	N
Fuerza axial		0,000	N
Diámetro B		90,000	mm
Diámetro D		90,000	mm
CARGA EQUIVALENTE			
Coeficiente de dentado	Fz	2,500	
Coeficiente máquina acoplada	Fd	1,100	
Carga B		34688,261	N
Carga D		27604,346	N
VIDA NOMINAL			
Vida nominal	L ₁₀	42000,000	hs
Factor C/P		2,933	
C requerido		101723,545	N
CARGA DINÁMICA EQUIVALENTE			
Fa/Fr			
	P	27604,346	N
CARGA ESTÁTICA EQUIVALENTE			
	P ₀	34688,261	N
	S ₀	13,405	
So recomendado		1,500	



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

Se elige un rodamiento con agujero cónico, que se instalará con un manguito de fijación dentro de una caja de rodamientos. Estos componentes se escogen según las sugerencias del catálogo.

Manguito	H320
Soporte	SNL520

13.1.3.5 Cono de acople

Para la unión del árbol con el tambor se utilizarán conos de acople BLOKEAR. Este elemento no posee chaveta disminuyendo concentraciones de tensiones y otorgándonos facilidad de montaje, se seleccionan del catálogo a partir de diámetro del eje verificando el torque máximo admitido.

Se selecciona un acople tipo BLK110 autocentrante con las siguientes características:

TIPO BLK 110 autocentrante

						Momento torsor	Fuerza Axial	Presión Superficial		Tornillos de ajuste	
dxD	L1	L2	L3	B	D1	Mt	F ass.	Eje	Maza	DIN 912 12.9	Cupla de Ajuste
mm	mm	mm	mm	mm	mm	Nm	KN	pw	pn	N° x tipo	Ms
								N/mm²	N/mm²		

| 100 X 125 | 65 | 86 | 96 | 106 | 154 | 15000 | 300 | 120 | 95 | 18 X M10 | 83 |

Tabla 13.1.b: Tabla de fabricante.

Observamos que el momento torsor máximo es de 15000[Nm], verificando nuestra sollicitación (1030,8 [Nm]).



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

13.1.3.6 Chaveta

Calcularemos la chaveta necesaria entre el árbol y el acoplamiento de baja rotación. El material de la misma será SAE 1040 estirado en frío. Seleccionamos una chaveta Norma DIN 6885, la cual establecemos sus dimensiones de acuerdo a la tabla que se muestra en catálogo OPAC:

DATOS			
Diámetro	d	0,08	m
Momento torsor	Mt	1030,83	Nm

PRESELECCIÓN CHAVETA			
Anchura	b	22,00	mm
Altura	h	14,00	mm
Material	SAE 1040 estirado en frío		
Factor de seguridad	N	3,00	

Corte			
Tensión de fluencia	Sy	490,00	MPa
Esfuerzo de corte dis	Tdis	81,67	MPa
Fuerza de corte	F	25770,77	N
Longitud	l	14,34	mm
		16,00	mm
Longitud total	lt	38,00	mm

Aplastamiento			
Tensión de compresión	Sy	490,00	MPa
Factor de seguridad	N	3,00	
Esfuerzo de tensión dis	Esf	163,33	MPa
Longitud	l	22,54	mm
		25,00	mm
Longitud total	lt	47,00	mm

LONGITUD ADOPTADA	lf	50,00	mm
--------------------------	-----------	--------------	-----------

LONGITUD DEL CUBO			
Distancia S	S	8,00	mm
Longitud del cubo	Lc	66,00	mm
Profundidad chavetero	t1	5,50	mm

La longitud de la chaveta resulta más larga en el caso por aplastamiento que por corte. Por lo tanto, optamos por la longitud calculada en ese caso.



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

13.1.4 Selección del motorreductor

Se calcula de acuerdo a la fórmula dada por Hellmut (pág. 215). La potencia necesaria varía durante el recorrido del carro en función de la inclinación del camino de rodadura.

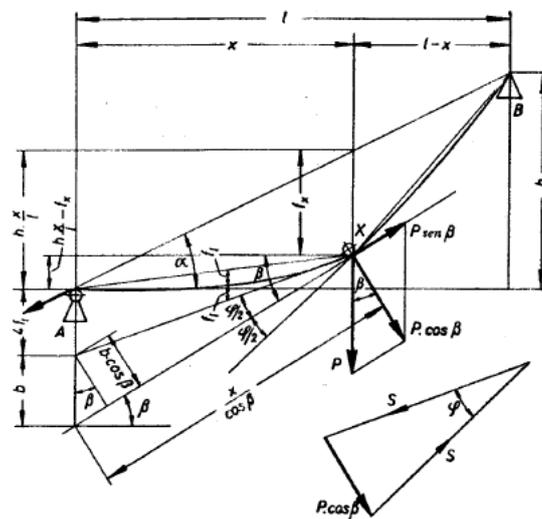


Figura 13.1.4.a: Cálculo de la inclinación del cable en el punto de contacto.

La inclinación máxima se obtiene en la proximidad de la torre más alta. La potencia está dada por la siguiente expresión:

$$N_{max} = \frac{P * \left(\frac{\tan \beta}{100} + \frac{w}{1000} \right) * v}{76 * \eta}$$

$$U = P * \left(\frac{\tan \beta}{100} + \frac{w}{1000} \right) = 525,7 \text{ kgf}$$

Donde U es la fuerza de tracción calculada anteriormente para la selección de los cables.

Debido a que el sistema de transporte se utilizará de manera esporádica, no es prioritaria una gran velocidad de transporte. Por este motivo adoptaremos una velocidad baja y así permitir ahorrar costos en grandes potencias, teniendo en cuenta además que esto conlleva aumentar el tamaño del reductor. Encontrando un equilibrio entre estas variables adoptamos una velocidad de



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

traslación del carro de 0,3 m/seg. Otro beneficio es una disminución en la potencia de aceleración en el arranque.

$$v = 0,3 \frac{m}{seg} = 18 \frac{m}{min}$$

Hellmut recomienda utilizar un valor de 0,75 para el rendimiento del sistema motriz. La potencia necesaria será:

$$N_{max} = \frac{P * \left(\frac{\tan \beta}{100} + \frac{w}{1000} \right) * v}{4500 * \eta} = \frac{525,7kgf * 18 \frac{m}{min}}{4500 * 0,75} = 2,8 CV = 2,06 kW$$

13.1.4.1 Método alternativo

Utilizaremos la fórmula de momento torsor para verificar el valor de potencia necesaria para el sistema de transporte.

$$Mt[kgm] = 716,2 * \frac{N[HP]}{n[rpm]} \rightarrow N = \frac{Mt * n}{716,2}$$

Esta potencia se verá afectada por un factor de servicio y los rendimientos del sistema.

$$N = \frac{Mt * n}{716,2} * \frac{fs}{\eta_T}$$

Para esta aplicación consideramos apropiado utilizaron un factor de servicio de 1,2.

Las pérdidas por la fricción interior del cable durante las flexiones y las pérdidas por rozamientos de los ejes de los tambores y poleas determinan el rendimiento de una transmisión por cable.

Según Hellmut, con poleas provistas de ejes sobre rodamientos a bolas, el rendimiento varía de 0,98 a 0,985. El rendimiento del tambor es inferior al de una polea, pero las pérdidas por fricción interior son la mitad y los frotamientos en los ejes son menores. De este modo se puede admitir para un tambor el mismo rendimiento que para una polea de reenvío:



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

sobre cojinetes de deslizamiento: $\eta_T = 0,96$;
sobre cojinetes de bolas: $\eta_T = 0,98$.

Para obtener el rendimiento total de la transmisión, se debe multiplicar el rendimiento de las poleas por el del tambor.

Por otro lado, también debemos tener en cuenta los rendimientos de acoples y reductor.

$$\eta_{red} = \eta_{etapa}^2 = 0,98^2$$

$$\eta_{acop} \cong 1$$

Debido a que el cable pasará por cuatro poleas, el rendimiento total será:

$$\eta_T = \eta_{tambor} * \eta_{polea}^4 * \eta_{acop} * \eta_{red} = 0,98 * 0,98^4 * 1 * 0,98^2 = 0,86$$

Con un diámetro de tambor de 0,4 metros y la fuerza de tracción anteriormente mencionada obtenemos el momento torsor del sistema.

$$Mt = U * \frac{D}{2} = 525,7kgf * \frac{0,4 m}{2} = 105,14 kgm$$

13.1.4.2 Reducción necesaria

A continuación, obtendremos la reducción necesaria para mover el carro a una velocidad de 0,3 m/s con un tambor de diámetro 400 mm.

Rpm necesarios a la salida del reductor:

$$n_2 = \frac{v * 60}{\pi * d} = \frac{0,3 \frac{m}{seg} * 60}{\pi * 0,4 m}$$

$$n_2 = 14,32 rpm$$

Reducción necesaria (adoptamos un motor de 4 polos):

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1480 rpm}{14,32 rpm} = 103,35$$

Potencia

$$N = \frac{105,14 kgm * 14,32 rpm}{716,2} * \frac{1,2}{0,86} = 2,93 cv = 2,16 kW$$



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

Luego de verificar la potencia mediante dos métodos diferentes, llegamos a la conclusión que ambas nos dan valores similares. Por lo tanto, tomaremos como potencia necesaria la mayor siendo 2,16 kW debiendo adoptar un motorreductor de 3 kW.

13.1.4.3 Potencia de aceleración

Durante el arranque, el motor suministra una potencia suplementaria para la aceleración de las masas en rotación (rotor del motor y mecanismos) y en traslación. Se debe comprobar que el par del motor sea suficiente para acelerar las masas en un tiempo corto.

Para acelerar el carro de carga total Q_t en un tiempo t hasta la velocidad de régimen V teniendo un par de arranque constante, se debe suministrar una potencia de aceleración que alcanza su máximo en el fin del arranque:

$$N_{acel} = \frac{Q_T * V^2}{g * t_a * 75} * \frac{\beta}{\eta}$$

El coeficiente β tiene en cuenta las masas en rotación. Varía según las condiciones y puede ser estimado entre 1,1 y 1,2 (Hellmut, Pág. 227). Adoptamos un valor medio de 1,15.

El tiempo de aceleración en el arranque se obtiene de la tabla 69 (Pág. 228), para una velocidad de 0,3 [m/seg].

Velocidad v (m/s)	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Duración del arranque t_a (seg)	5	6	7	8	9	10

$$N_{acel} = \frac{2400kg * \left(0,3 \frac{m}{seg}\right)^2}{9,8 \frac{m}{seg^2} * 5seg * 75} * \frac{1,15}{0,75} = 0,1 cv$$

Notamos que la potencia de aceleración es muy baja con respecto a la potencia nominal que requiere el sistema.



UTN FRRO
Ing. Mecánica

Fecha vigencia 06/10/21

Fecha revisión 08/12/21

Versión 1.0

Página 90 de 157

PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

De acuerdo a la velocidad de traslación del carrito y el diámetro del tambor adoptado seleccionaremos un motorreductor marca SEW con las siguientes características.

MODELO	R97DRN100L4
POTENCIA	3 [KW]
REDUCCIÓN	103,44
RPM MOTOR	1480
RPM SALIDA	14
EFICIENCIA	IE3
PROTECCIÓN	IP55

	UTN FRRO Ing. Mecánica	Fecha vigencia	06/10/21
		Fecha revisión	08/12/21
		Versión	1.0
		Página 91 de 157	
PROYECTO FINAL			
SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO			

13.1.5 Freno del sistema motriz

Según la norma “ASME B.30 sección 19-1 3.5 Hoists” tiene como requisito que cada tambor tenga un freno que tenga una clasificación no menor del 150% de la máxima carga nominal activa.

Por este motivo, instalaremos en el tambor un freno electromagnético. El par del freno necesario fue calculado en la sección 13.1.4 dándonos un par de 1038 Nm, por lo tanto, necesitaremos un freno con un par mínimo de 1560 Nm. En consecuencia, seleccionaremos un freno con un par de 2000Nm.

Este freno será normal cerrado para que al momento de estar sin energía eléctrica el sistema se encuentre frenado.

Estos equipos son comerciales, por lo tanto, según nuestro par se seleccionará uno comercial.

A continuación, una representación gráfica del mismo:



Figura 13.1.5.a: Representación gráfica de un freno eletromagnético.



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

14 DISEÑO DEL CARRO DE TRASLACIÓN

14.1.1 Dimensionamiento del carro

Se diseña el carro de traslación que circulará sobre el cable guía y estará accionado por el cable motriz. Está formado por 2 pares de ruedas guías y una estructura que soportara las fuerzas ocasionas por la carga a transportar.

14.1.2 Diagrama de cuerpo libre

Analizamos las fuerzas actuantes en el carro, y calculamos el valor de esas fuerzas que nos permitirán dimensionar los elementos que componen el carro.

Se tiene en cuenta la carga total a trasladar por el carro (teniendo en cuenta su propio peso y el peso de la guindola) y la fuerza de tracción provocada por el cable motriz para poder trasladar el carro sobre el cable carril.

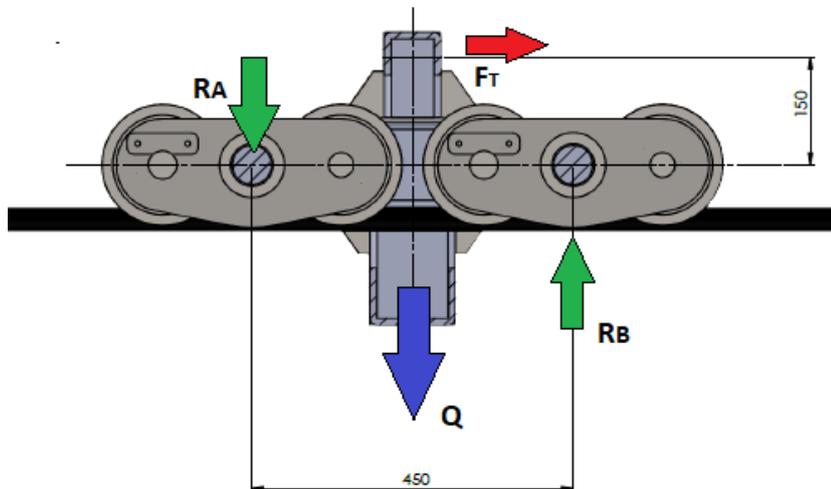


Figura 14.1.a: Diagrama de cuerpo libre.

Se calcula a continuación los valores de las reacciones que serán transmitidas al carro.

La fuerza de tracción F_t provocara un momento que tiene a voltear el carro, por lo tanto, se debe tener en cuenta para calcular las reacciones. Además, variará de acuerdo a la carga a transportar, siendo mayor cuanto mayor sea esa carga.



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

Para $Q_{m\acute{a}x}$:

$$Q_{m\acute{a}x} = \text{Carga} + \text{Peso Carro} + \text{Peso Guindola} = 1600 \text{ kgf} + 150 \text{ kgf} + 300 \text{ kgf} \\ = 2050 \text{ kgf}$$

$$F_{T \text{ m\acute{a}x}} = 1287 \text{ kgf}$$

Para $Q_{m\acute{i}n}$:

$$Q_{m\acute{a}x} = \text{Peso Carro} + \text{Peso Guindola} = 150 \text{ kg} + 300 \text{ kgf} = 450 \text{ kgf}$$

$$Q_{m\acute{a}x} = \text{Peso Carro} + \text{Peso Guindola} = 150 \text{ kgf} + 300 \text{ kgf} = 450 \text{ kgf}$$

$$F_{T \text{ m\acute{i}n}} = 977 \text{ kgf}$$

A continuaci3n, calculamos el valor de las reacciones para ambos casos:

Para el caso donde se traslada la carga m\acute{a}xima $Q_{m\acute{a}x}$:

$$\sum M_A = 0 \rightarrow (F_T * 150\text{mm}) - (R_B * 450\text{mm}) + (Q_{m\acute{a}x} * 225\text{mm}) = 0$$

$$R_B = \frac{(F_{T \text{ m\acute{a}x}} * 150\text{mm}) + (Q_{m\acute{a}x} * 225\text{mm})}{450\text{mm}}$$

$$= \frac{(1287 \text{ kgf} * 150\text{mm}) + (2050 \text{ kgf} * 225\text{mm})}{450\text{mm}} = 1454 \text{ kgf}$$

$$\sum M_B = 0 \rightarrow (F_T * 150\text{mm}) - (R_A * 450\text{mm}) - (Q_{m\acute{a}x} * 225\text{mm}) = 0$$

$$R_B = \frac{(F_{T \text{ m\acute{a}x}} * 150\text{mm}) - (Q_{m\acute{a}x} * 225\text{mm})}{450\text{mm}}$$

$$= \frac{(1287 \text{ kgf} * 150\text{mm}) - (2050 \text{ kgf} * 225\text{mm})}{450\text{mm}} = -596 \text{ kgf}$$

La reacci3n en el punto B es vertical hacia arriba, por lo tanto, esa fuerza ser\acute{a} absorbida por las ruedas superiores.

Para el caso donde se traslada la carga m\acute{a}xima $Q_{m\acute{i}n}$:

$$\sum M_A = 0 \rightarrow (F_T * 150\text{mm}) - (R_B * 450\text{mm}) + (Q_{m\acute{i}n} * 225\text{mm}) = 0$$



UTN FRRO
Ing. Mecánica

Fecha vigencia 06/10/21

Fecha revisión 08/12/21

Versión 1.0

Página 94 de 157

PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

$$R_B = \frac{(F_{T \min} * 150mm) + (Q_{\min} * 225mm)}{450mm}$$
$$= \frac{(977 \text{ kgf} * 150mm) + (450 \text{ kgf} * 225mm)}{450mm} = 551 \text{ kgf}$$

$$\sum M_B = 0 \rightarrow (F_T * 150mm) - (R_A * 450mm) - (Q_{\min} * 225mm) = 0$$

$$R_B = \frac{(F_{T \min} * 150mm) - (Q_{\min} * 225mm)}{450mm}$$
$$= \frac{(977 \text{ kgf} * 150mm) - (450 \text{ kgf} * 225mm)}{450mm} = -101 \text{ kgf}$$

La reacción en el punto B es vertical hacia arriba. Esta fuerza al ser menor que el propio peso del carro (150kgf), será absorbida por las ruedas superiores.

De esta manera se verifica que el momento ocasionado por la fuerza de tracción del cable se ve contrarrestado por el momento provocado por la carga a transportar y el peso del mismo carro, por lo tanto, se observa que no es necesario colocar ruedas inferiores.

Como conclusión obtenemos que la fuerza máxima actuante en el par de ruedas es de 1454 kgf.



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

14.1.2.1 Rueda

Basándonos en el libro Hellmut (“Aparatos de elevación y transporte”) realizamos el cálculo para el diámetro mínimo de la rueda, resistente al aplastamiento provocado por el contacto entre la rueda y el cable guía. Previamente, calculamos la carga máxima que actúa sobre la rueda.

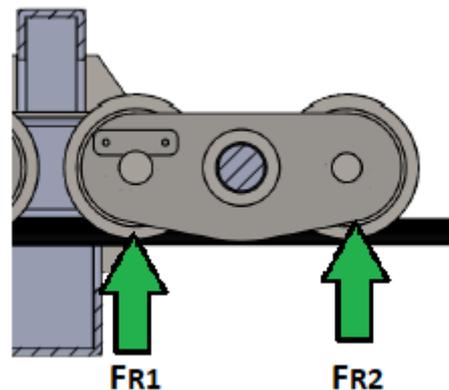


Tabla 14.1.a: Esfuerzo sobre rueda.

$$F_{R1} = F_{R2} = \frac{F_R}{2} * 1,3 = \frac{1454 \text{ kgf}}{2} * 1,3 = 945 \text{ kgf}$$

El diámetro de la rueda la calculamos mediante la siguiente fórmula:

$$D = \frac{F_R \text{ máx}}{B * k}$$

Siendo:

B: ancho efectivo de la zona de contacto entre elementos (suponiendo el caso de contacto lineal)

k: coeficiente dado por las condiciones de servicio del sistema

Suponemos que el ancho efectivo es de:

$$B = 32\text{mm} = 3,2 \text{ cm}$$

Según las condiciones de servicio (frecuencia de la plena carga, frecuencia de la utilización y velocidad de traslación) y el material de la rueda, se elegirá aproximadamente los valores k dados por la tabla, brindada por Hellmut.



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

TABLA 40. — VALORES ADMISIBLES PARA EL COEFICIENTE k (kg/cm²)

Plena carga	Frecuencia de utilización	Velocidad de traslación (m/mm)	Tipo de servicio	Valores admisibles de k		
				Acero moldeado 60 kg	Acero moldeado 60 kg temple al soplete	Ruedas de bandaje
raramente	rara	inferior a 60	ligero	70	80 ÷ 90	90
raramente	rara	superior a 60	normal	60	70 ÷ 80	80
raramente	elevada	inferior a 60				
frecuente	rara	inferior a 60				
raramente	elevada	superior a 60	semipesado	50	60 ÷ 70	70
frecuente	rara	superior a 60				
frecuente	elevada	inferior a 60				
frecuente	elevada	superior a 60	pesado	40	50 ÷ 60	60

Tabla 14.1.b: Tabla de valores admisible coeficiente k .

Se selecciona un coeficiente de:

$$k = 60 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

De acuerdo a los valores obtenidos, calculamos el diámetro mínimo de la rueda:

$$D = \frac{F_R \text{ máx}}{B * k} = \frac{945 \text{ kgf}}{3,2 \text{ cm} * 60 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}} = 4,9 \text{ cm}$$

14.1.2.2 Eje de la rueda

Se calcula el eje de la rueda a la fatiga, teniendo en cuenta los esfuerzos fluctuantes de flexión que se producen al cargar y descargar el carro con los materiales a trasladar.

Tendremos una carga mínima actuante sobre el eje de la rueda que será igual a:

$$F_{R\text{min}} = \frac{551 \text{ kgf}}{2} = 275,5 \text{ kgf} = 2700 \text{ N}$$

La carga máxima será:

$$F_{R\text{máx}} = 945 \text{ kgf} = 9261 \text{ N}$$



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

Fuerzas de reacción en el eje:

$$R_{\text{máx}} = \frac{945 \text{ kgf}}{2} = 472,5 \text{ kgf} = 4631 \text{ N}$$

$$R_{\text{min}} = \frac{275,5 \text{ kgf}}{2} = 137,75 \text{ kgf} = 1350 \text{ N}$$

Tomando una longitud del eje de 110 mm, calculamos lo momentos flectores:

$$M_{f \text{ máx}} = 4631 \text{ N} * 55\text{mm} = 254705 \text{ Nmm}$$

$$M_{f \text{ min}} = 1350 \text{ N} * 55\text{mm} = 74250 \text{ Nmm}$$

$$M_{f \text{ med}} = \frac{M_{f \text{ máx}} + M_{f \text{ min}}}{2} = 38399 \text{ Nmm}$$

$$M_{f \text{ amplitud}} = \frac{M_{f \text{ máx}} - M_{f \text{ min}}}{2} = 90228 \text{ Nmm}$$

Utilizamos el caso de “esfuerzo normal fluctuante”, y procedemos a calcular el módulo resistente, utilizando la ecuación de diseño de Goodman (Mott):

$$\frac{1}{N} = \frac{K_t * \sigma_a}{S_{n'}} + \frac{\sigma_m}{S_u}$$

Siendo: $\sigma_i = \frac{M_i}{W}$

Por lo tanto, podemos calcular el módulo resistente W, de donde obtendremos el diámetro necesario del eje:

$$W = N * \left(\frac{K_t * M_{fa}}{S_{n'}} + \frac{M_{fm}}{S_u} \right)$$

Siendo:

$S_u =$ Tensión de rotura

$S_{n'}$ = Resistencia a la fatiga real

K_t = Concentrador de tensión

N = Factor de diseño

El material seleccionado para nuestro eje es un acero SAE 1040 OQT 400 Oil (Quenched Tempered 400 °F)



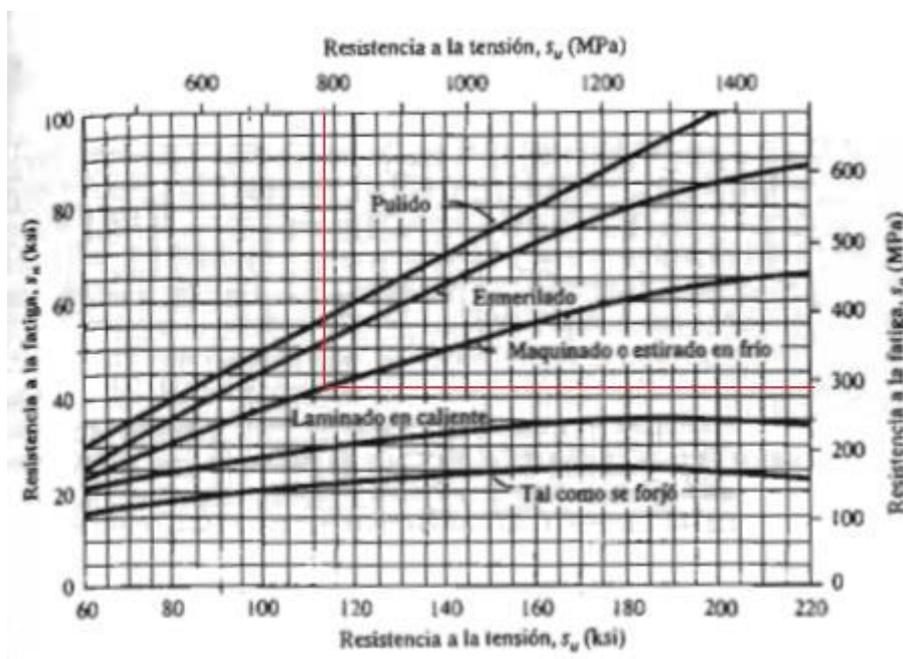
PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

Calculamos entonces la resistencia a la fatiga real del eje teniendo en cuenta las características del material seleccionado:

Material	SAE 1040	OQT 400	
Resist. tensión	Su	779	MPa
Resist. fluencia	Sy	600	MPa
Resist. fatiga	Sn	300	MPa

Resistencia a la fatiga (figura 5-8, pág. 175 Mott):



El valor de tensión de fatiga que obtenemos es $S_n \cong 300 \text{ MPa}$

Factores:

Factor del material C_m (pág. 173 del Mott):

Acero forjado: $C_m = 1.00$	Hierro colado maleable: $C_m = 0.80$
Acero colado: $C_m = 0.80$	Hierro colado gris: $C_m = 0.70$
Acero pulverizado: $C_m = 0.76$	Hierro colado dúctil: $C_m = 0.66$

Factor de tipo de esfuerzo C_{st} (pág. 173 Mott):

Esfuerzo flexionante $\rightarrow C_{st}=1$

Factor de confiabilidad C_r (tabla 5-1, pág. 175 Mott):



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

TABLA 5-1

Factores de confiabilidad aproximados C_R

Confiabilidad de 0,9 \rightarrow $C_R = 0,9$

Confiabilidad deseada C_R

0.50	1.0
0.90	0.90
0.99	0.81
0.999	0.75

Factor de tamaño C_s (tabla 5-2, pág. 175 Mott):

TABLA 5-2 Factores de tamaño

Unidades SI	
Rango de tamaño	Para D en mm
$D \leq 7.62$	$C_s = 1.0$
$7.62 < D \leq 50$	$C_s = (D/7.62)^{-0.11}$
$50 < D < 250$	$C_s = 0.859 - 0.000837D$

Suponiendo un diámetro aproximado de eje de 50 mm, tendremos:

$$C_s = \left(\frac{D}{7,62}\right)^{-0,11} = \left(\frac{50 \text{ mm}}{7,62}\right)^{-0,11} = 0,813$$

Resistencia a la fatiga real:

$$s_n' = 1 * 1 * 0,9 * 0,81 * 300 \text{ MPa} = 219,52 \text{ MPa}$$

Concentrador de tensiones K_t :

$$\text{Eje con diametro uniforme} \rightarrow K_t = 1$$

Factor de diseño N (pag.185, Mott):

Para diseño de elementos de maquina bajo carga dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente:

$$N = 4$$

Modulo resistente:

$$W = N * \left(\frac{Kt * Mfa}{Sn'} + \frac{Mfm}{Su}\right) = 4 * \left(\frac{1 * 90228 \text{ Nmm}}{219,52 \text{ MPa}} + \frac{38399 \text{ Nmm}}{779 \text{ MPa}}\right) = 1841 \text{ mm}^3$$

Diámetro del eje:

$$D_{eje} = \sqrt[3]{\frac{32 * W}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{32 * 2604 \text{ mm}^3}{\pi}} = 29,8 \text{ mm}$$



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

14.1.2.3 Placas de unión

Calculamos el espesor y altura de la placa que conectara a las 2 ruedas:

Procedemos al cálculo utilizando el mismo razonamiento que el eje de las ruedas, el caso de “esfuerzo normal fluctuante”, pero con la diferencia que la sección transversal a estudiar será un área rectangular, siendo:

La fuerza actuante en los extremos de la placa será la calculada anteriormente para el dimensionamiento del eje:

$$R_{m\acute{a}x} = F_{A m\acute{a}x} = F_{B m\acute{a}x} = 4631 N$$

$$R_{m\acute{i}n} = F_{A m\acute{i}n} = F_{B m\acute{i}n} = 1350 N$$

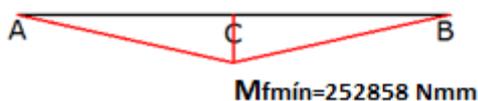
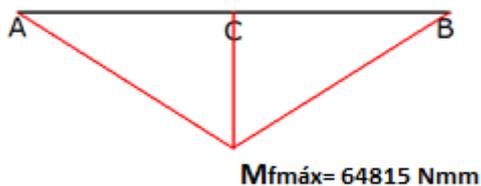
Las 2 placas laterales que unen ambas ruedas estarán fijadas por un perno pivót ubicado en la mitad de la placa. La fuerza de reacción en ese punto será:

$$\sum M_A = 0 = F_A * 250mm - R_C * \left(\frac{250mm}{2}\right) \rightarrow R_C = \frac{F_A * 250mm}{\left(\frac{250mm}{2}\right)}$$

$$R_{C m\acute{a}x} = \frac{4631 N * 250mm}{125 mm} = 9262 N$$

$$R_{C m\acute{i}n} = \frac{1350 N * 250mm}{125 mm} = 2700 N$$

Momentos flectores:



$$M_{f m\acute{a}x} = 4631 N * 125mm = 578875 Nmm$$

$$M_{f m\acute{i}n} = 1350 N * 125mm = 168750 Nmm$$



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

$$M_{f\ med} = \frac{M_{f\ máx} + M_{f\ mín}}{2} = 373813\ Nmm$$

$$M_{f\ amplitud} = \frac{M_{f\ máx} - M_{f\ mín}}{2} = 205062\ Nmm$$

Utilizamos el caso de “esfuerzo normal fluctuante”, y procedemos a calcular el módulo resistente, utilizando la ecuación de diseño de Goodman (Mott):

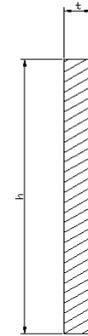
$$\frac{1}{N} = \frac{K_t * \sigma_a}{S_n'} + \frac{\sigma_m}{S_u}$$

Siendo: $\sigma_i = \frac{M_i}{W}$

Por lo tanto, podemos calcular el módulo resistente W, de donde obtendremos la altura y el espesor de la placa necesario:

$$W = N * \left(\frac{K_t * M_f a}{S_n'} + \frac{M_f m}{S_u} \right)$$

$$W = \frac{t * h^2}{6}$$



Para el cálculo de las dimensiones de la placa, suponemos una altura y espesor de diseño, que luego verificaremos.

Espesor placa	t diseño	10	mm
Altura de diseño	h diseño	100	mm

El material seleccionado para las placas es SAE 1040 OQT 400. Calculamos entonces la resistencia a la fatiga real teniendo en cuenta las características del material seleccionado y sus correspondientes factores.

Material	F-24		
Resistencia tensión	Su	370	MPa
Resistencia a la fluencia	Sy	240	MPa
Resistencia a la fatiga	Sn	200	MPa
Factor material	Cm	1	Acero forjado



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

Factor tipo esfuerzo	Cst	1	Esfuerzo flexionante
Factor confiabilidad	Cr	0,9	Confiabilidad del 90%
Factor tamaño	Cs	0,87	Deq= 25,5 mm
Resistencia a la fatiga real	Sn'	158	MPa
Concentrador de tensiones	Kt	1	d/h<0,5
Factor de diseño	N	4	

Para el cálculo del factor de tamaño tenemos que calcular un diámetro equivalente para poder ingresar a la tabla 5-2 (utilizada anteriormente) y seleccionar el factor Cs correspondiente:

TABLA 5-2 Factores de tamaño

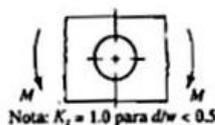
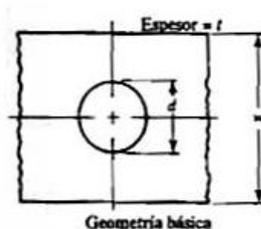
Unidades SI	
Rango de tamaño	Para D en mm
$D \leq 7.62$	$C_S = 1.0$
$7.62 < D \leq 50$	$C_S = (D/7.62)^{-0.11}$
$50 < D < 250$	$C_S = 0.859 - 0.000837D$

$$D_{eq} = 0,808 * \sqrt{h * t} = 0,808 * \sqrt{100mm * 10mm} = 25,55 mm$$

$$C_s = \left(\frac{D}{7,62}\right)^{-0,11} = \left(\frac{25,55 mm}{7,62}\right)^{-0,11} = 0,8753$$

Resistencia a la fatiga real:

$$S_n' = 1 * 1 * 0,9 * 0,8753 * 300MPa = 236,35 MPa$$



Concentrador de tensiones:

En el caso de una placa de sección rectangular tendremos que calcular la relación entre la altura de la placa y el diámetro del agujero que se le realice (pág. A-29 del Apéndice 15, Mott):

Suponemos un diámetro de agujero de 50 mm:

$$\text{Para } \frac{d}{t} = \frac{50 mm}{100 mm} = 0,5 \rightarrow K_t = 1$$

Modulo resistente:



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

$$W = N * \left(\frac{Kt * Mfa}{Sn'} + \frac{Mfm}{Su} \right) = 4 * \left(\frac{1 * 197828 \text{ Nmm}}{158 \text{ MPa}} + \frac{450686 \text{ Nmm}}{370 \text{ MPa}} \right) = 8107 \text{ mm}^3$$

Altura de la placa:

$$W = \frac{t * h^2}{6}$$

$$h = \sqrt{\frac{6 * W}{t}} = \sqrt{\frac{6 * 8107 \text{ mm}^3}{15 \text{ mm}}} = 56,94 \text{ mm}$$

Se verifica la altura de la placa en función del espesor y altura adoptada.

14.1.2.4 Perno pivote

Se calcula el diámetro del perno pivote que fija el par de ruedas a la estructura del carro.

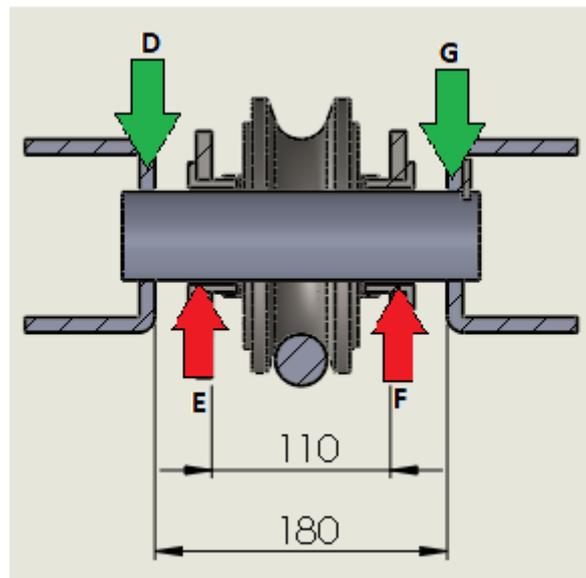


Figura 13.1.5.a: Fuerzas y reacciones que influyen en el perno pivote del carro de traslación.

Las placas ejercen sobre el perno pivote una fuerza igual a la calculada anteriormente:

$$R_{Cm\acute{a}x} = F_{Fm\acute{a}x} = F_{Gm\acute{a}x} = 10376 \text{ N}$$



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

$$R_{Cmin} = F_{Fmin} = F_{Gmin} = 4045,7 N$$

FUERZAS	Máx.		Min.	
RD	9261	N	1350	N
RE	9261	N	1350	N
FF	9261	N	1350	N
FG	9261	N	1350	N
LONGITUDES				
Largo total	180	mm		
Distancia d-f	35	mm		
Distancia f-g	110	mm		
Distancia g-e	35	mm		

Momentos flectores:

Mf máx.	254705	Nmm
Mf min	74250	Nmm
Mf medio	38399	Nmm
Mf amplitud	90228	Nmm

Diámetro necesario del perno:

Material	1040	OQT 400	
Resist. tensión	Su	779	MPa
Resist. fluencia	Sy	600	MPa
Resist. fatiga	Sn	300	MPa
Factor material	Cm	1	(acero forjado)
Factor tipo esfuerzo	Cst	1	
Factor confiabilidad	Cr	0,9	(tabla5-1 pág. 175, Mott)
Factor tamaño	Cs	0,81715	(Ø aprox.=50mm)
Resist. fatiga real	Sn'	220,6305	MPa
Factor de diseño	N	4	pág. 185 Mott
Concentrador de tensiones	Kt	1	(Diam. Uniforme)



UTN FRRO
Ing. Mecánica

Fecha vigencia 06/10/21

Fecha revisión 08/12/21

Versión 1.0

Página 105 de 157

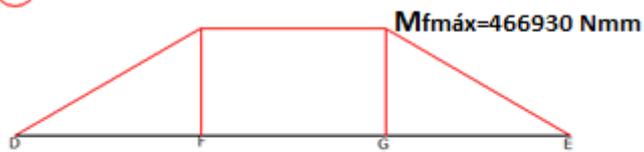
PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

Para el caso de “esfuerzo normal fluctuante”:

Modulo resistente	W	4261	mm ³
Diámetro perno	D	35,15	mm

Mf





PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

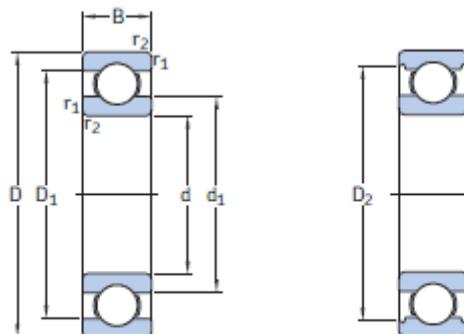
14.1.2.5 Rodamientos

Calculamos el rodamiento sobre el cual estará montada la rueda. Utilizaremos 2 rodamientos semejantes en los cuales se repartirá la carga actuante.

Selección del tipo de rodamiento

De acuerdo a las características del sistema seleccionamos el tipo de rodamiento adecuado.

CRITERIO DE SELECCIÓN	
Carga radial	MODERADA
Carga axial	BAJA
Desalineación	BAJA
Velocidad	BAJA
Momentos	NULO
Precisión	NULO
Funcionamiento silencioso	NULO



Seleccionamos un rodamiento de una hilera de bolas, ya que satisfacen las condiciones del sistema, resumidas en la tabla anterior.



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

Preselección del rodamiento

Preseleccionamos un rodamiento rígido de bolas con las siguientes características

RODAMIENTO SELECCIONADO	6208 2RS1		
Ø interior	d	40	mm
Ø exterior	D	80	mm
Ancho	B	18	mm
Capacidad de carga dinámica	C	32,5	kN
Capacidad de carga estática	C0	19	kN
Masa	m	0,37	kg
	e		
Factor de seguridad recomendado	S0recomendado	2,5	rodamiento rotativo, funcionamiento silencioso no importante, carga de choques notables

Fuerza radial:

$$F_r = \frac{945 \text{ kgf}}{2} = 472,5 \text{ kgf}$$

Carga dinámica equivalente:

$$\frac{F_a}{F_r} = \frac{0}{472,5} \leq e \rightarrow P = 472,5 \text{ kg} = 4631 \text{ N}$$

Verificación a la carga dinámica:

-Vida nominal necesaria:

Calculamos la vida nominal del rodamiento para un servicio de 2hs diarias, durante 10 años.

$$L_h = \frac{2 \text{ hs}}{\text{dia}} * \frac{5 \text{ dias}}{7 \text{ dias}} * \frac{365 \text{ dias}}{1 \text{ año}} * 10 \text{ años} = 5214 \text{ hs}$$



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

Vida nominal del rodamiento seleccionado

Se verifica el rodamiento de manera que la vida nominal del rodamiento seleccionada sea superior a la necesaria:

$$L_{10h} = \frac{1 * 10^6}{60 * n} \left(\frac{C}{P} \right)^p$$

RPM de la rueda, n:

Diámetro de la rueda adoptado: $\varnothing_{rueda} = 120mm$

Velocidad de traslación del carro: $v = 0,3 \frac{m}{s}$

$$n = \frac{v * 60}{\varnothing_{rueda} * \pi} = \frac{0,3 \frac{m}{seg} * 60}{0,12m * \pi} = 47,77 rpm$$

Para rodamiento de bolas $\rightarrow p = 3$

Verificación vida nominal

$$L_{10h} = \frac{1 * 10^6}{60 * 47,77 rpm} \left(\frac{32500 N}{5188 N} \right)^3 = 85771 hs > 5214hs$$

El rodamiento seleccionado se verifica de acuerdo a las cargas dinámicas

Verificación a la carga estática

Factor de seguridad recomendado (tabla 11, pag.89, catalogo SKF):

Para rodamiento de rodillos rotativo, funcionamiento silencioso no importante y carga de choque notables: $S_0 \text{ recomendado} = 2,5$

Factor de seguridad del rodamiento seleccionado:

$$S_0 = \frac{C_0}{P_0} = \frac{19000 N}{4630 N} = 4,1 > 2,5$$

Se verifica el rodamiento seleccionado a la carga estática.



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

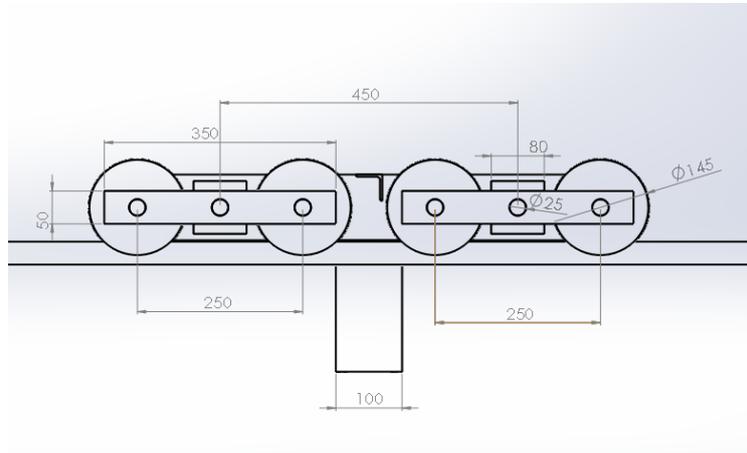


Figura 14.1.a: Croquis con cotas del carro de traslación.

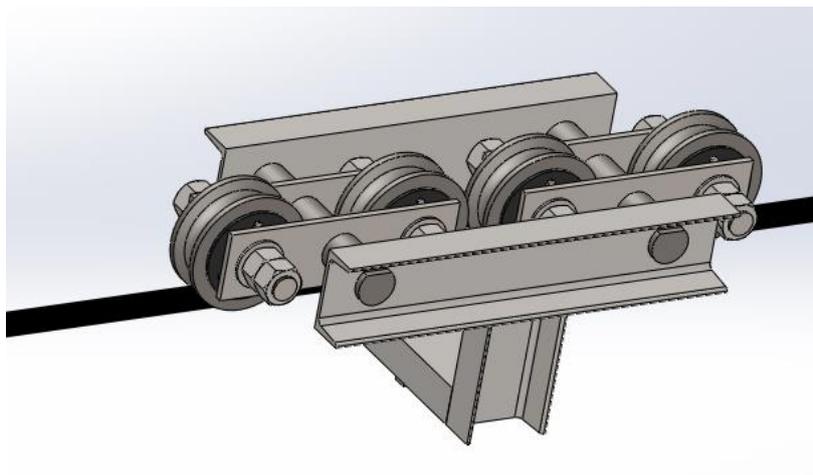


Figura 13.1.5.c: Carro de traslación.

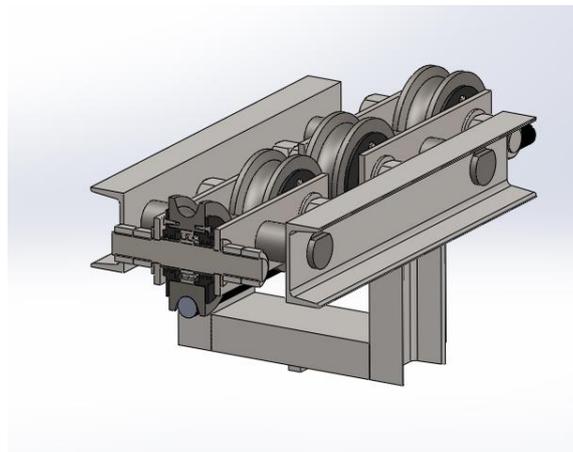


Figura 13.1.5.c: Carro de traslación con corte interno de una de sus ruedas.

	UTN FRRO Ing. Mecánica	Fecha vigencia	06/10/21
		Fecha revisión	08/12/21
		Versión	1.0
		Página 110 de 157	
PROYECTO FINAL			
SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO			

15 ESTRUCTURAS METÁLICAS

En este capítulo, se explicará cuál fue el método empleado para calcular las estructuras que soportarán los cables, el carro y el bastidor en ambos extremos del recorrido de este sistema de transporte de materiales.

Los distintos materiales a trasladar se colocarán dentro del bastidor, trasladando su carga correspondiente a este. El bastidor trasladará su carga al carro de traslación que va montado sobre el cable carril. El cable carril transmitirá su esfuerzo a las estructuras diseñadas en el presente capítulo, y finalmente las estructuras transmitirán los esfuerzos al suelo.

La carga principal a la que estarán sometidas las estructuras serán los esfuerzos del cable carril. En este caso para dimensionar tomaremos la situación más comprometida, que será la que ocurrirá cuando el esfuerzo de tracción en los cables sea máximo (S_{max}), este se producirá al encontrarse el carro en el centro del recorrido.

$$S_{max} = 15576,56 \text{ kgf} \rightarrow \text{consideramos} \rightarrow S_{max} \cong 15600 \text{ kgf}$$

15.1.1 Hipótesis de cálculo

Como se decidió trabajar con un cable portador anclado al piso (sin contrapesos), entendimos que el mismo debe apoyar en la estructura previo al movimiento de descenso. Las 2 variables que definimos fueron: la altura de la superficie donde apoyaría el cable y la posición donde ubicaríamos el anclaje al piso.

Con respecto a la primera variable, tuvimos que tener en cuenta las dimensiones de las cargas a transportar y el propio ángulo de inclinación del cable que surge de la carga que lleva. Definimos una altura de 3 metros desde la base.



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

Mientras que el anclaje al piso, nos limitaba el espacio tras la estructura, y según donde lo ubicábamos era el ángulo que formaba con la vertical, el cual nos ayudaba a compensar las cargas. Definimos un ángulo de 30 grados con la vertical.

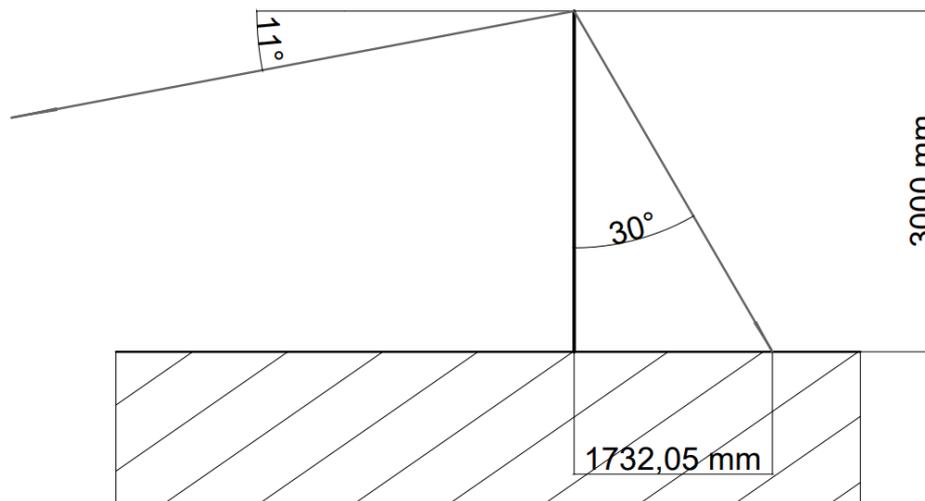


Figura 15.1.1.a: Representación gráfica del anclaje del cable carril al suelo.

En un primer momento, encaramos el diseño de la estructura planteando una estructura de reticulados montada sobre las patas principales que le deban altura. El punto donde el cable carril giraba para comenzar a descender hacia el piso se encontraba en un nudo, y ahí se aplicaba la carga. Luego se calculaba toda la estructura como un reticulado de distintos planos, y en las barras que pertenecían a más de un plano, combinábamos ambos esfuerzos.

Este diseño, junto con su hipótesis de que las cargas apoyaban perfectamente en los nudos tenía la ventaja de ser más sencilla para calcular, pero era más compleja a la hora de su fabricación y montaje en obra, ya que requería muchos cortes de perfiles a medida y montaje a través de soldaduras, lo que conllevaría a que sea más costosa.

	UTN FRRO Ing. Mecánica	Fecha vigencia	06/10/21
		Fecha revisión	08/12/21
		Versión	1.0
		Página 112 de 157	
PROYECTO FINAL			
SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO			

En la siguiente Figura se puede ver el modelo de estructura que habíamos obtenido al finalizar la presentación del cursado del proyecto.

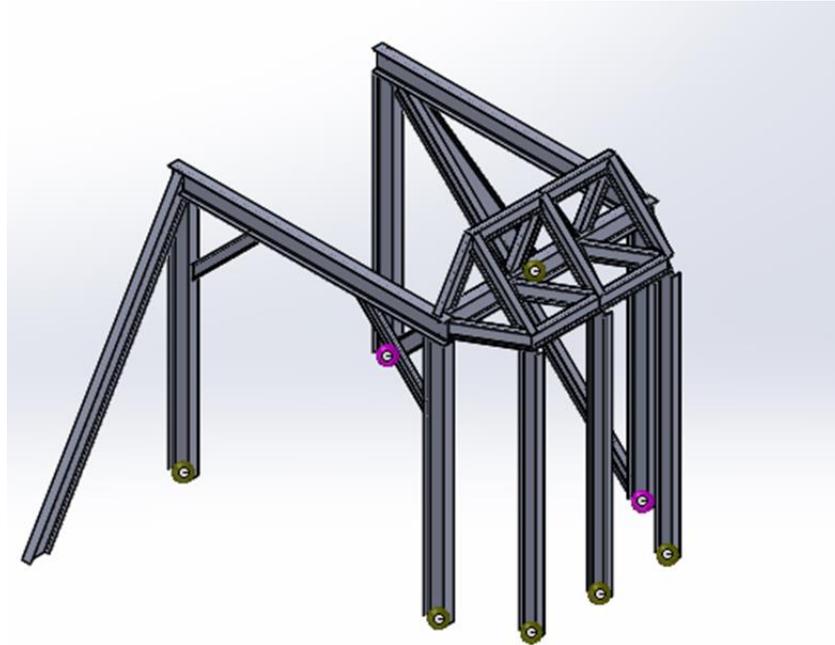


Figura 15.1.1.b: Primera estructura metálica diseñada.

A través de nuestras experiencias laborales adquiridas durante el desarrollo del proyecto, y de casos prácticos vistos en distintas plantas industriales, surgió la idea de reformular la estructura, buscando plantear algo más simple. La idea fue reducir la cantidad de perfiles (aunque estos sean más grandes) y buscar más simplicidad constructiva, sin necesitar tantos cortes exactos ni maquinaria compleja para conseguirlos.

El proceso de diseño fue ir realizando croquis de estructuras lo más sencillas posibles, y luego ir repitiendo el proceso, analizando lo que sucedía del prueba y error para tomar conclusiones que nos ayuden a mejorar. De allí surgieron distintos diseños, algunos de los cuales compartimos en las imágenes.



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO



Figura 15.1.1.c: Distintos diseños de estructuras metálicas desarrollados.

Luego avanzamos con lo que entendíamos que mejor soportaba nuestras solicitaciones, y fuimos desarrollando y optimizando la misma. Las simulaciones realizadas nos ayudaron a comprobar la forma en que trabajaba la estructura, y corroborar lo que habíamos supuesto y verificar de algún modo los valores calculados.

En la siguiente figura representamos el diseño final de nuestra estructura:

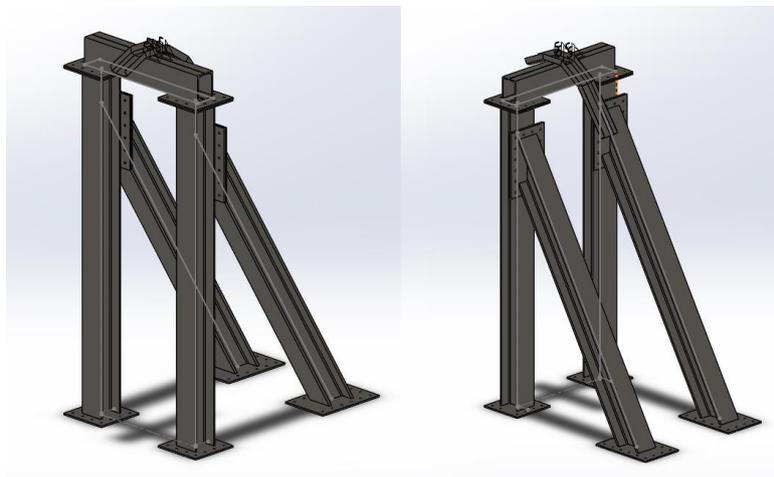


Figura 15.1.1.c: Diseño final de estructura metálica.

A través de la mejora continua del diseño de la estructura, logramos reducir un 36% el peso de la primera estructura desarrollada (figura 15.1.1.b) con un peso aproximado de 1500kgf, y el diseño final de las estructuras (figura 15.1.1.c) con un peso de 1100 kgf aproximadamente. Consecuentemente reduciendo un costo de fabricación de 36% de las estructuras.



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

15.1.2 Cálculo de las estructuras metálicas.

Con las condiciones de la posición de los cables calculamos ambas fuerzas, teniendo en cuenta la tensión máxima presente y los ángulos que tomaba el cable con el carro y la carga en la posición correspondiente a dicho momento. Descompusimos las fuerzas y obtuvimos las cargas resultantes sobre la estructura.

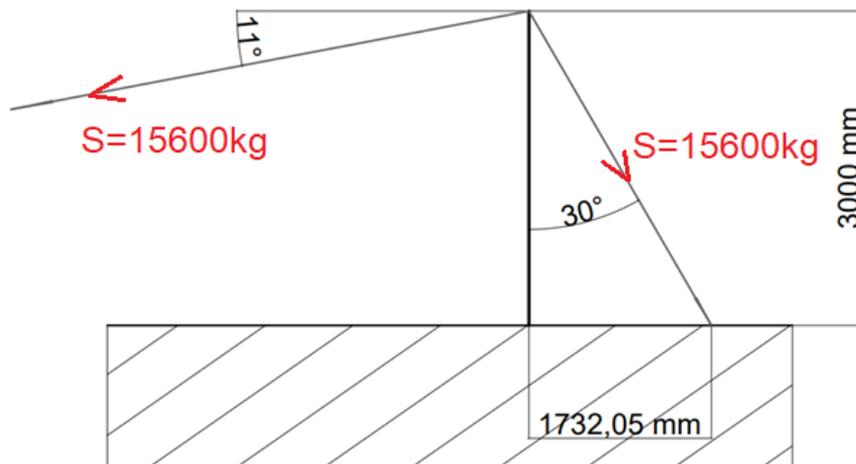


Figura 15.1.2.a: Representación gráfica de las reacciones del cable carril en la estructura metálica.



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

			Unidad
Traccion cable portador	15600,00		kg
Longitud entre apoyos	45,00		m
Desnivel entre orillas	5,00		m
Posicion del carro	En el centro	Llegando	
Distancia al apoyo	22,500	2,250	m
Flecha por diferencia entre cotas	2,500	0,250	m
Flecha cable según Helmut	1,800	0,616	m
Tangente	0,191	0,385	
Angulo grados	10,819	21,051	
Angulo radianes	0,189	0,367	
Coefficiente tension según Helmut	1,000	0,556	
Tension cable en el punto	15600,000	8667,360	kg
Fuerza vertical (frontal)	-2928,336	-3113,328	kg
Fuerza horizontal (lateral)	15322,691	8088,901	kg
Tension cable que baja al suelo	15600,000	8667,360	kg
Angulo del cable que baja	30,000	30,000	
Angulo radianes	0,524	0,524	
Fuerza plano X Y (vertical)	-13509,996	-7506,154	kg
Fuerza plano X Z (horizontal)	-7800,000	-4333,680	kg
Resultante vertical X Y	-16438,333	-10619,482	kg
Resultante horizontal X Z	7522,691	3755,221	kg

Tabla 15.1.2.a.

Dado que las cargas eran centrales, diseñamos una estructura lo más simple y simétrica posible. Luego de distintos diseños, llegamos a una estructura simétrica con respecto a los ejes Y y Z.

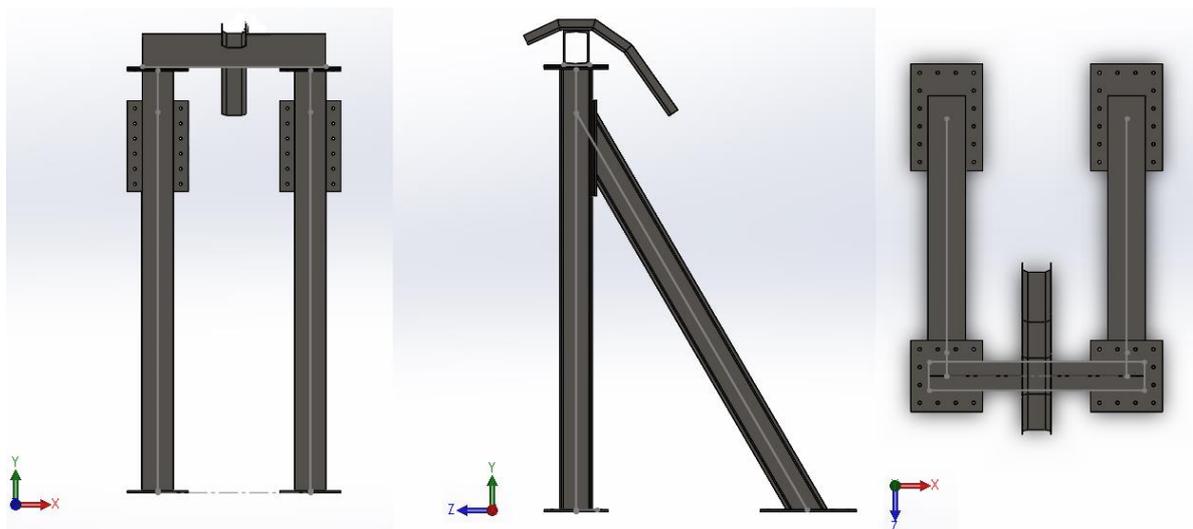


Figura 15.1.2.b: Diseño final de estructura metalica.



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

Dada la complejidad de calcular una estructura en el espacio con cargas tan variadas, y vínculos que en la realidad actuarían como empotramientos, formando una estructura hiperestática, decidimos buscar la forma de simplificar un poco los cálculos preliminares utilizando sistemas isostáticos, obteniendo así valores que nos permitan comenzar a simular estructuras. Y de esta forma, poder retroalimentarnos y ver si la estructura trabajaba y se deformaba como suponíamos.

Comenzamos con la viga que soporta las cargas, calculando las reacciones en ambos planos y trazando sus diagramas correspondientes.

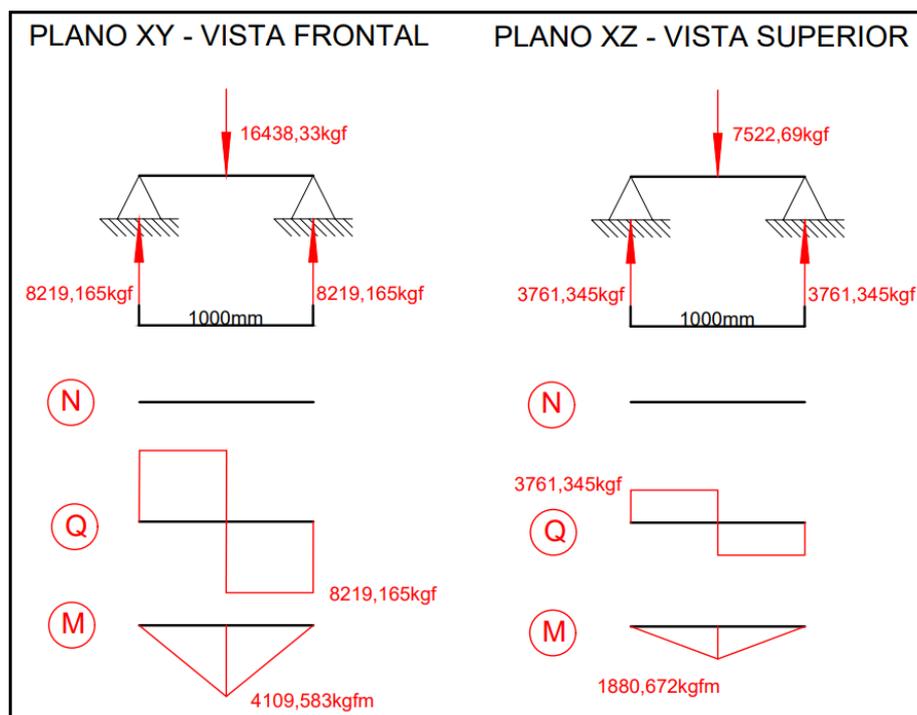


Figura 15.1.2.c: Diagrama de reacciones en los planos de la estructura metálica.



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

Isostatico 1 - solo carga			
Plano XY	Rax	0	kg
	Ray	8219,16636	kg
	Rcy	8219,16636	kg
	My max	4109,58318	kgm
Plano XZ	Rax	0	kg
	Raz	3761,34528	kg
	Rcz	3761,34528	kg
	Mz max	1880,67264	kgm
Combinado	M comb	4519,46938	kgm
		451946,938	kgcm
	Angulo	10,8193984	grados
Dimensionamiento	Sigma adm	1400	kg / cm ²
	W min	322,819241	cm ³

Tabla 15.1.2.b

Dimensionamos con el momento combinado de ambos planos y obtuvimos el módulo resistente mínimo. Para esta viga en particular seleccionamos 2 perfiles UPN soldados. El motivo, fue que proporcionaba inercias más equilibradas en los diferentes planos. Y, dado las cargas que recibe, nos parecía mejor propuesta que un Perfil W o un IPN.

2 UPN Parados Soldados Cajon											
Perfil UPN	Medidas		Area	Peso	Momentos de Inercia		Modulos Resistentes		Dist CG	Radios de Giro	
Simbolo	h	b	A total	Peso	Ix	Iy	Wx	Wy	I x cg I	ix = i min	iy
Unidad	mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm	cm	cm
80	80	90	22,0	17,2	212	243,46	53,00	54,10	3,05	3,104	3,327
100	100	100	27,0	21,2	412	379,97	82,40	75,99	3,45	3,906	3,751
120	120	110	34,0	26,8	728	603,54	121,33	109,73	3,9	4,627	4,213
140	140	120	40,8	32	1210	862,35	172,86	143,73	4,25	5,446	4,597
160	160	130	48,0	37,6	1850	1212,95	231,25	186,61	4,66	6,208	5,027
180	180	140	56,0	44	2700	1673,16	300,00	239,02	5,08	6,944	5,466
200	200	150	64,4	50,6	3820	2237,02	382,00	298,27	5,49	7,702	5,894
220	220	160	74,8	58,8	5380	2962,60	489,09	370,33	5,86	8,481	6,293
240	240	170	84,6	66,4	7200	3821,87	600,00	449,63	6,27	9,225	6,721
260	260	180	96,6	75,8	9640	4893,06	741,54	543,67	6,64	9,990	7,117
280	280	190	106,6	83,6	12560	5976,72	897,14	629,13	6,97	10,855	7,488
300	300	200	117,6	92,4	16060	7256,90	1070,67	725,69	7,3	11,686	7,855
320	320	200	151,6	119	21740	9495,62	1358,75	949,56	7,4	11,975	7,914
350	350	200	154,6	121,2	25680	10069,70	1467,43	1006,97	7,6	12,888	8,071
380	380	204	160,8	126,2	31520	11063,31	1658,95	1084,64	7,82	14,001	8,295
400	400	220	183,0	143,6	40700	14451,22	2035,00	1313,75	8,35	14,913	8,886

Tabla 15.1.2.c



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

Las tensiones reales para los perfiles seleccionados son:

$$\sigma_{adm} \geq \sigma_{trabajo Y} = \frac{M_{max Y}}{W_x} = \frac{4109,5832kgm}{489,09cm^3} \times \frac{100cm}{1m} \rightarrow \sigma_{trabajo}$$
$$= 840,25 \frac{kg}{cm^2}$$

$$\sigma_{adm} \geq \sigma_{trabajo Z} = \frac{M_{max Z}}{W_y} = \frac{1880,6726kgm}{370,33cm^3} \times \frac{100cm}{1m} \rightarrow \sigma_{trabajo}$$
$$= 507,84 \frac{kg}{cm^2}$$

Vemos que los perfiles preseleccionados verifican correctamente, ya que la tensión admisible tomada es de 1400 kgf/cm².

Posteriormente continuamos con el plano YZ, el cual representa a la vista lateral, ya que aquí se aprecian ambas cargas. Dado que la carga recae en una viga principal, pero luego va a estos 2 "arcos" laterales, tomamos las reacciones de la viga cajón.

$$F_{vert} = 16438,33kgf \rightarrow \frac{16438,33kgf}{2} = 8219,165kgf$$

$$F_{hor} = 7522,69kgf \rightarrow \frac{7522,69kgf}{2} = 3761,345kgf$$

	UTN FRRO Ing. Mecánica	Fecha vigencia	06/10/21
		Fecha revisión	08/12/21
		Versión	1.0
		Página 119 de 157	
PROYECTO FINAL			
SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO			

Calculamos las reacciones en los perfiles delanteros y traseros como 2 apoyos fijos, y el sistema de la estructura como un sistema de 2 chapas. Obteniendo el siguiente esquema.

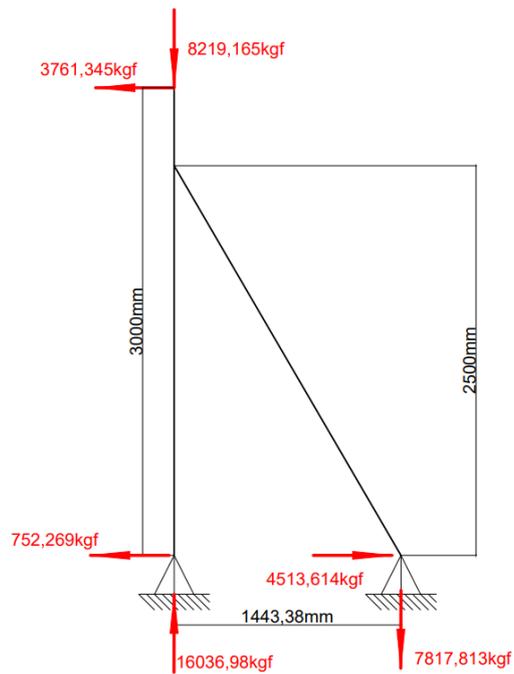


Figura 15.1.2.d: Diagrama de reacciones de la estructura metálica.

	UTN FRRo Ing. Mecánica	Fecha vigencia	06/10/21
		Fecha revisión	08/12/21
		Versión	1.0
		Página 120 de 157	
PROYECTO FINAL			
SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO			

15.1.3 Simulación en Software SolidWorks

Luego de preseleccionar los perfiles, construimos la estructura en SolidWorks, utilizando los perfiles preseleccionados, asignando materiales y vínculos con la fundación. Y aplicando las cargas calculadas, además de la fuerza de la gravedad propia de la estructura.

A continuación, vemos los primeros 2 diagramas:

- El de la derecha es el de tensiones axial y de flexión. Vemos que el valor máximo obtenido es en el punto donde se aplican las cargas y es de 1196,2 kgf/cm². Por debajo del valor admisible.

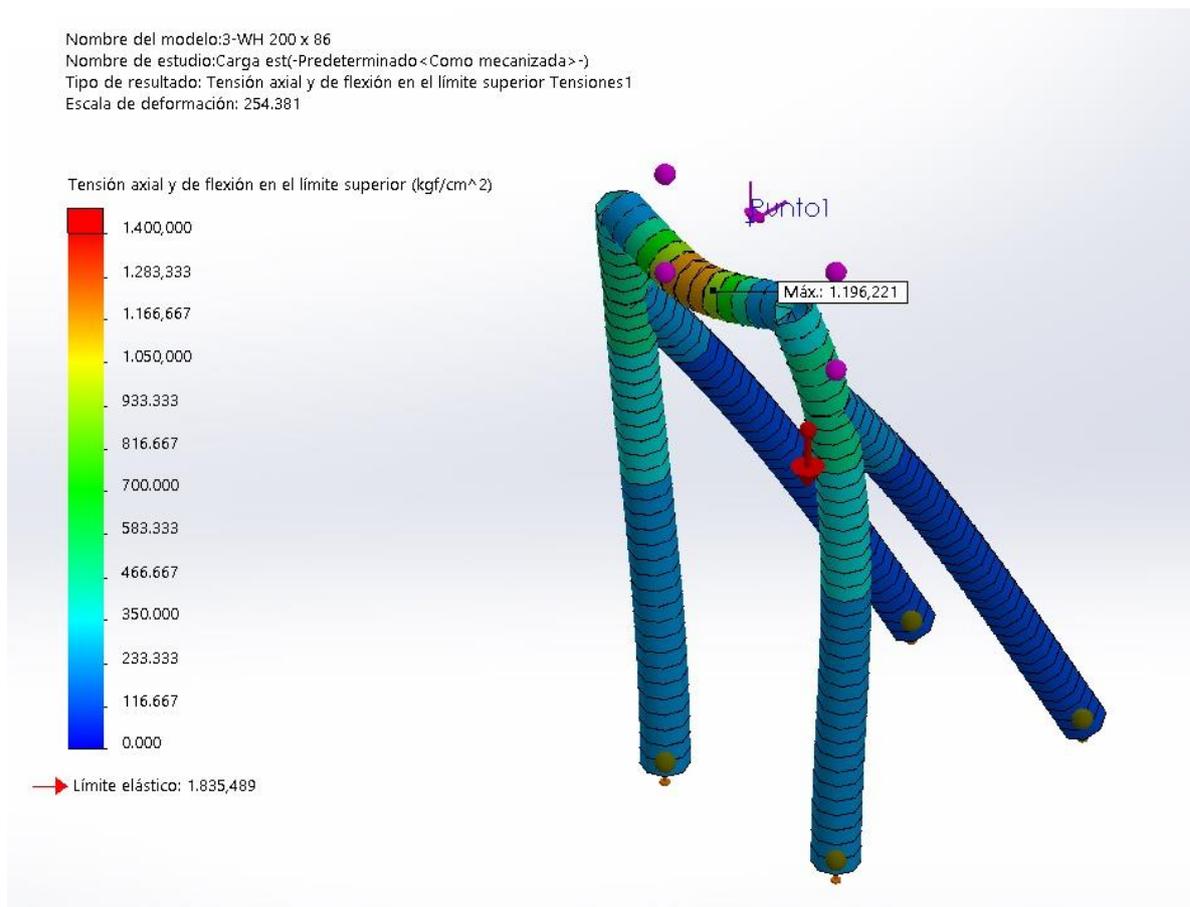


Tabla 15.1.3.a: Simulación estructura en SolidWorks.



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

- En el de la izquierda, vemos el diagrama de deformaciones resultantes, combinando las deformaciones en todos los sentidos. Obteniendo un valor máximo de 1,356 mm, en el punto donde se aplican las cargas.

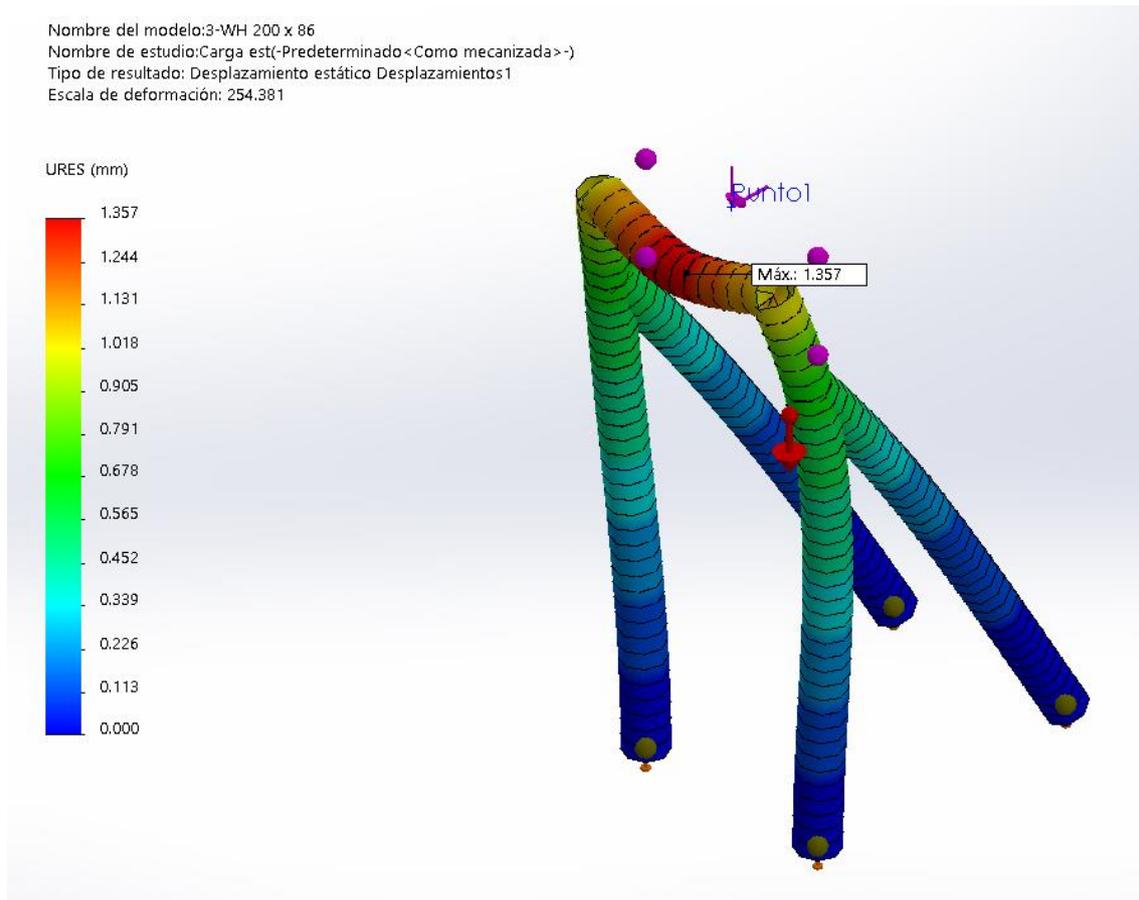


Tabla 15.1.3.b: Simulación estructura en SolidWorks.

Como podemos ver en todos los diagramas tenemos los valores asignados a toda la escala de colores.

También podemos comentar que a través de software podemos descomponer las tensiones en flexión, axial y cortante. Las deformaciones según cada eje principal.

Podemos ver los valores de reacciones en los sentidos de los 3. Pudiendo observar que se obtienen valores muy similares a los calculados a mano.



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

Aquí debajo vemos los valores de tensiones en las vistas isométrica, frontal y lateral. También podemos apreciar cómo trabaja y como se deforma la estructura, deformación que coincide con la que habíamos pensado al calcular esta estructura.

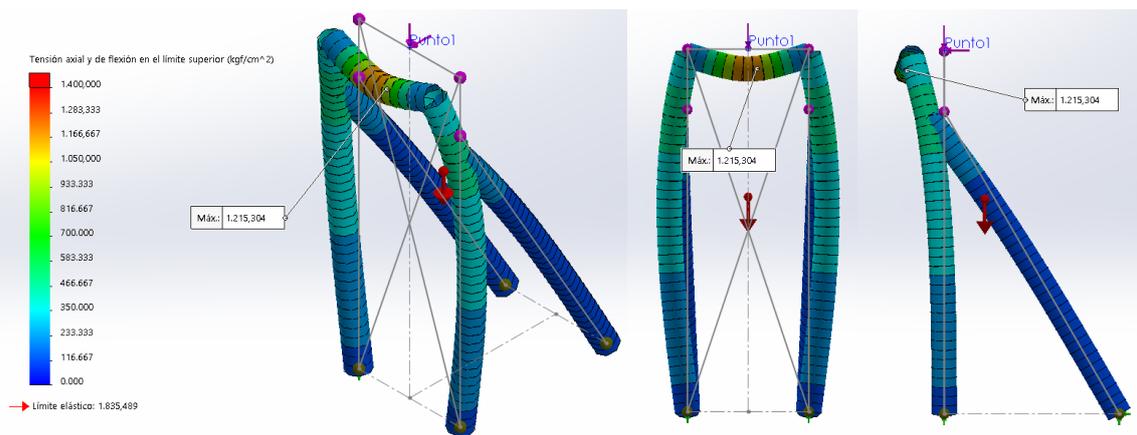


Tabla 15.1.3.b: Simulación estructura en SolidWorks.

Se agregan hombros y refuerzos para rigidizar la estructura, quedando como la siguiente Figura.

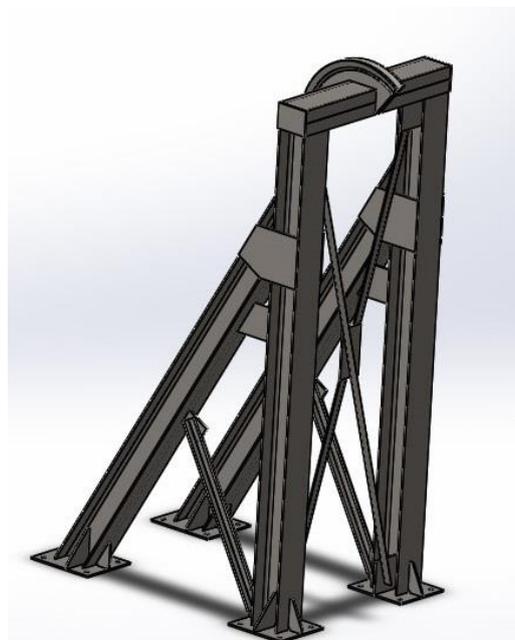


Tabla 15.1.3.d: Estructura



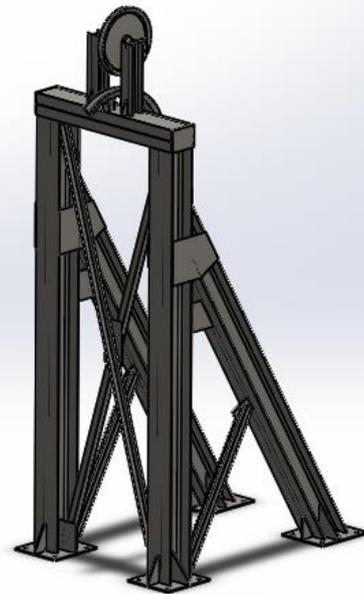
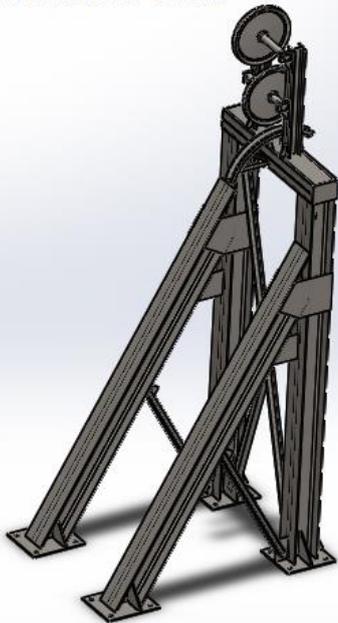
PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

15.1.3.1 Estructura donde se montan las poleas del cable motriz

Una vez calculada la estructura principal y definidos los perfiles, pudimos ver con que espacio contábamos para montar las poleas correspondientes al cable motriz. Con la tensión que habíamos calculado para el cable y las dimensiones de las poleas pudimos calcular y diseñar la estructura donde se montarían estas poleas.

Estructura Orilla



Estructura Muelle

Figura 15.1.3.e: Estructura con poleas motrices.

Del cálculo del cable motriz obtuvimos los valores de tensiones críticas para el cable en cada polea y cada caso. Con estos datos calculamos las reacciones en cada polea.

Los casos enumerados debajo son 3:

- Tensión máxima para la polea del muelle. En esa estructura montamos una única polea, que estirada por el cable de los 2 lados hacia la orilla. Fuerte sollicitación en el sentido del cable portador, menor sollicitación vertical.



UTN FRRO
Ing. Mecánica

Fecha vigencia 06/10/21

Fecha revisión 08/12/21

Versión 1.0

Página 124 de 157

PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

- Tensión máxima para la polea de la orilla, cuando el carro está volviendo a la orilla. En la orilla se montan 2 poleas, la superior es la de retorno y la inferior es la que está conectada con el carro directamente. Vemos las diferentes tensiones que sufren el tramo del cable que pasa por cada una.
- Tensión máxima para la polea de la orilla, cuando el carro está yendo hacia el muelle. Vemos las diferentes tensiones que sufren el tramo del cable que pasa por cada una.

Estruc. orilla, carro volviendo del muelle				Unidad	Estructura orilla, carro yendo al muelle				Unidad	Estructura muelle, carro subiendo				Unidad
Tension max cable motriz	1287,0			kg	Tension max cable motriz	1024,0			kg	Tension max cable motriz	1024,0			kg
Longitud entre apoyos	45,00			m	Longitud entre apoyos	45,00			m	Longitud entre apoyos	45,00			m
Desnivel entre orillas	5,00			m	Desnivel entre orillas	5,00			m	Desnivel entre orillas	5,00			m
Polea correspondiente	Superior	Inferior			Polea correspondiente	Superior	Inferior			Ramal Polea	Superior	Inferior		
Cota muelle	8620	8220		mm	Cota muelle	8620	8220		mm	Cota muelle	8620	8220		mm
Cota orilla	4120	3600		mm	Cota orilla	4120	3600		mm	Cota orilla	4120	3600		mm
Diferencia entre cotas	4500	4620		mm	Diferencia entre cotas	4500	4620		mm	Diferencia entre cotas	4500	4620		mm
Tangente	0,100	0,10267			Tangente	0,100	0,10267			Tangente	0,100	0,10267		
Angulo grados	5,711	5,862			Angulo grados	5,711	5,862			Angulo grados	5,711	5,862		
Angulo radianes	0,100	0,102			Angulo radianes	0,100	0,102			Angulo radianes	0,100	0,102		
Flecha teorica	0,200	0,120		m	Flecha teorica	0,150	0,315		m	Flecha teorica	0,150	0,150		m
Tension cable en el punto	761,0	1287,0		kgf	Tension cable en el punto	1024,0	498,0		kgf	Tension cable en el punto	1024,0	1024,0		kgf
Fuerza vertical (frontal)	-75,72	-131,44		kgf	Fuerza vertical (frontal)	-101,89	-50,86		kgf	Fuerza vertical (frontal)	-101,89	-104,58		kgf
Fuerza horizontal (lateral)	757,22	1280,27		kgf	Fuerza horizontal (lateral)	1018,92	495,40		kgf	Fuerza horizontal (lateral)	1018,92	1018,65		kgf
Tension cable que baja al suelo	761,0	1287,0		kgf	Tension cable que baja al suelo	1024,0	498,0		kgf	Resultante vertical X Y	-206,47			kgf
Angulo del cable que baja	5,000	67,940			Angulo del cable que baja	5,000	67,940			Resultante horizontal X Z	2037,56			kgf
Angulo radianes	0,087	1,186			Angulo radianes	0,087	1,186							
Fuerza plano X Y (vertical)	-758,10	-483,37		kgf	Fuerza plano X Y (vertical)	-1020,10	-187,04		kgf					
Fuerza plano X Z (horizontal)	-66,33	-1192,78		kgf	Fuerza plano X Z (horizontal)	-89,25	-461,54		kgf					
Resultante vertical X Y	-833,83	-614,81		kg	Resultante vertical X Y	-1122,00	-237,90		kg					
Resultante horizontal X Z	690,90	87,49		kg	Resultante horizontal X Z	929,67	33,85		kg					

Cada polea transmite sus fuerzas al eje que la vincula a los perfiles, por lo tanto, calculamos el mismo a la flexión, ya que no transmite potencia. A continuación, se ven los diagramas de cuerpo libre y el Excel de cálculo.

Comenzamos con el eje correspondiente a la polea del muelle. En este caso, esta polea y este eje están traccionados por cable de los 2 lados. Vemos que la fuerza resultante es muy grande en sentido Z, pero chica en sentido Y.

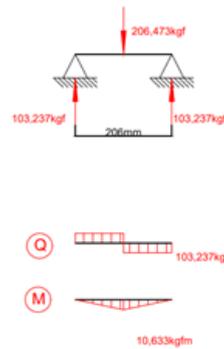


PROYECTO FINAL

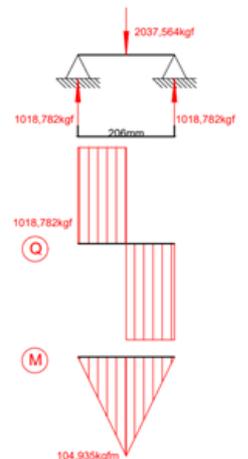
SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

Polea muelle	Simbolo	Valor	Unidad
Resultante vertical X Y		-206,47	kgf
Resultante horizontal X Z		2037,56	kgf
Largo entre apoyos	l	206,000	mm
Reaccion vertical	Ry	103,24	kgf
Reaccion horizontal	Rz	1018,78	kgf
Momento en Y	My	10,633	kgfm
Momento en Z	Mz	104,935	kgfm
Momento combinado	Mmax	105,472	kgfm
Tension admisible	Sigma adm	1400,00	kgf/cm2
Minimo modulo resistente	W min	7,534	cm3
Diametro minimo	Ø min	4,243	cm
Diametro minimo	Ø min	42,433	mm
Diametro adoptado	Ø adop	50	mm

PLANO XY - VISTA FRONTAL



PLANO XZ - VISTA SUPERIOR

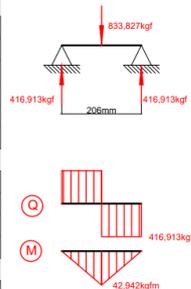


Aquí calculamos los ejes de las poleas de la orilla, cuando el carro está bajando retornando hacia la orilla.

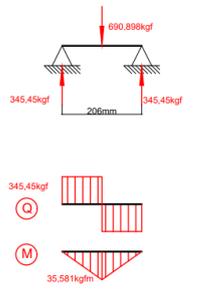
Polea correspondiente	Superior	Inferior	Unidad
Resultante vertical X Y	-833,83	-614,81	kg
Resultante horizontal X Z	690,90	87,49	kg
Largo entre apoyos	206,000	206,000	mm
Reaccion vertical	416,91	307,40	kgf
Reaccion horizontal	345,45	43,75	kgf
Momento en Y	42,942	31,663	kgfm
Momento en Z	35,581	4,506	kgfm
Momento combinado	55,768	31,982	kgfm
Tension admisible	1400,000	1400,000	kgf/cm2
Minimo modulo resistente	3,983	2,284	cm3
Diametro minimo	3,432	2,852	cm
Diametro minimo	34,320	28,519	mm
Diametro adoptado	50	50	mm

ESTRUCTURA ORILLA - POLEA SUPERIOR

PLANO XY - VISTA FRONTAL

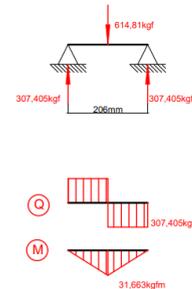


PLANO XZ - VISTA SUPERIOR

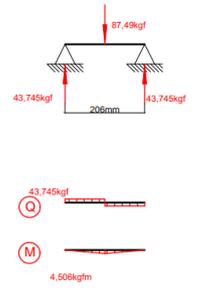


ESTRUCTURA ORILLA - POLEA INFERIOR

PLANO XY - VISTA FRONTAL



PLANO XZ - VISTA SUPERIOR

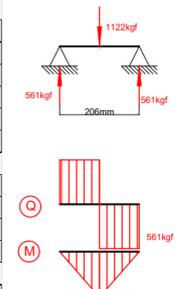


Aquí tenemos el cálculo de los ejes de las poleas de la orilla, pero cuando el carro sube hacia el muelle.

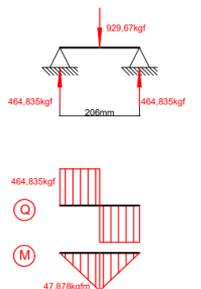
Polea correspondiente	Superior	Inferior	Unidad
Resultante vertical X Y	-1122,00	-237,90	kg
Resultante horizontal X Z	929,67	33,85	kg
Largo entre apoyos	206,000	206,000	mm
Reaccion vertical	561,00	118,95	kgf
Reaccion horizontal	464,84	16,93	kgf
Momento en Y	57,783	12,252	kgfm
Momento en Z	47,878	1,743	kgfm
Momento combinado	75,041	12,375	kgfm
Tension admisible	1400,000	1400,000	kgf/cm2
Minimo modulo resistente	5,360	0,884	cm3
Diametro minimo	3,789	2,079	cm
Diametro minimo	37,886	20,789	mm
Diametro adoptado	50	50	mm

ESTRUCTURA ORILLA - POLEA SUPERIOR

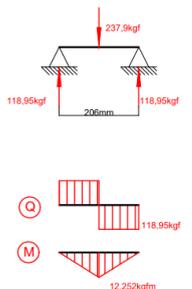
PLANO XY - VISTA FRONTAL



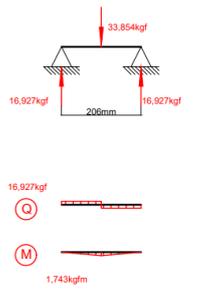
PLANO XZ - VISTA SUPERIOR



PLANO XY - VISTA FRONTAL



PLANO XZ - VISTA SUPERIOR





PROYECTO FINAL

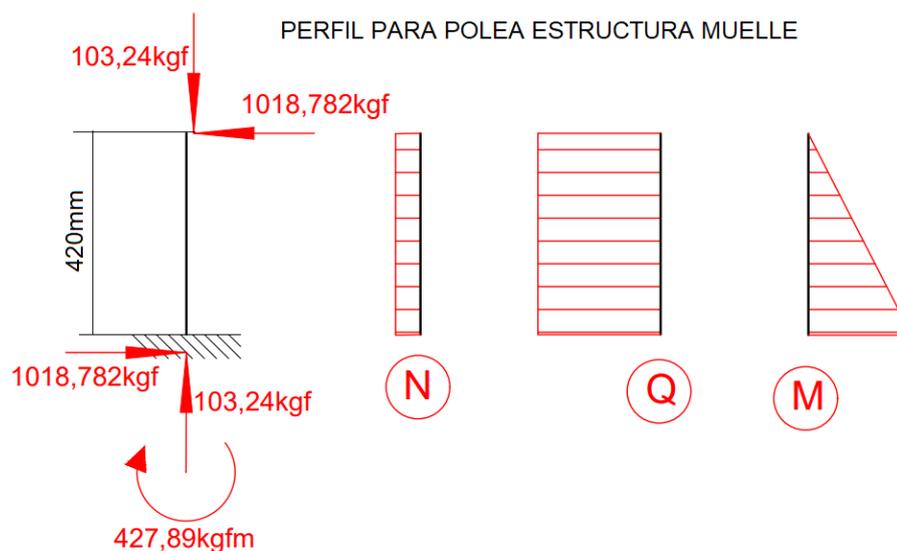
SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

Una vez obtenidas las reacciones de los ejes, planteamos el diagrama de cuerpo libre del perfil que los soporta, el cual luego estará vinculado a la estructura principal.

Comenzamos con la estructura del muelle, en la cual observamos que el momento máximo se da en el extremo que el perfil se vincula a la estructura principal. Calculamos ese momento y dimensionamos.

$$M_{max} = F \times d = 1018,782 \text{ kgf} \times 420\text{mm} \times \frac{1\text{m}}{1000\text{mm}} \rightarrow M_{max} = 427,89 \text{ kgfm}$$

$$W_x \geq \frac{M_{max} \gamma}{\sigma_{adm}} = \frac{427,89 \text{ kgfm}}{1400 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} \times \frac{100\text{cm}}{1\text{m}} \rightarrow W_x \geq 30,56 \text{ cm}^3$$

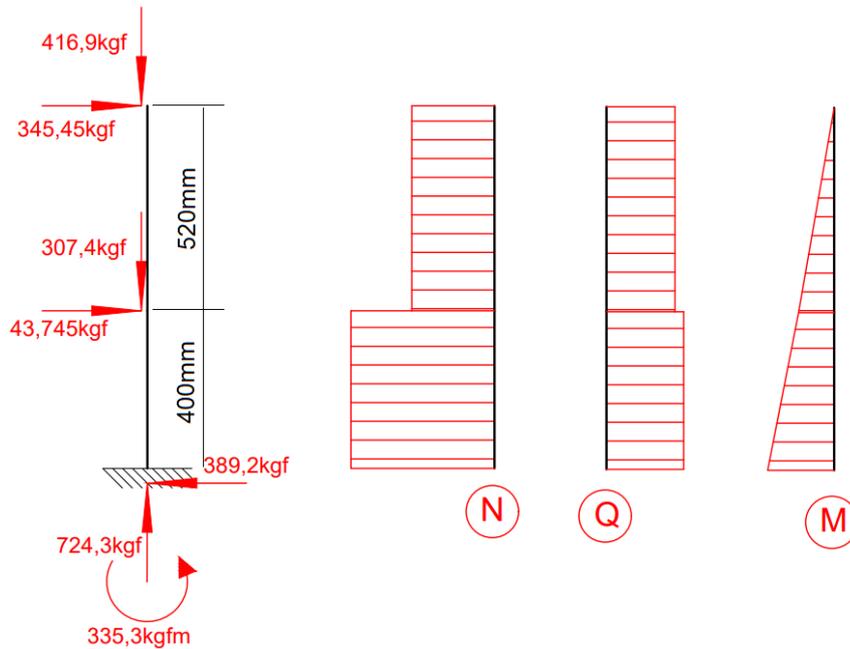




PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

Seguimos con el perfil para la orilla, cuando el carro está bajando:



$$M_{max} = F \times d = (345,45 \text{ kgf} \times 920\text{mm}) + (43,745 \text{ kgf} \times 400\text{mm})$$

$$M_{max} = 335312 \text{ kgfmm} \times \frac{1\text{m}}{1000\text{mm}} \rightarrow M_{max} = 335,31 \text{ kgfm}$$

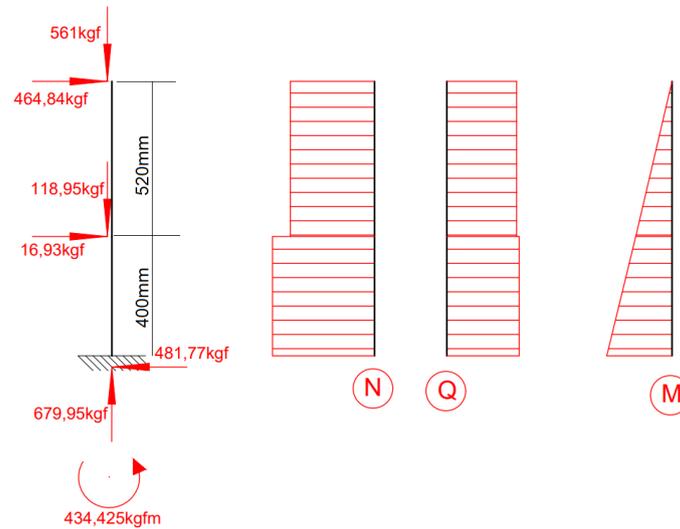
$$W_x \geq \frac{M_{max} Y}{\sigma_{adm}} = \frac{335,31 \text{ kgfm}}{1400 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} \times \frac{100\text{cm}}{1\text{m}} \rightarrow W_x \geq 23,95 \text{ cm}^3$$



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

Por último, calculamos el módulo resistente necesario para el perfil de la estructura de la orilla, cuando el carro está subiendo hacia el muelle.



$$M_{max} = F \times d = (464,84 \text{ kgf} \times 920\text{mm}) + (16,93 \text{ kgf} \times 400\text{mm})$$

$$M_{max} = 434424,8 \text{ kgfmm} \times \frac{1\text{m}}{1000\text{mm}} \rightarrow M_{max} = 434,425 \text{ kgfm}$$

$$W_x \geq \frac{M_{max} \cdot Y}{\sigma_{adm}} = \frac{434,425 \text{ kgfm}}{1400 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} \times \frac{100\text{cm}}{1\text{m}} \rightarrow W_x \geq 31,03 \text{ cm}^3$$

De los 3 casos estudiados podemos observar que el módulo resistente mínimo necesario es de 31,03 cm³. Para cumplir con dichas solicitaciones, seleccionamos un perfil HEB 100, cuyo W_x es 89,9 cm³ y W_y=33,5 cm³. A continuación adjuntamos los datos de la tabla del fabricante SIDERSA.

PERFILES HEB
MEDIDAS Y PROPIEDADES DE LA SECCIÓN

Designación del Perfil	Altura	Ala	Espesor Ala	Espesor Ala	Radio de Acuerdo	Dimensiones interiores del alma		Sección Nominal	Masa Nominal	Momento de Inercia		Módulo Resistente		Radio de Giro	
	h	b	tw	tf	r	d	hi	S	G	I _x	I _y	W _x	W _y	i _x	i _y
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	Kg/m	cm ⁴	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm	cm
HEB 100	100	100	6.0	10.0	12	56	80	26.0	20.4	450.0	167.0	89.9	33.5	4.16	2.53

Tabla 15.1.3.f: Tabla fabricante.



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

Posteriormente verificados estas reacciones en el SolidWorks observando que las mismas no comprometen la estructura ya que continúa trabajando por debajo de los valores de tensiones admisibles.

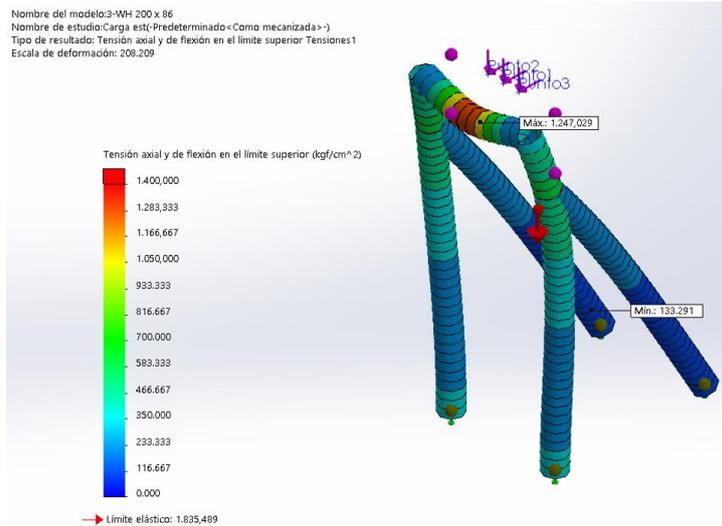


Figura 15.1.3.f: Simulación de tensiones en SolidWorks.

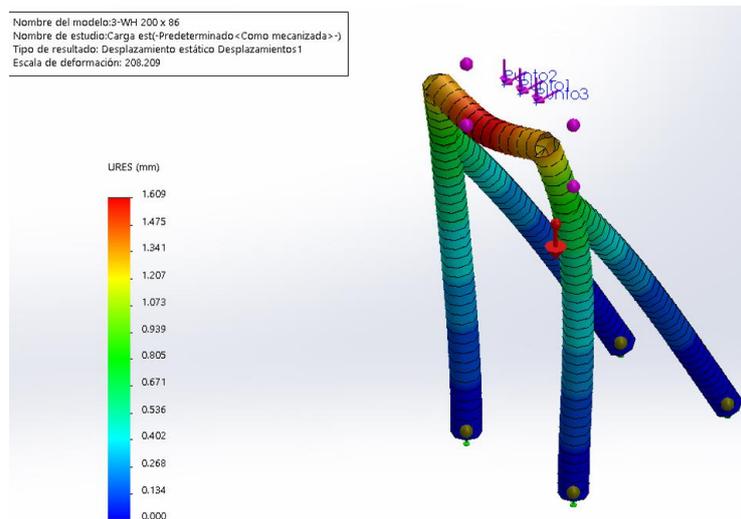


Figura 15.1.3.g: Simulación de desplazamientos en SolidWorks.

	UTN FRRO Ing. Mecánica	Fecha vigencia	06/10/21
		Fecha revisión	08/12/21
		Versión	1.0
		Página 130 de 157	
PROYECTO FINAL			
SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO			

16 CARGA DEL VIENTO

Realizamos el cálculo de la influencia que tiene el viento en el sistema de transporte debido a que estará emplazado en un muelle donde la velocidad del mismo puede llegar a ser considerable.

Si bien no se generan grandes cargas en la estructura metálica abierta que actúa de soporte para los cables, sí es importante determinar cómo influye la carga del viento en la cabina cuando ésta se encuentra suspendida y/o en movimiento, y en cómo afecta esto al cable portador el cual transmitirá un esfuerzo de carga sobre la estructura.

Para obtener los valores de las acciones producidas por el viento sobre las construcciones o sus diferentes partes seguiremos el procedimiento detallado por la norma Cirsoc 102 “Acción del viento sobre las construcciones”.



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

16.1.1 Determinación de la velocidad de referencia

En la siguiente tabla se indican los valores de la velocidad de referencia β para las capitales provinciales y algunas ciudades.

CIUDAD	β (m/s)
Bahía Blanca	28,5
Bariloche	28,0
Buenos Aires	27,2
Catamarca	26,0
Comodoro Rivadavia	37,5
Córdoba	25,0
Corrientes	27,0
Formosa	27,0
La Plata	27,3
La Rioja	25,5
Mar del Plata	31,7
Mendoza	22,5
Neuquén	30,5
Paraná	30,0
Posadas	28,5
Rawson	35,0
Resistencia	27,2
Río Gallegos	32,5
Rosario	30,0
Salta	22,5
Santa Fe	30,0
San Juan	22,5
San Miguel de Tucumán	25,0
Santa Rosa	29,0
Santiago del Estero	25,2
Ushuaia	40,0
Viedma	33,0
San Luis	27,5
San Salvador de Jujuy	23,5

Figura 16.1.1.a: Valores de referencia en las distintas ciudades de Argentina.

Para otras localidades se obtendrá del mapa de la siguiente figura, teniendo en cuenta la ubicación geográfica de la construcción.



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

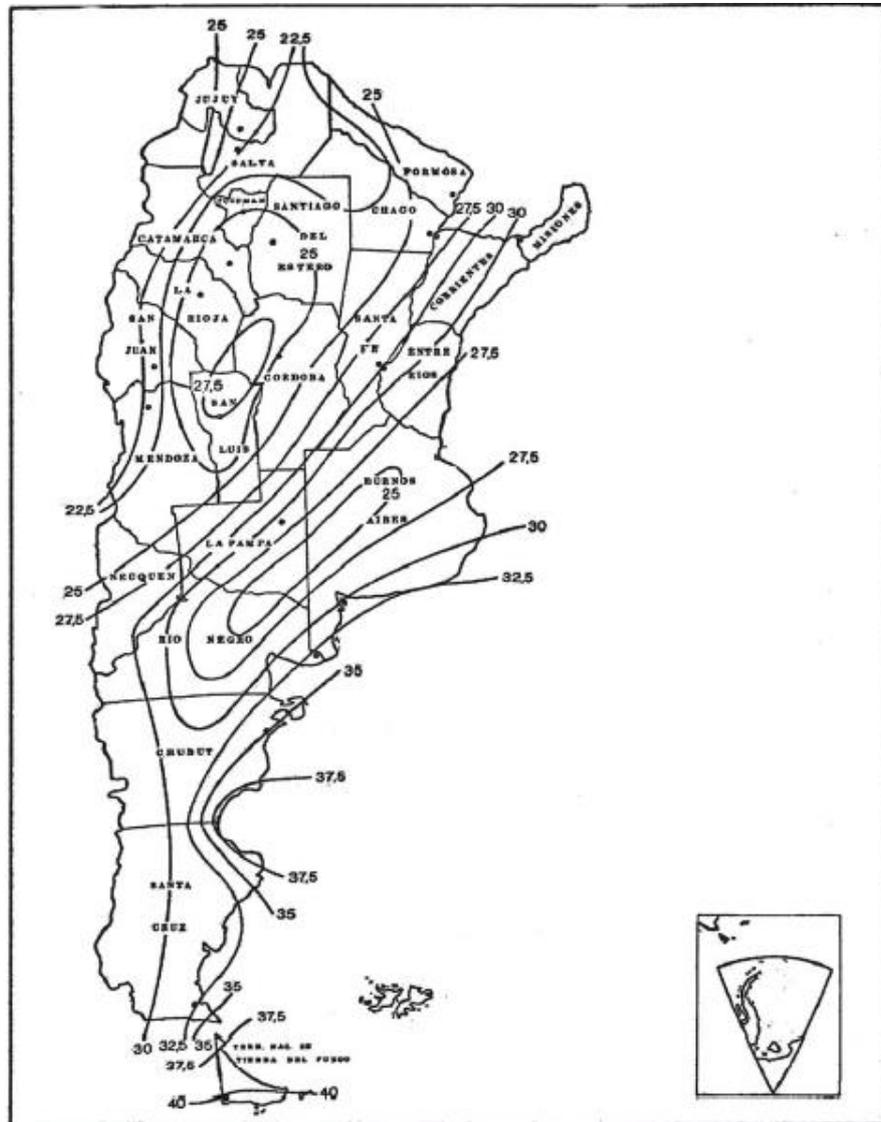


Figura 16.1.1.b: Velocidades del viento en las distintas regiones de Argentina.

Para la ciudad de Rosario debemos tomar como referencia la velocidad de:

$$\beta = 30 \frac{m}{seg}$$



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

16.1.2 Cálculo de la velocidad básica del diseño

Se realiza el cálculo mediante la siguiente expresión:

$$V_0 = c_p * \beta$$

Donde c_p es el coeficiente de velocidad probable, que toma en consideración el riesgo y el tiempo de riesgo adoptados para la construcción de acuerdo con el tipo y destino de ésta. Su valor se indica en la siguiente tabla:

Grupo	DESCRIPCION	P_m	m	c_p
1	Construcciones cuyo colapso o deterioro puede afectar la seguridad o la sanidad pública y aquellas vinculadas con la seguridad nacional: hospitales, centrales eléctricas y de comunicaciones, reactores nucleares, industrias riesgosas, cuarteles de bomberos y fuerzas de seguridad, aeropuertos principales, centrales de potabilización y distribución de aguas corrientes, etc.	0,20	50	2,13
2	Edificios para vivienda, hoteles y oficinas, edificios educacionales, edificios gubernamentales que no se consideren en el grupo 1, edificios para comercios e industrias con alto factor de ocupación, etc.	0,50	25	1,65
3	Edificios e instalaciones industriales con bajo factor de ocupación: depósitos, silos, construcciones rurales, etc.	0,50	10	1,45
4	Construcciones temporarias o precarias: locales para exposiciones, estructuras de otros grupos durante el proceso de construcción, etc.	0,50	2	1,16

En nuestro caso nos encontramos dentro del Grupo 3 con un c_p igual a 1,45 obteniendo una velocidad básica de diseño de:

$$V_0 = 1,45 * 30 \frac{m}{seg} = 43,5 \frac{m}{seg}$$

3) Cálculo de la presión dinámica básica

Se calculará mediante la expresión siguiente:

$$q_0 \left[\frac{kN}{m^2} \right] = 0,000613 * V_0^2$$

$$q_0 = 0,000613 * \left(43,5 \frac{m}{seg} \right)^2 = 1,16 \frac{kN}{m^2}$$



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

16.1.3 Cálculo de la presión dinámica de cálculo

Se calculará mediante la expresión siguiente:

$$q_z = q_0 * c_z * c_d$$

Donde q_z es la presión dinámica de cálculo; q_0 la presión dinámica básica; c_z el coeficiente adimensional que expresa la ley de variación de la presión con la altura y toma en consideración la condición de rugosidad del terreno; y c_d el coeficiente adimensional de reducción que toma en consideración las dimensiones de la construcción.

Coeficiente c_z

La velocidad del viento y , por consiguiente, la presión dinámica de cálculo, varían con las condiciones de rugosidad del terreno y con la altura del punto en consideración. Este coeficiente expresa la variación de la velocidad del viento con la altura y la rugosidad del terreno. Su expresión general es:

$$c_z = \left[\frac{\ln\left(\frac{z}{z_{0,i}}\right)}{\ln\left(\frac{10}{z_{0,1}}\right)} \right]^2 \left(\frac{z_{0,i}}{z_{0,1}}\right)^{0,1412}$$

Donde z es la altura del punto considerado, respecto del nivel de referencia, expresada en metros; $z_{0,i}$ un parámetro que depende del tipo de rugosidad i del terreno; y $z_{0,1}$ el parámetro $z_{0,i}$ correspondiente al tipo de rugosidad 1 .

En la siguiente tabla se describen los cuatro tipos de rugosidades en que se clasifican los terrenos y se dan los valores de $z_{0,i}$ para cada una de ellas.



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

Tipo	DESCRIPCION	$z_{o,i}$ (m)
I	Llanuras planas con pocas o ninguna obstrucción, con un promedio de alturas de las posibles obstrucciones alrededor de la construcción menor que 1,5 m. Por ejemplo: fajas costeras hasta aproximadamente 6 km, llanuras sin árboles, mesetas desérticas, pantanos.	0,005
II	Zonas llanas, poco onduladas con obstrucciones dispersas, tales como cercas, árboles o construcciones muy aisladas, con alturas entre 1,5 y 10 m.	0,050
III	Zonas onduladas o forestadas, zonas urbanas con numerosas obstrucciones de espacios cerrados que tienen la altura de las casas domésticas con promedio no superior a 10 m. Por ejemplo: áreas industriales, suburbios de grandes ciudades.	0,200
IV	Superficies cubiertas por numerosas obstrucciones, centros de grandes ciudades con edificación general de más de 25 m de altura.	0,500

En este caso tendremos una rugosidad de tipo II con un coeficiente $z_{o,i}$ de 0,05 metros. Si tomamos como nivel de referencia a ras del agua, nuestro valor de z será de 12 metros; quedando un valor de c_z :

$$c_z = \left[\frac{\ln\left(\frac{12}{0,05}\right)}{\ln\left(\frac{10}{0,005}\right)} \right]^2 \left(\frac{0,05}{0,005} \right)^{0,1412} = 0,72$$

16.1.4 Coeficiente c_d

Cuando alguna de las dimensiones de la construcción exceda de 20 metros, se podrá aplicar en el cálculo de las presiones dinámicas q_z un coeficiente adimensional de reducción menor que la unidad, que tenga en cuenta la dimensión espacial de la ráfaga en relación a las dimensiones de dicha construcción. Podrá aplicarse este coeficiente de reducción únicamente si los elementos estructurales que componen la construcción están vinculados de manera tal que quede asegurada una actuación conjunta con los mismos al ser solicitados por el viento.



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

En la siguiente tabla se indican los valores de c_d en función de las relaciones entre la altura de la construcción y la velocidad básica de diseño (h/V_0) y entre el ancho de la construcción (a ó b) normal al viento y la altura de la construcción (a/h ó b/h) para cada tipo de rugosidad.

a/h ó b/h	Tipo de rugosidad	h / V ₀											
		0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	≥ 6,0
0,0	I	0,99	0,92	0,87	0,84	0,82	0,81	0,80	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75
	II	0,97	0,90	0,85	0,82	0,79	0,77	0,76	0,74	0,73	0,72	0,71	0,70
	III	0,95	0,89	0,84	0,80	0,77	0,74	0,72	0,70	0,69	0,67	0,66	0,65
	IV	0,94	0,87	0,82	0,78	0,74	0,71	0,69	0,67	0,65	0,64	0,63	0,62
0,5	I	0,99	0,90	0,83	0,77	0,73	0,70	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61
	II	0,96	0,88	0,80	0,74	0,69	0,66	0,63	0,61	0,59	0,57	0,55	0,54
	III	0,94	0,86	0,78	0,71	0,66	0,61	0,58	0,55	0,53	-----	-----	-----
	IV	0,93	0,84	0,75	0,68	0,63	0,58	0,55	0,52	-----	-----	-----	-----
1,0	I	0,95	0,85	0,78	0,73	0,69	0,66	0,64	-----	-----	-----	-----	-----
	II	0,93	0,81	0,73	0,67	0,62	0,59	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	III	0,91	0,79	0,70	0,64	0,59	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	IV	0,88	0,77	0,68	0,61	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2,0	I	0,86	0,77	0,71	0,66	0,63	0,61	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	II	0,85	0,74	0,67	0,61	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	III	0,83	0,72	0,63	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	IV	0,82	0,68	0,59	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
5,0	I	0,83	0,71	0,63	0,59	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	II	0,75	0,65	0,58	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	III	0,70	0,61	0,54	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	IV	0,67	0,56	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Tabla 16.1.4.a: Valores de c_d en función de las relaciones entre altura de la construcción y la velocidad básica de diseño.

Tomando una altura de la cabina de 2 metros (h) y un ancho también de 2 metros (a), nos quedan los siguientes coeficientes:

$$\frac{h}{V_0} = \frac{2}{43,5} = 0,05$$

$$\frac{a}{h} = \frac{2}{2} = 1$$

Para una rugosidad de tipo II, el coeficiente c_d será:

$$c_d = 0,93$$

Finalmente, la presión dinámica de cálculo es:

$$q_z = q_0 * c_z * c_d = 1,16 \frac{kN}{m^2} * 0,72 * 0,93 = 0,77 \frac{kN}{m^2}$$



UTN FRRO
Ing. Mecánica

Fecha vigencia 06/10/21

Fecha revisión 08/12/21

Versión 1.0

Página 137 de 157

PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

16.1.5 Cálculo de las acciones

La acción unitaria ejercida por el viento sobre una de las caras de un elemento de superficie de una construcción, ubicado al nivel z , se determinará con:

$$w_z = c * q_z$$

Donde c es un coeficiente de presión que depende en cada caso de la forma geométrica de la construcción y de otros factores tales como: la relación de sus dimensiones, la rugosidad de la superficie, la permeabilidad de las paredes, la orientación con relación a la dirección del viento, la ubicación en el espacio con respecto a otras superficies o construcciones, etc. Este coeficiente llevará signo positivo o negativo según se trate de un efecto de presión o de succión, respectivamente.

Para simplificar el cálculo, supondremos que la cabina es un panel de superficie plana separado del suelo. Utilizaremos el siguiente gráfico para llegar al valor de c .



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

PANELES SEPARADOS DEL SUELO			PANELES EN CONTACTO CON EL SUELO		
$\lambda = \frac{h}{l}$				$\lambda = \frac{h}{l}$	
0,0		∞	2,00	∞	
0,001		1000		500	
0,0025		400		200	
0,005		200		100	
			1,90		
0,01		100		50	
		80		40	
		60	1,80	30	
0,02	1,0	50		20	0,5
	1,0	40		15	0,50
0,03		30	1,70		
		20		10	
0,04	0,9	18	1,60		1,0
		16		9	0,45
0,05		14	1,50		
		12		8	1,5
0,06	0,8	10	1,40		0,40
		8		7	
0,07		6		6	
0,08		5		5	
0,09	0,7	4		4	0,35
0,10	0,5	3		3	0,25
		2,5	1,30	2,5	2,5
0,15	0,2	5,0		2,5	≤0,10
0,20	0,2	5		2,5	

Figura 16.1.5.a: Coeficientes de presión según forma geométrica de construcción de cabina.

Para una cabina de medidas 2 metros de alto por 2 metros de ancho, el coeficiente λ tendrá un valor de 1. Por ende:

$$c = 1,75$$

Luego:

$$w_z = 1,75 * 0,77 \frac{kN}{m^2} = 1,36 \frac{kN}{m^2}$$



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

16.1.6 Cálculo de la acción resultante total sobre una superficie

La acción resultante total sobre una superficie se calculará mediante la siguiente expresión:

$$W = w_z * A$$

Siendo A la superficie transversal de la cabina.

$$W = 1,36 \frac{kN}{m^2} * 2m * 2m = 5,43kN$$

Esta es la carga que el viento ejerce sobre la superficie transversal de la cabina, suponiendo que se trata de una estructura de pared cerrada. Esta fuerza se transmitirá al cable portador, y de allí a ambas estructuras que ejercen de soporte en muelle y planta. Por ende, en cada estructura se ejercerá una carga del viento de:

$$F = \frac{W}{2} = \frac{5,43kN}{2} = 2,72kN = 277,26kgf$$

Si comparamos esta fuerza con la que provoca la tensión del cable portador al soportar la carga, apreciamos que es notablemente menor, por lo que entendemos que no debería provocar esfuerzos significativos sobre la estructura. Sin embargo, al actuar en una dirección distinta, para corroborar nuestra hipótesis aplicamos la carga en un estudio realizado en SolidWorks y obtuvimos los resultados esperados, observando que no provoca grandes alteraciones en la estructura.



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

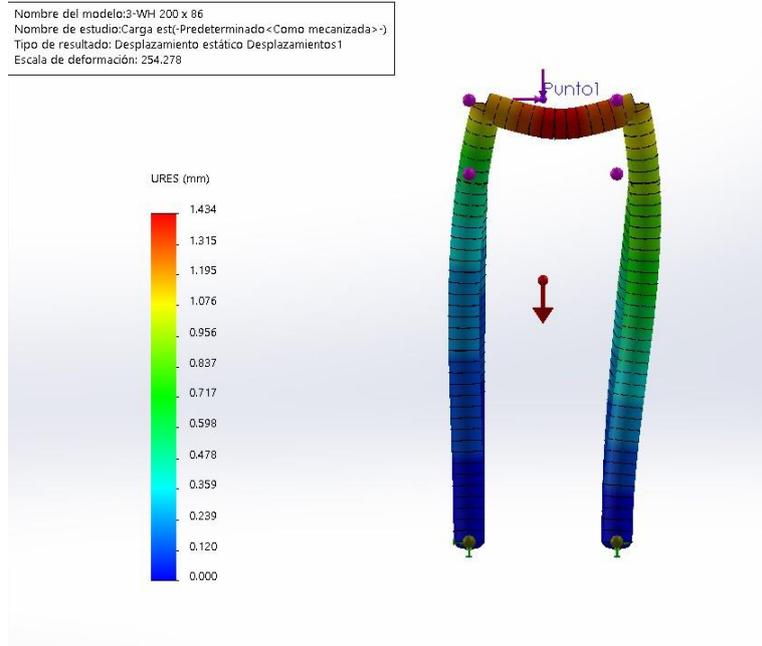


Figura 16.1.6.a: Simulación de cargas del viento en SolidWors

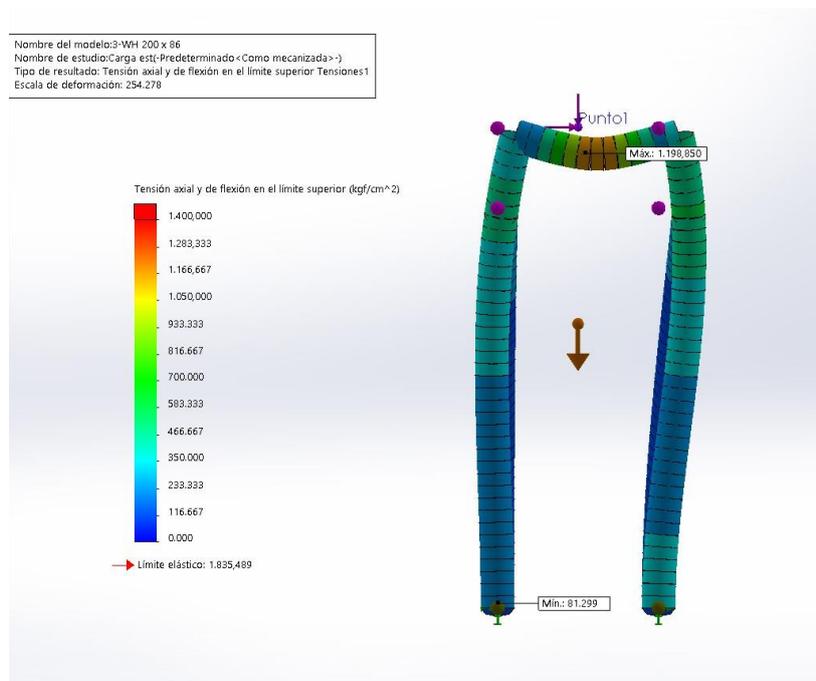


Figura 16.1.6.a: Simulación de cargas del viento en SolidWors



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

17 FUNDACIONES

Según la norma “ASME B.30 sección 19-1 .2.3 Foundations” los esfuerzos de la fundación serán calculados y entregados por el diseñador del sistema de transporte para que un especialista realice el cálculo de la fundación.

Los esfuerzos de carga deben incluir la máxima carga muerta más las reacciones generadas con la máxima carga del sistema. Deben incluir las cargas horizontales y verticales.

Además, según requisito de la norma la fundación debe ser construida para soportar como mínimo el 150% de la carga máxima del sistema.

Reacciones en la base de las estructuras			
Vigas		Delantera	Trasera
Reacciones	Vertical	16040 kgf	7820 kgf
	Horizontal	753 kgf	4515 kgf

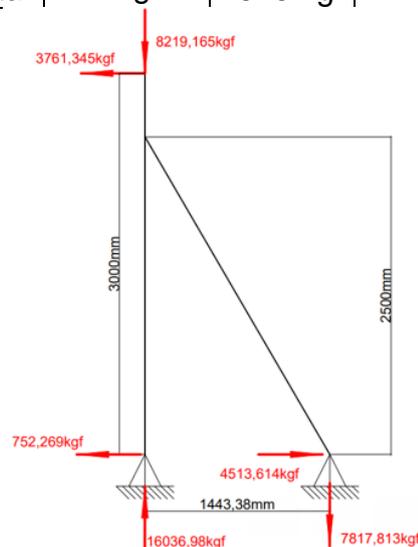


Figura 17.1.a: Reacciones en la base de la estructura para calculo de fundaciones.

Con los esfuerzos calculados y mediante contacto con un ingeniero Civil estimamos los materiales y por lo tanto los costos de las fundaciones, detallado en la sección 18 Costos.



UTN FRRO
Ing. Mecánica

Fecha vigencia 06/10/21

Fecha revisión 08/12/21

Versión 1.0

Página 142 de 157

PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

18 COSTOS

En el presente capítulo realizaremos una estimación del costo del sistema de transporte para luego comparar con el costo de contratación del servicio de transporte. Luego, mediante los indicadores de VAN (Valor actual neto) y TIR (Tasa interna retorno) definimos la viabilidad del proyecto.

18.1.1 Estimación de costos

A continuación, se detallan las estimaciones de costos de todos los elementos que conforman el transporte y de esta forma el costo final del mismo:

Sub-Conjunto	Pieza	Descripción	Cantidad	Dimensiones	Peso (kg)	Costo	Costo Total (USD)
Sistema de Mando	Motorreductor SEW	Reductor cilíndrico R97DRN100L4	1	Pot = 3kW; Red= 1:103,44;	-	1100	USD / Unidad USD 1.100,00
	Acople(Motorreductor/eje)	GUMMI BR 100	1	-	-	1000	USD / Unidad USD 1.000,00
	Soporte rodamiento	SNL 520	2	-	-	1000	USD / Unidad
	Rodamiento	22220EK	2	-	-		USD / Unidad
	Manguito de rodamiento	H320	2	-	-		USD / Unidad
	Eje tambor	SAE 4140	1	2000 x Ø 100	-	-	USD / Unidad
	Tambor	Ø 400;SCH 60	1	1600 x Ø 400	256	40	USD/KG mecanizado USD 10.240,00
	Bancada	UPN 80	1	5000	43	6	USD/KG perfil USD 258,00
	Cono de acople (Eje/Tambor)	Blokear BLK 110	2	-	-	800	Unidad USD 1.600,00
Sistema de traslación	Cable motriz	IPH 6x36 Seal Lay; Ø 13 Alma: Fibra Arrollamiento: Lang	1	160	-	4,7	USD / mts USD 752,00
	Cable Tensor	IPH 6X19 Seal Lay; Ø 32 Alma: Acero Arrollamiento: Lang	1	60	-	21,4	USD / mts USD 1.284,00
	Estructuras metálicas	W (H) 200 x 86	4	2800	86	6	USD/KG perfil USD 5.779,20
		W (H) 200 x 86	4	2900	86	6	USD/KG perfil USD 5.985,60
		UPN 220	4	1000	29,4	6	USD/KG perfil USD 705,60
	Poleas	Ø 400 STD	4		25	40	USD/KG mecanizado USD 4.000,00



**UTN FRRO
Ing. Mecánica**

Fecha vigencia 06/10/21

Fecha revisión 08/12/21

Versión 1.0

Página 143 de 157

PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

Sub-Conjunto	Pieza	Descripción	Cantidad	Dimensiones	Peso (kg)	Costo		Costo Total (USD)
Carro de traslación	RUEDA	SAE 1040	4	Ø170 x 300mm	5,66	40	USD/KG mecanizado	USD 905,60
	TAPAS	SAE 1020	8	Ø140 x 300mm	0,6	40	USD/KG mecanizado	USD 192,00
	EJE RUEDAS	SAE 4140	4	Ø50 x 700mm	1,6	40	USD/KG mecanizado	USD 256,00
	RODAMIENTO SKF 6208 2R1	Comercial	8	-	-	20	USD / Unidad	USD 160,00
	RETEN DBH Lx 5553	Comercial	8	-	-	5	USD / Unidad	USD 40,00
	TORNILLO CAB. HEX. M8	Comercial	24	-	-	0,5	USD / Unidad	USD 12,00
	ARANDELA PLANA M8	Comercial	24	-	-	0,5	USD / Unidad	USD 12,00
	PLACA UNION	SAE 1040	4	pesor 3/8" - 380 x 153m	3,19	40	USD/KG mecanizado	USD 510,40
	ARANDELA DE REFUERZO	SAE 1040	8	Ø55 x30 mm	0,028	0,5	USD / Unidad	USD 4,00
	BUJE DE REFUERZO	SAE 1040	4	Ø90 x 120mm	0,344	40	USD/KG mecanizado	USD 55,04
	PLACA TOPE	SAE 1020	8	pesor 1/8" - 30x 100m	0,107	40	USD/KG mecanizado	USD 34,24
	TORNILLO CAB. HEX. M8	Comercial	16	-	-	0,5	USD / Unidad	USD 8,00
	ARANDELA PLANA M8	Comercial	32	-	-	0,5	USD / Unidad	USD 16,00
	TUERCA HEX. M8	Comercial	16	-	-	0,5	USD / Unidad	USD 8,00
	EJE BALANCIN	SAE 4140	2	Ø55x 500mm	3,72	40	USD/KG mecanizado	USD 297,60
	BUJE SKF PCM556030	Compuesto de PTFE	2	-	0,1	40	USD/KG mecanizado	USD 8,00
	PLACA TOPE BALANCIN	SAE 1020	4	-	0,107	40	USD/KG mecanizado	USD 17,12
	TORNILLO CAB. HEX. M8	Comercial	8	-	-	0,5	USD / Unidad	USD 4,00
	ARANDELA PLANA M8	Comercial	16	-	-	0,5	USD / Unidad	USD 8,00
	TUERCA HEX. M8	Comercial	8	-	-	0,5	USD / Unidad	USD 4,00
	PERFIL CH 120 x 12	Acero Estructural	1	-	16,8	6	USD/KG perfil	USD 100,80
	PERFIL CH 80 x 8	Acero Estructural	1	-	8,03	6	USD/KG perfil	USD 48,18
	PLACA BASE UNION	SAE 1020	2	-	0,983	40	USD/KG mecanizado	USD 78,64
	ESCUADRA	SAE 1020	4	-	0,35	40	USD/KG mecanizado	USD 56,00
	CANCAMO SOLDABLE LBS	Comercial	3	-	-	10	USD / Unidad	USD 30,00
	GRILLETES	Comercial	2	-	-	10	USD / Unidad	USD 20,00
	GUARDACABOS	Comercial	2	-	-	10	USD / Unidad	USD 20,00
	GRAMPAS DOBLE IRON GRIP BG	Comercial	6	-	-	10	USD / Unidad	USD 60,00
	Ruedas guías	SAE 1040	4	Ø170 x 300mm	5,66	40	USD/KG mecanizado	USD 905,60

Sub-Conjunto	Pieza	Descripción	Cantidad	Dimensiones	Peso (kg)	Costo		Costo Total (USD)
Fundaciones	Base	Hormigón	2	-	5	90	USD/ m3	USD 900,00
	Estructura de hormigón	Armadura de hierro + Mano de obra	2	-	400	3	USD/KG	USD 2.400,00
	Pilotes	Hormigón	4	-	-	500	USD / Unidad	USD 2.000,00
	Mano de obra	-	240	-	-	13	USD / HH	USD 3.120,00
Cabina	Estructura	Caño estructural cuadrado 50x50x4	40	-	4,5	2,3	USD/KG perfil	USD 414,00
Montaje	-	6 Personas; Turnos de 12hs; 5 días	600	-	-	13	USD / HH	USD 7.800,00
Ingeniería	-	Se toman 352hs de ingeniería para el desarrollo del proyecto.	352	-	-	9	USD / HH	USD 3.168,00
								USD 58.377,62

Por lo tanto, el costo total del proyecto es de USD 58378. Este valor será la inversión inicial para poder calcular los indicadores VAN y TIR.



UTN FRRO
Ing. Mecánica

Fecha vigencia 06/10/21

Fecha revisión 08/12/21

Versión 1.0

Página 144 de 157

PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

18.1.2 Valor actual Neto (VAN) y Tasa interna de retorno (TIR).

Luego de calcular la inversión inicial del proyecto (USD 58378) calcularemos mediante estimación el flujo de efectivo del proyecto. Como este proyecto no generara ganancia si no que es un proyecto de ahorro, tomaremos como “ingresos” el dinero que ahorraremos con la implementación del mismo, y como egreso tomaremos los costos de mantenimiento del mismo.

La tasa de descuento para estimar el VAN y el TIR será de un 10%, y el periodo de análisis será de tres (3) periodos anuales.

Tasa de descuento	10%
Inversión inicial	USD 58378

Flujo ingreso (Se toman como ingresos los ahorros de alquiler de traslado)					
Periodo	Oportunidad	Cantidad anual	Costo	U\$D	Total / periodo
1° año	Alquiler de barco-grúa	4	USD 12.500,00	USD 50.000,00	USD 58.000,00
	Alquiler de lancha	8	USD 1.000,00	USD 8.000,00	
2° año	Alquiler de barco-grúa	3	USD 12.500,00	USD 37.500,00	USD 46.500,00
	Alquiler de lancha	9	USD 1.000,00	USD 9.000,00	
3° año	Alquiler de barco-grúa	3	USD 12.500,00	USD 37.500,00	USD 46.500,00
	Alquiler de lancha	9	USD 1.000,00	USD 9.000,00	

Flujo Egreso					
Periodo	Oportunidad	Cantidad anual	Costo	U\$D	Total / periodo
1° año	Mantenimiento mensual	3	USD 500,00	USD 1.500,00	USD 1.500,00
2° año	Mantenimiento mensual	6	USD 500,00	USD 3.000,00	USD 3.000,00
3° año	Mantenimiento mensual	3	USD 500,00	USD 1.500,00	USD 4.800,00
	Cambio de cables	1	USD 3.300,00	USD 3.300,00	



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

Ahora calcularemos el flujo neto como la resta entre el flujo de ingreso y el flujo de egreso.

Flujo proyecto	
Periodo	U\$D
Inv. Inicial	-USD 58.378,00
1° año	USD 56.500,00
2° año	USD 43.500,00
3° año	USD 41.700,00

Una vez planteados los flujos y la inversión inicial, calcularemos mediante la herramienta de Excel Office el VAN y el TIR.

VAN	\$ 60.266,26
TIR	67%

El VAN al ser mayor a cero significa que el proyecto generara ganancia. Además, el TIR es mayor que la tasa de descuento, por lo tanto, el proyecto es viable.

19 CONCLUSIÓN FINAL DEL PROYECTO.

Una vez realizado el diseño y análisis tanto técnico como económico llegamos a las siguientes conclusiones:

1. El proyecto es técnicamente viable.
2. Aumenta la seguridad de las personas que deben realizar el traslado de materiales, reduciendo sustancialmente el riesgo y los accidentes.
3. Permite a la empresa independizarse de terceros.
4. Le da a la empresa mayor flexibilidad para realizar tareas de mantenimiento.
5. Aumenta la confiabilidad del proceso.
6. Nos permite mantener el orden y la limpieza en el muelle y la orilla.
7. Mínima inversión para la empresa con alta tasa de retorno.



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

20 ANEXO.

20.1.1.1 Figuras del sistema de transporte

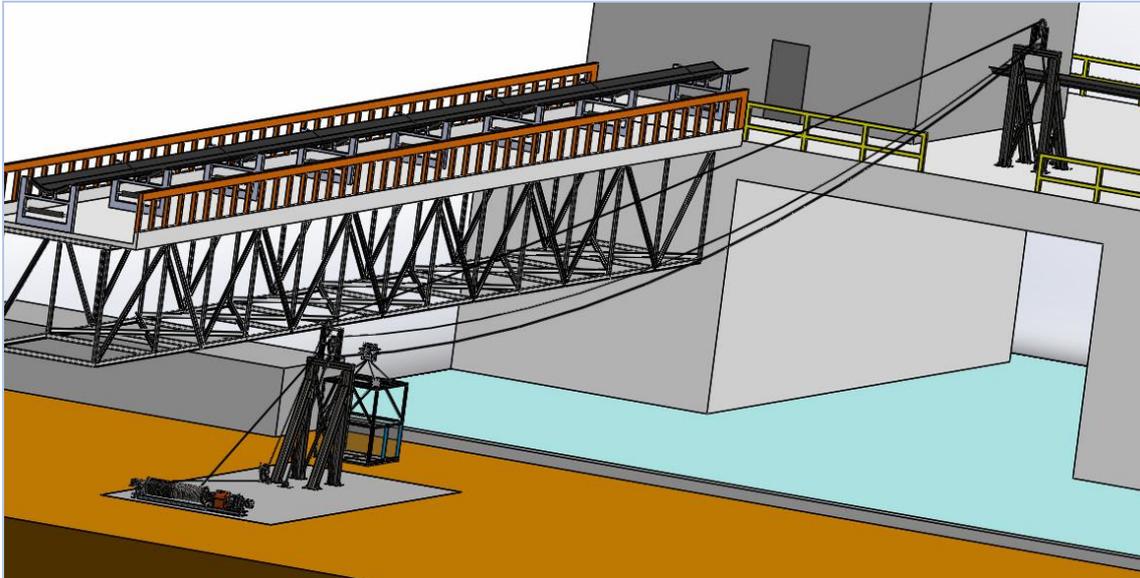


Figura 20.1.a: Sistema de transporte por cables de acero.

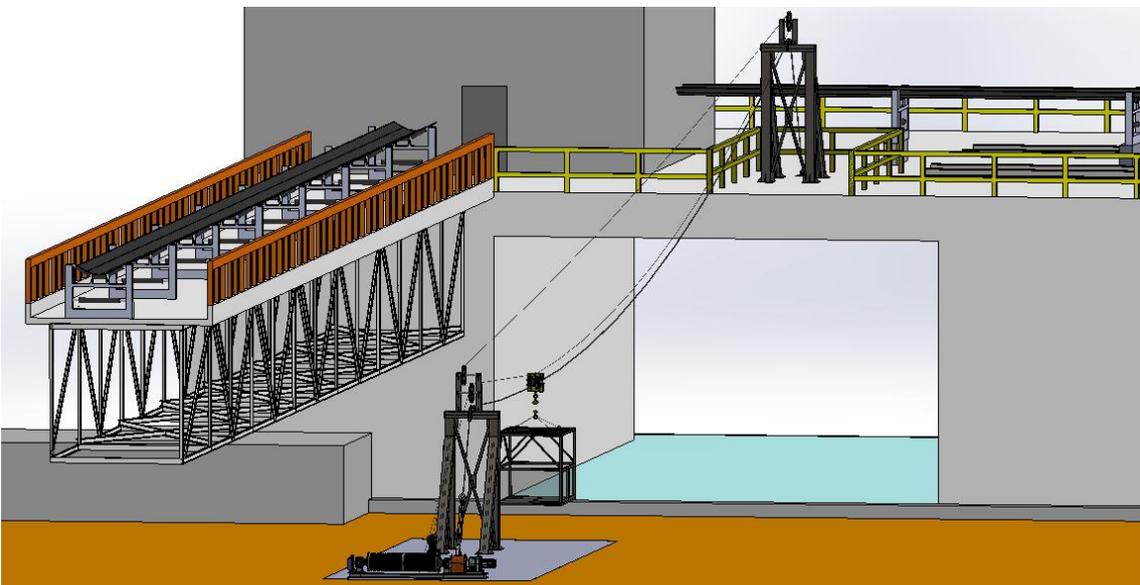


Figura 20.1.b: Sistema de transporte por cables de acero.



UTN FRRO
Ing. Mecánica

Fecha vigencia 06/10/21

Fecha revisión 08/12/21

Versión 1.0

Página 147 de 157

PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

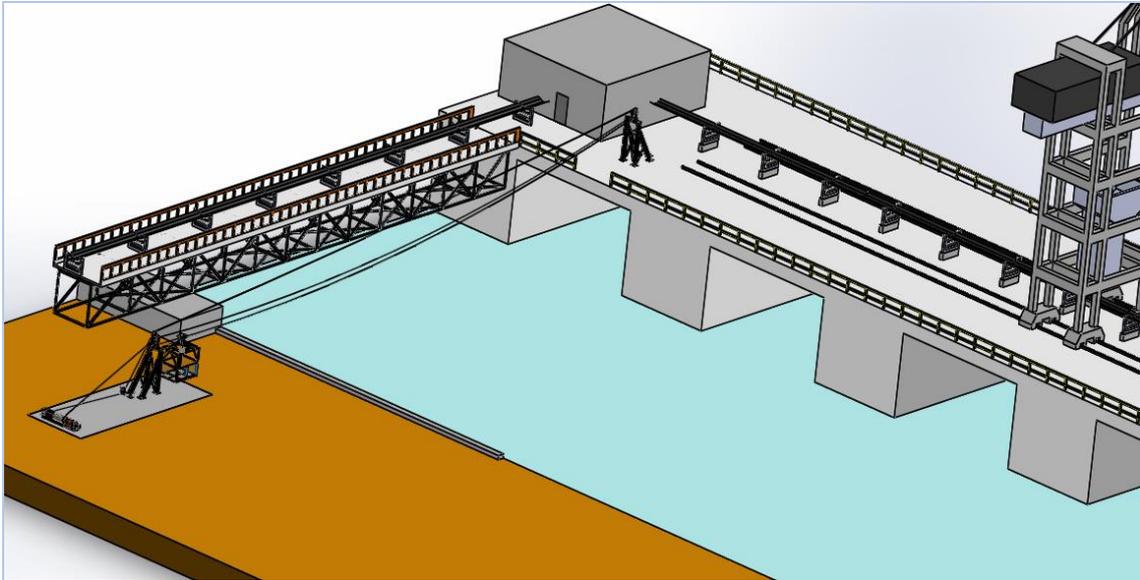


Figura 20.1.c: Sistema de transporte por cables de acero.

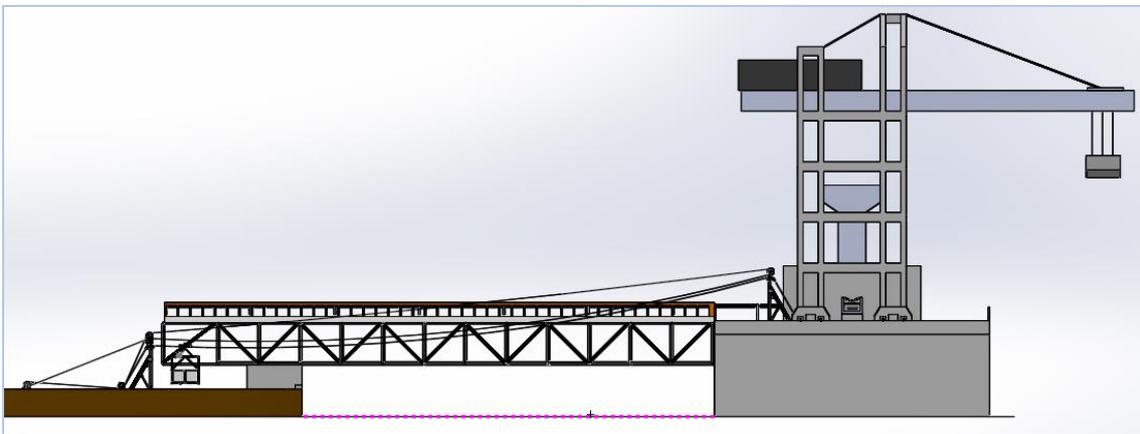


Figura 20.1.d: Sistema de transporte por cables de acero.



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

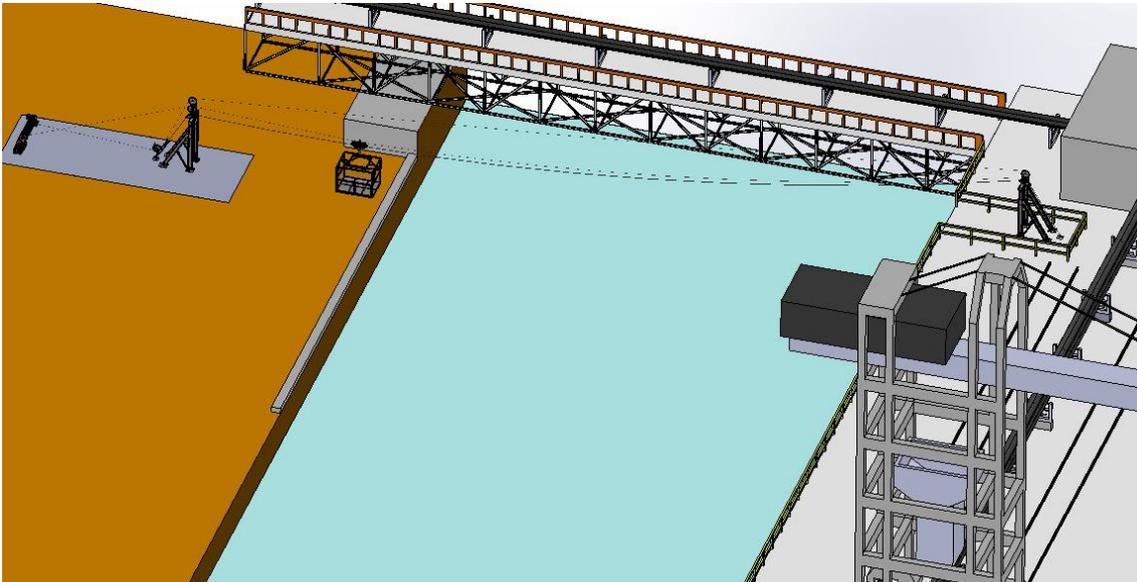


Figura 20.1.d: Sistema de transporte por cables de acero.

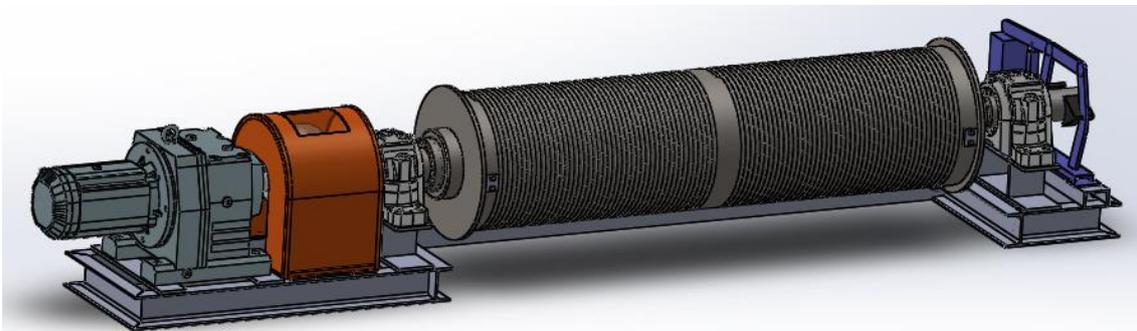


Figura 20.1.e: Mando motriz.

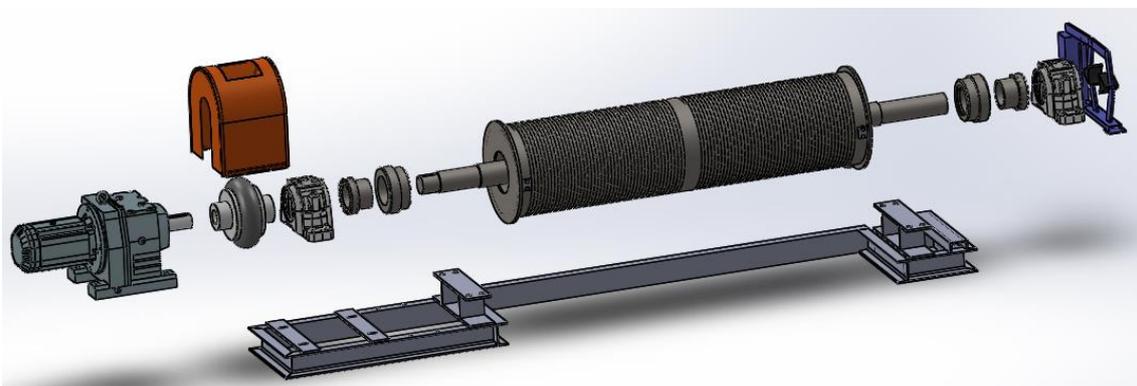


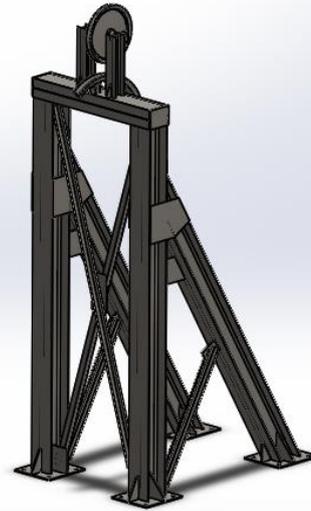
Figura 20.1.f: Mando motriz vista explosionada.



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

Estructura Orilla



Estructura Muelle

Figura 20.1.g: Estructuras metálica.

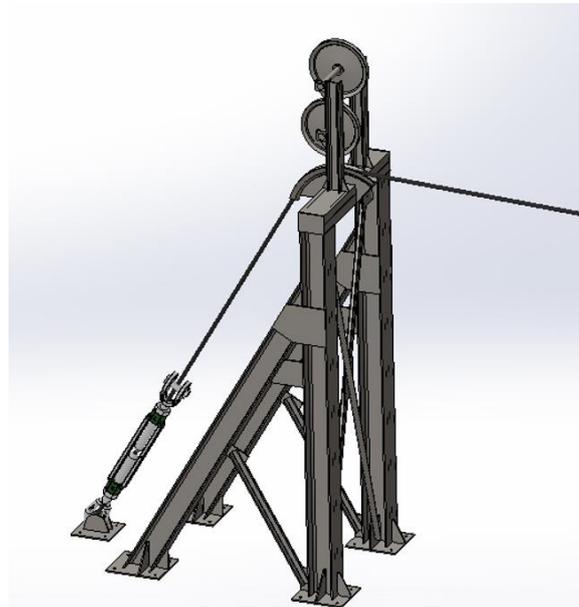


Figura 20.1.h: Estructura con anclaje del cable portador.



UTN FRRO
Ing. Mecánica

Fecha vigencia 06/10/21

Fecha revisión 08/12/21

Versión 1.0

Página 150 de 157

PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

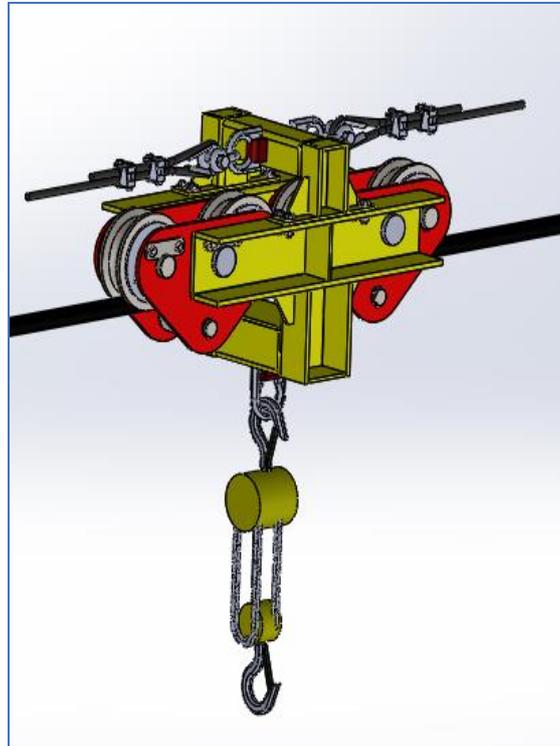


Figura 20.1.i: Diseño final del carro transportador.

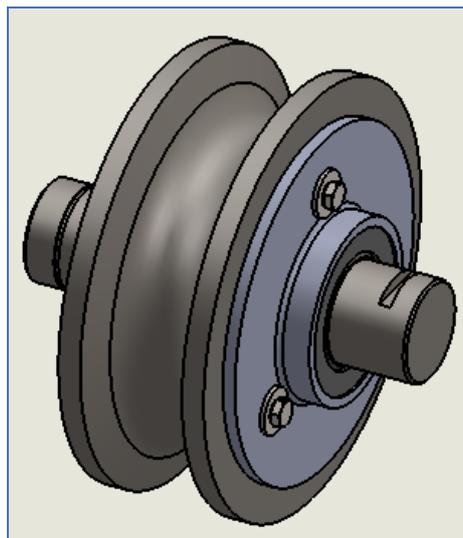


Figura 20.1.j: Rueda del carro transportador.



PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

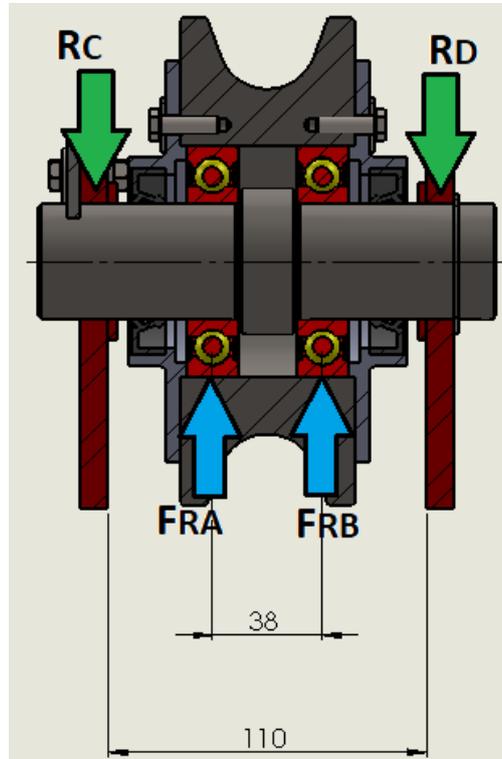


Figura 20.1.k: Reacciones en eje de la rueda del carro transportador.

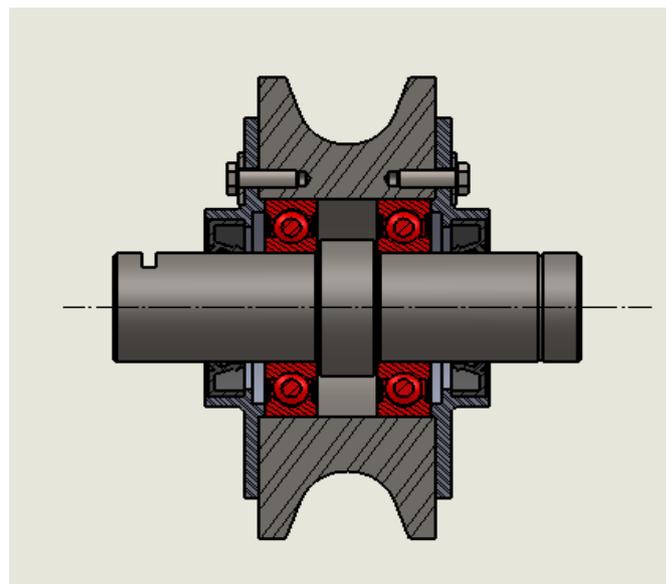


Figura 20.1.m: Vista en corte de la rueda del carro transportador.



UTN FRRO
Ing. Mecánica

Fecha vigencia 06/10/21

Fecha revisión 08/12/21

Versión 1.0

Página 152 de 157

PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

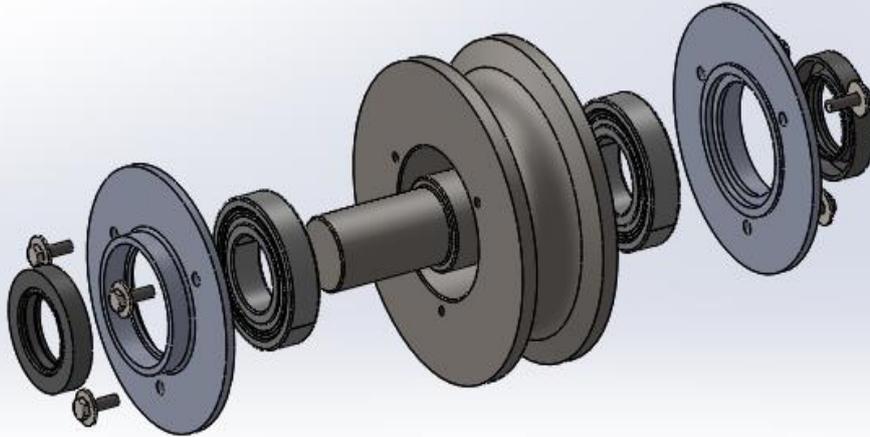


Figura 20.1.n: Vista explosionada de la rueda del carro transportador.

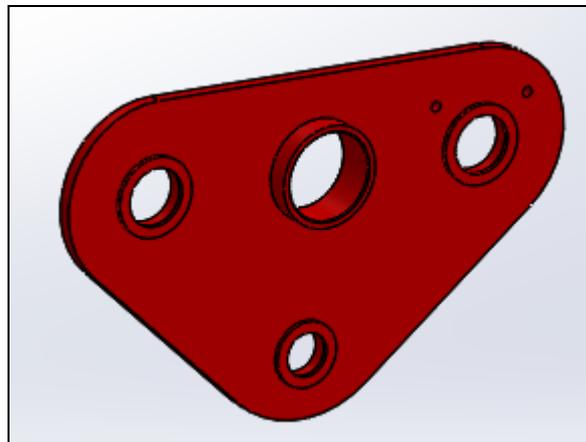


Figura 20.1.o: Placa de unión.



UTN FRRo
Ing. Mecánica

Fecha vigencia 06/10/21

Fecha revisión 08/12/21

Versión 1.0

Página 153 de 157

PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

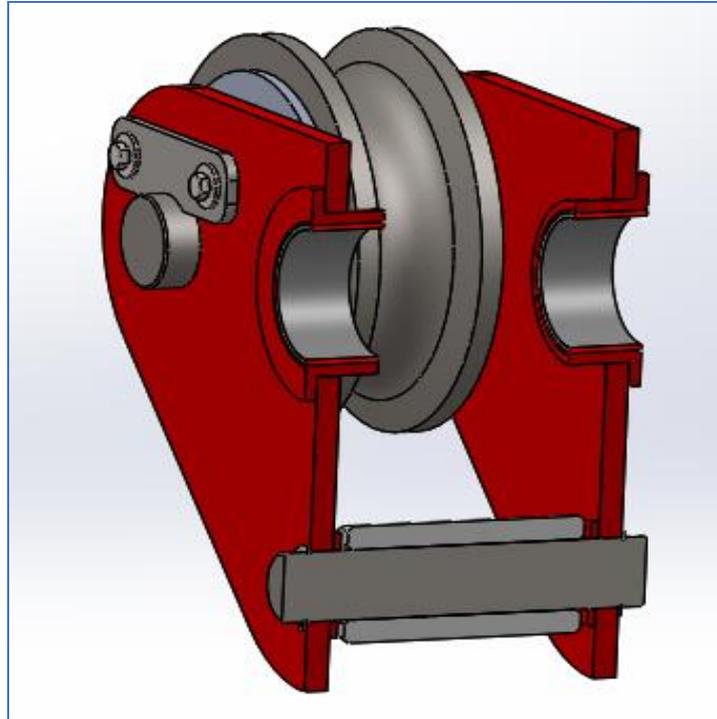


Figura 20.1.p: Placa de unión con rueda y rodillo.

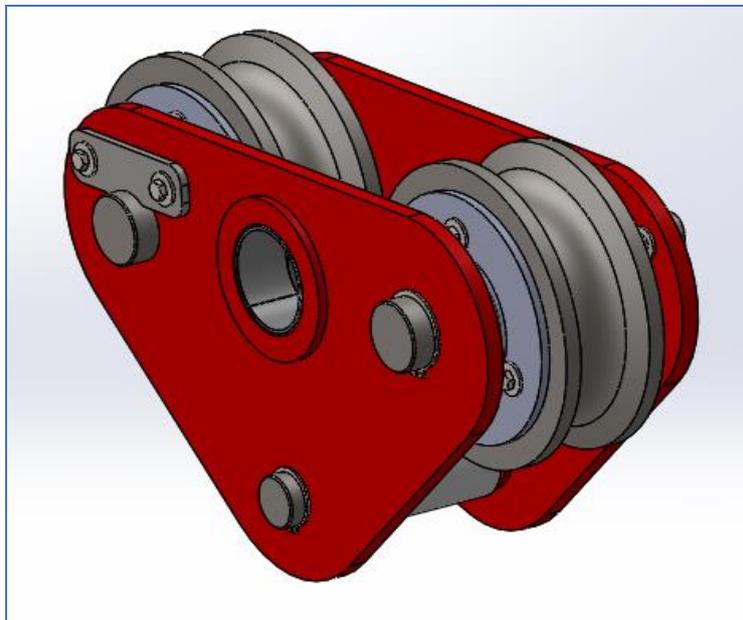


Figura 20.1.q: Tren de ruedas.



UTN FRRo
Ing. Mecánica

Fecha vigencia 06/10/21

Fecha revisión 08/12/21

Versión 1.0

Página 154 de 157

PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

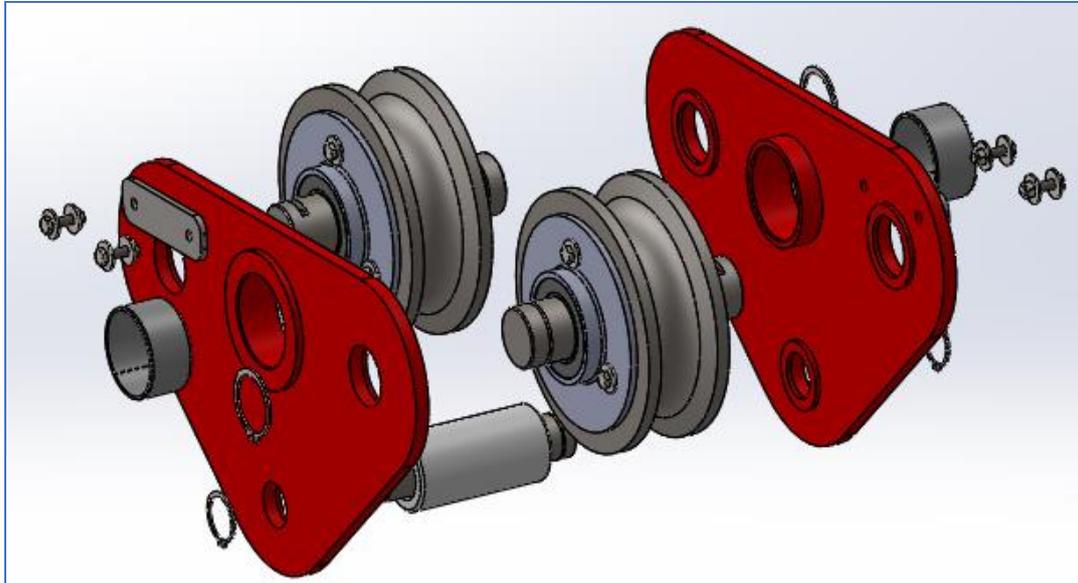


Figura 20.1.r: Tren de rueda con vista explosionada.

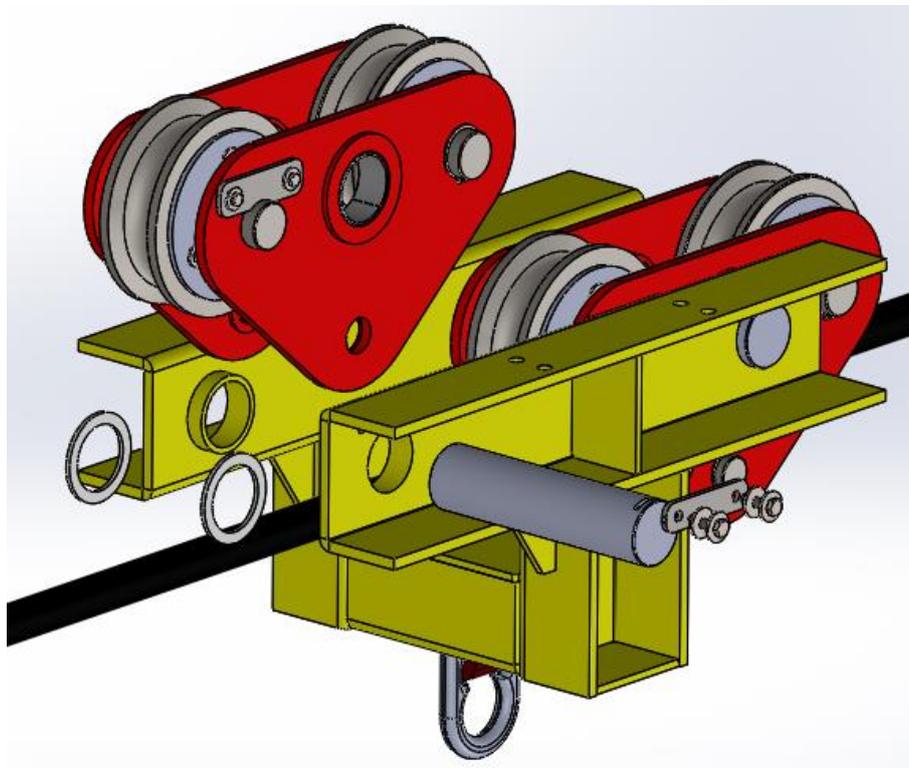


Figura 20.1.s: Montaje del tren de rueda con estructura inferior.



UTN FRRO
Ing. Mecánica

Fecha vigencia 06/10/21

Fecha revisión 08/12/21

Versión 1.0

Página 155 de 157

PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

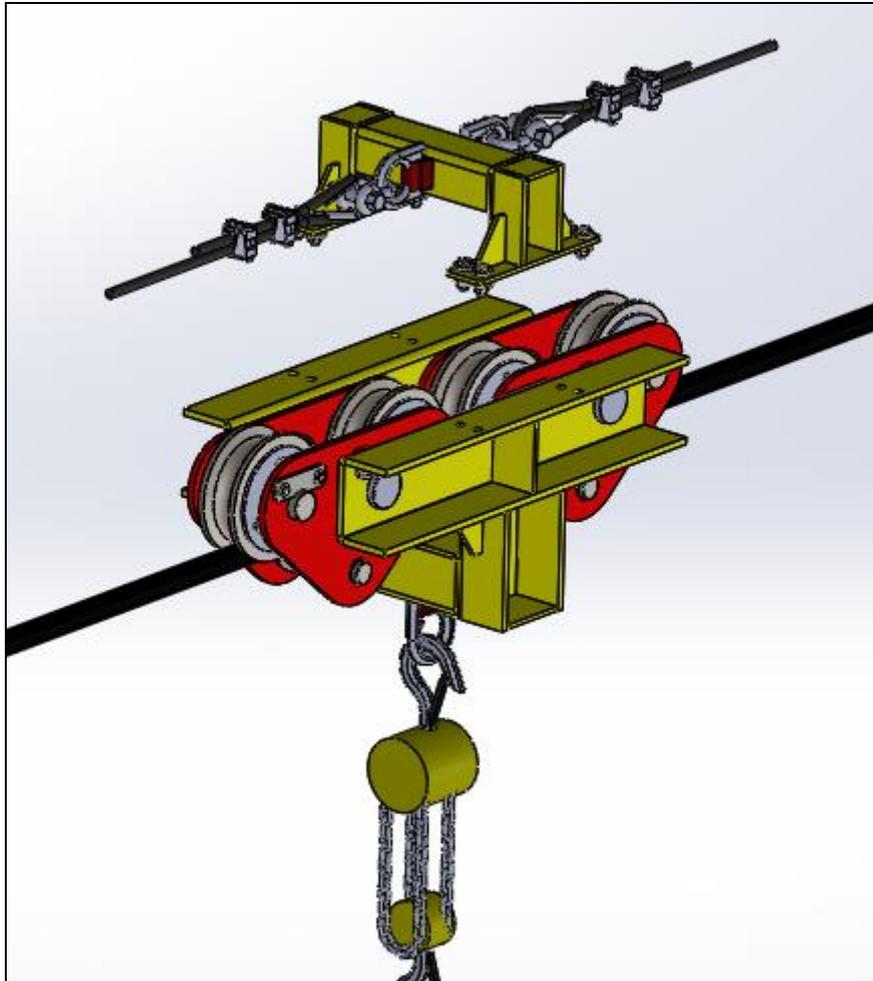


Figura 20.1.t: Montaje de estructura superior del carro transportador.



UTN FRRO
Ing. Mecánica

Fecha vigencia 06/10/21

Fecha revisión 08/12/21

Versión 1.0

Página 156 de 157

PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

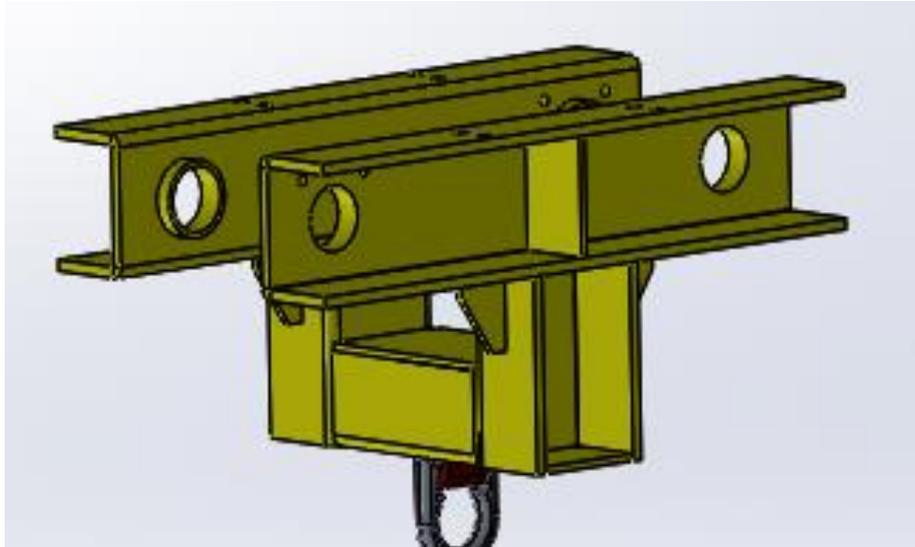


Figura 20.1.u: Estructura inferior del carro transportador.

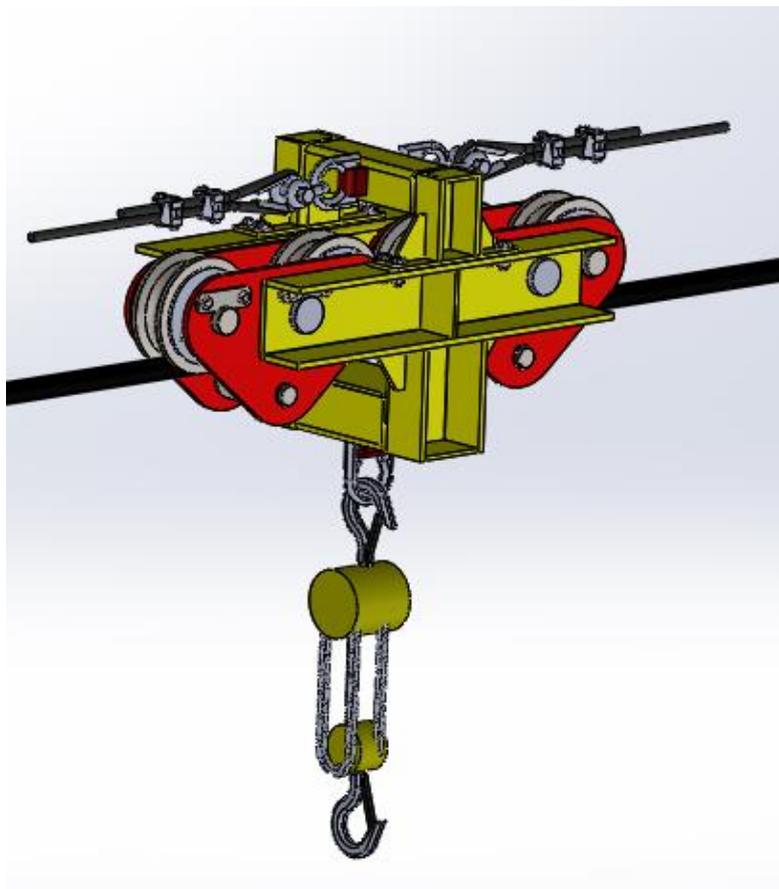


Figura 20.1.v: Diseño final del carro transportador montado con cable motriz y cable portador.



UTN FRRO
Ing. Mecánica

Fecha vigencia 06/10/21

Fecha revisión 08/12/21

Versión 1.0

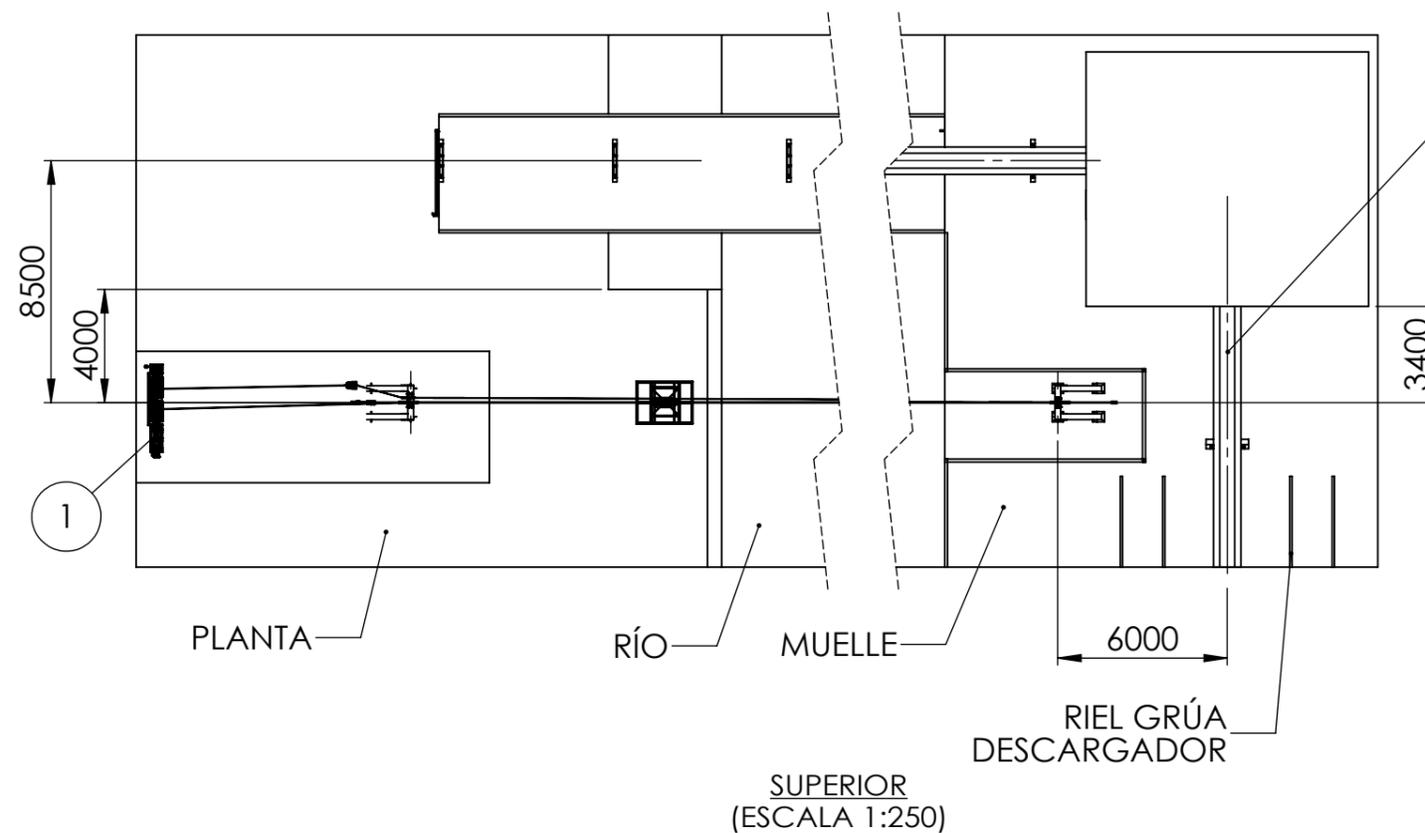
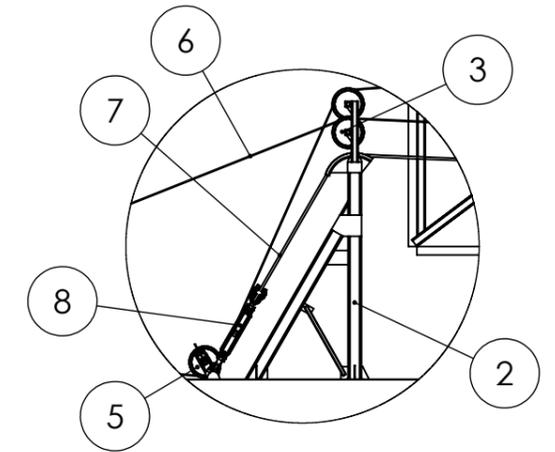
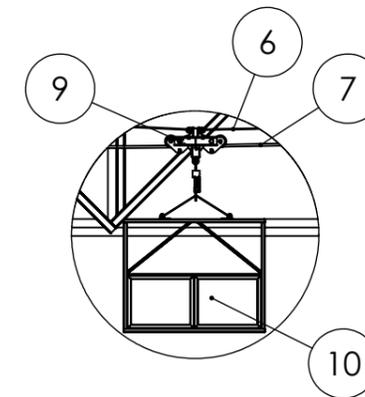
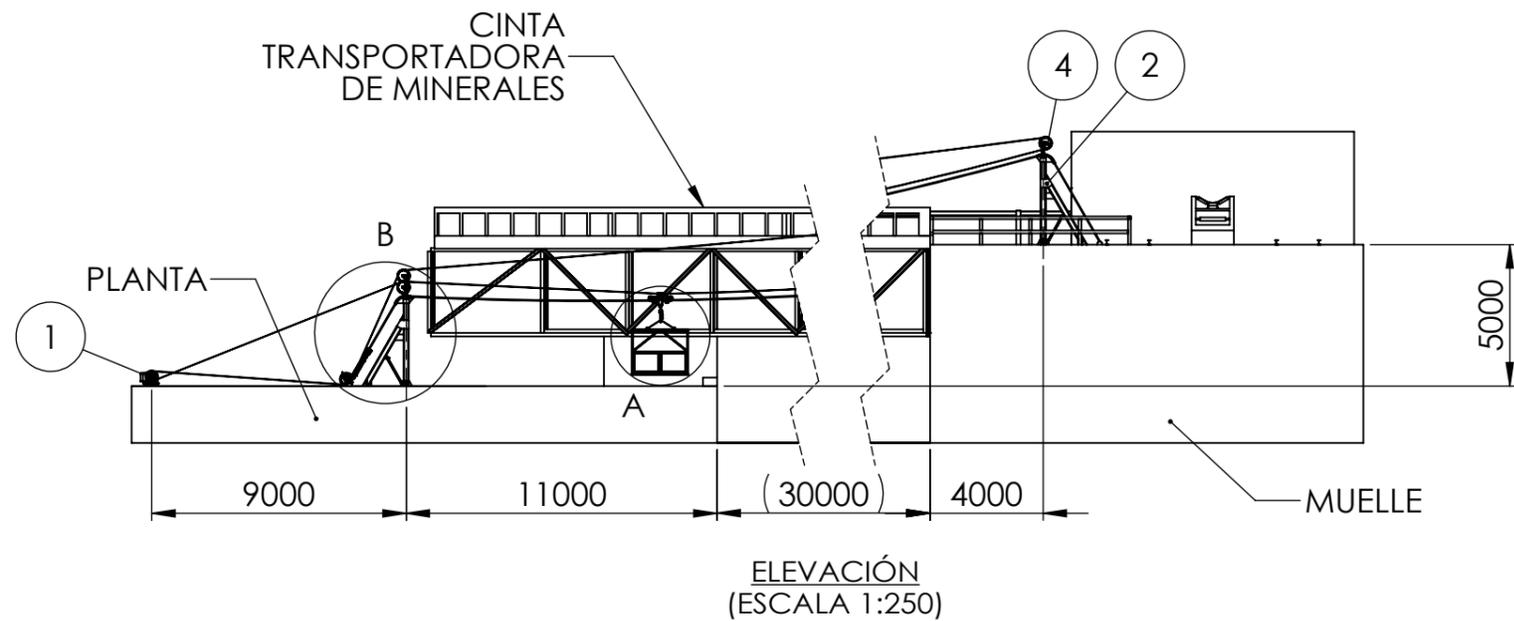
Página 157 de 157

PROYECTO FINAL

SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIALES SOBRE UN CANAL DE RÍO

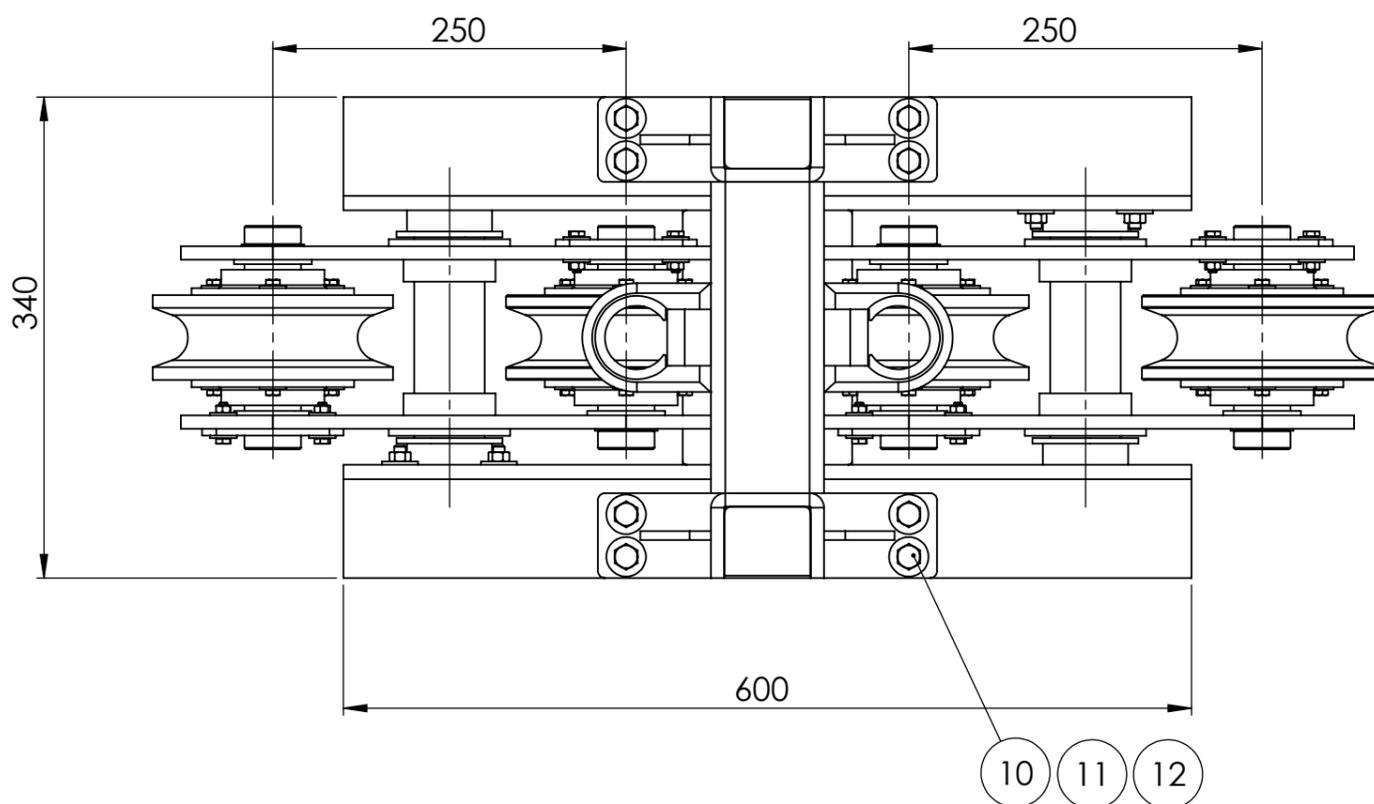
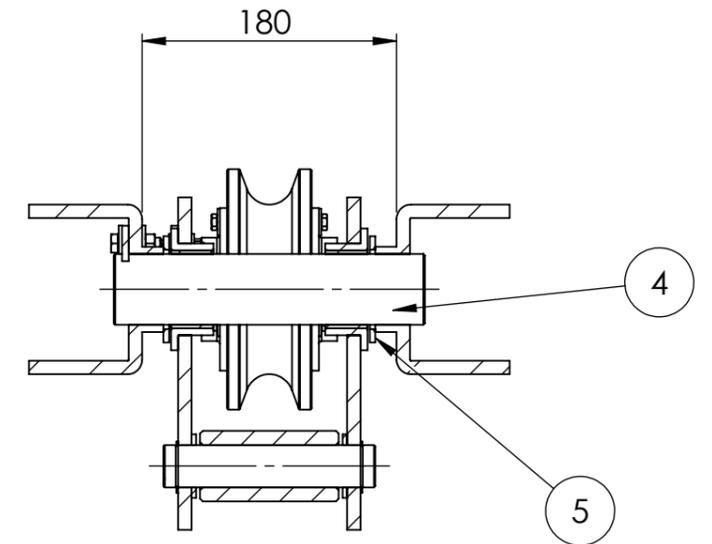
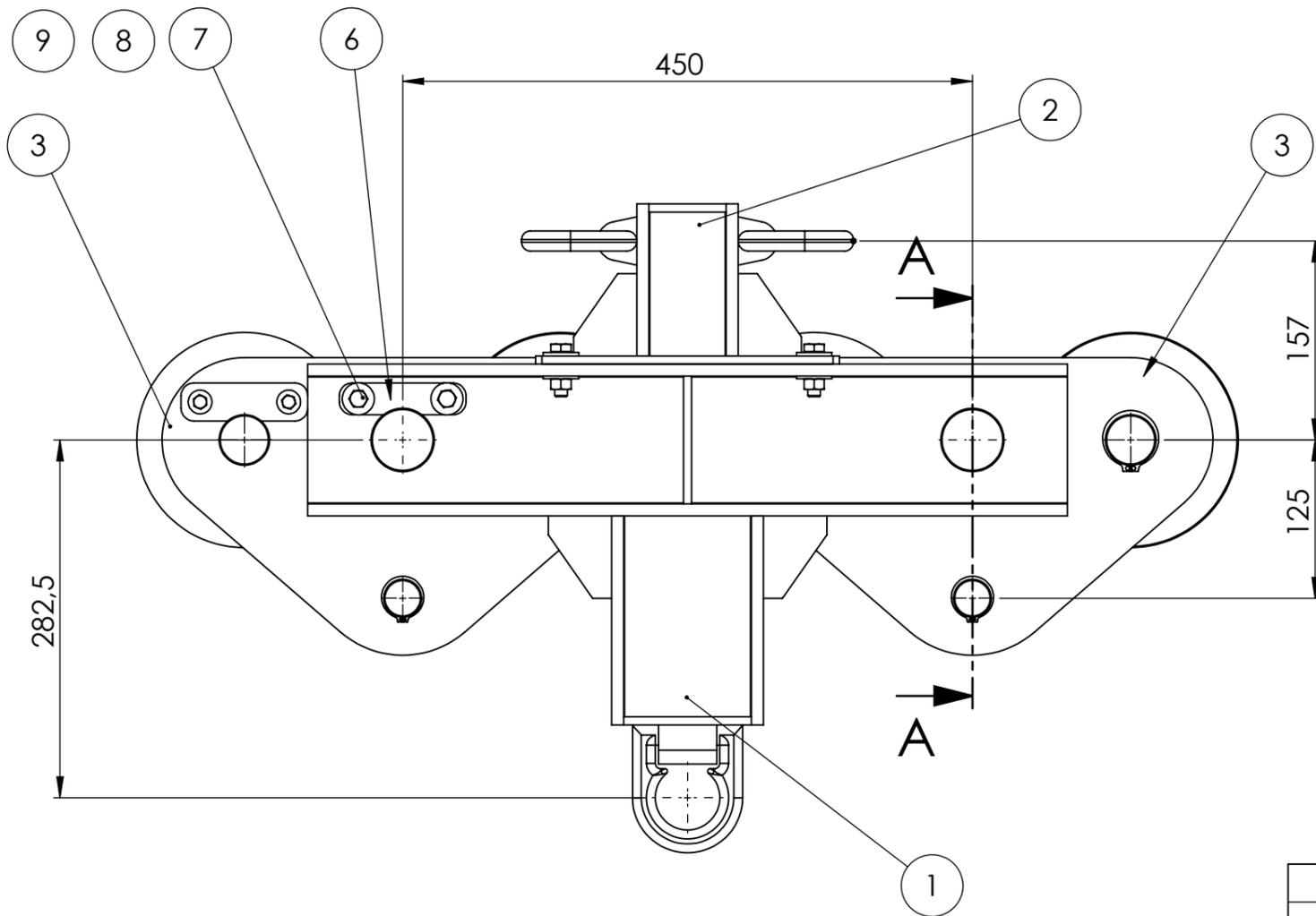
20.1.1.2 Listado de planos

					Código de plano			
LAYOUT					T2021-00-00-00			
CARRO	CONJUNTO				T2021-10-00-00			
	Pieza		Cantidad	Material	COMERCIAL	Descripción		
	Estructura inf	CONJUNTO	1	Acero F24 3/8"		T2021-10-10-00		
		Placas laterales	2			T2021-10-10-01		
		Placas inferiores	2			T2021-10-10-02		
		Extremo inferior	1			T2021-10-10-03		
		Ménsulas				T2021-10-10-04		
	Estructura sup	CONJUNTO	1	Acero F24 3/8"		T2021-10-20-00		
		Superior lateral	2			T2021-10-20-01		
		Superior extremo	1			T2021-10-20-02		
		Ménsulas				T2021-10-20-03		
		Cáncamo superior	2		SI			
	TREN DE RUEDA	CONJUNTO				2	T2021-10-30-00	
		Placa de unión	SUBCONJUNTO				4	T2021-10-31-00
			Placa de unión ejes de rueda	1	Acero F24 3/8"		T2021-10-31-00	
			Buje refuerzo eje balancín	2	Acero SAE 1020		T2021-10-31-00	
			Arandela refuerzo eje rueda	1	Acero F24 1/8"		T2021-10-31-00	
			Arandela refuerzo eje rodillo	1	Acero F24 1/8"		T2021-10-31-00	
		Conjunto Rueda	SUBCONJUNTO				4	T2021-10-32-00
			Eje rueda	1	Acero SAE 1040 OQT400		T2021-10-32-01	
			Ruedas	1	Acero SAE 1040 OQT400		T2021-10-32-02	
			Rodamiento	2	6208 2RS1	SI		
			Reten eje rueda	2	DBH Lx 5553	SI		
			Tapa de rueda	2	Acero SAE 1020		T2021-10-32-03	
			tornillo tapa	6	CABEZA HEXAGONAL M8	SI		
			arandela plana	6		SI		
		Subconjunto Balancín	SUBCONJUNTO				2	T2021-10-33-00
			Eje balancín	1	Acero SAE 1040 OQT400		T2021-10-33-01	
		Subconjunto Rodillo	SUBCONJUNTO				2	T2021-10-34-00
			eje rodillo	1			T2021-10-34-01	
			rodillo grilon	1			T2021-10-34-02	
		Segger Eje de Rueda		4		SI		
	Placa tope Eje de Rueda		4			T2021-10-30-01		
	Tornillo Traba Eje Rueda		8		SI			
	Arandela Traba Eje Rueda		16		SI			
	Tuerca Traba Eje Rueda		8		SI			
	Arandela Separadora Grilon		4			T2021-10-10-01		
	Placa tope Eje Balancín		2			T2021-10-10-02		
	Tornillo Traba Balancín		4	M8x30	SI			
	Arandela Traba Balancín		8		SI			
Tuerca Traba Balancín		4		SI				
Segger Eje Rodillo		4		SI				
Tornillo Estructura Superior		8	M10x35	SI				
Arandela Estructura Superior		16		SI				
Tuerca Estructura Superior		8		SI				
MANDO					T2021-20-00-00			



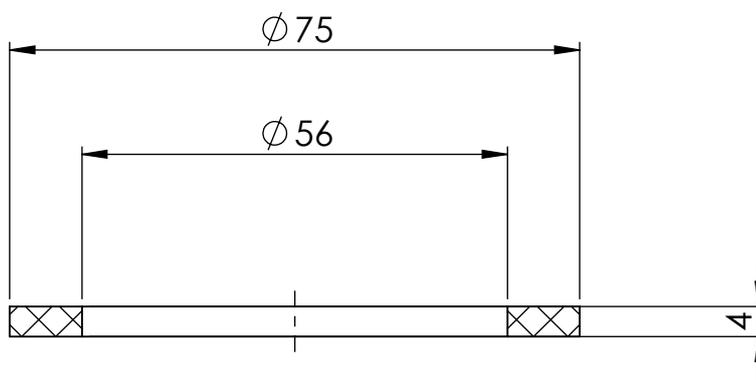
POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIONES
10	GUINDOLA	F-24	1	
9	CONJUNTO CARRO		1	PL. T2021-10-00-00
8	TENSOR CABLE PORTADOR	COMERCIAL	1	GREENPIN G-6315
7	CABLE PORTADOR	COMERCIAL	50M	IPH 32MM 6X19
6	CABLE MOTRIZ	COMERCIAL	155M	IPH 13MM 6X36
5	POLEA TENSORA	SAE 1020	1	
4	POLEA LADO MUELLE	SAE 1020	1	
3	POLEA LADO PLANTA	SAE 1020	1	
2	ESTRUCTURA	F-24	2	
1	MANDO		1	PL. T2021-20-00-00

		Nombre	Fecha	PROYECTO FINAL INGENIERÍA MECÁNICA	UTN - FRRO		
ALMADA EANDI IBARRA MENDEZ	Dibujo					LAY OUT	T2021-00-00-00 5° 01 IM 2021
	Revision						
	Aprobado						
	Escala 1 : 250						
	Formato A3						



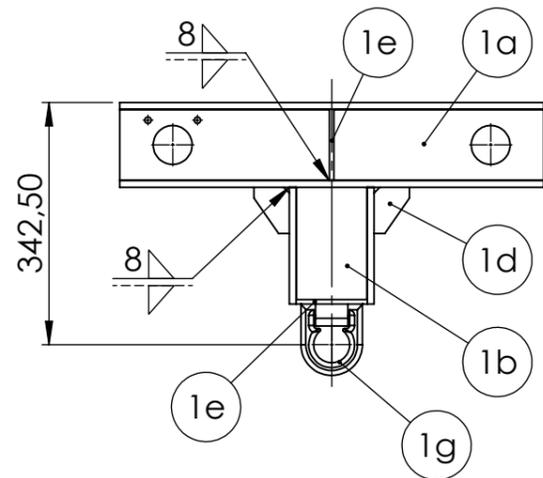
12	ARANDELA PLANA M10	COMERCIAL	16	Galvanizado
11	TUERCA HEXAGONAL M10 - 8.8.	COMERCIAL	8	Galvanizado
10	TORNILLO CAB. HEX. M10x 30 - 8.8.	COMERCIAL	8	Galvanizado
9	ARANDELA PLANA M8	COMERCIAL	8	Galvanizado
8	TUERCA HEXAGONAL M8 - 8.8.	COMERCIAL	4	Galvanizado
7	TORNILLO CAB. HEX. M8x 30 - 8.8.	COMERCIAL	4	Galvanizado
6	PLACA TOPE BALANCIN	F-24	2	Plano N°: T2021-10-00-02
5	ARANDELA SEPARACION BALANCIN	GRILON	4	Plano N°: T2021-10-00-01
4	EJE BALANCIN	SAE 1040 OQT 400	2	Plano N°: T2021-10-33-01
3	TREN DE RUEDAS		2	Plano N°: T2021-10-30-00
2	ESTRUCTURA SUPERIOR		1	Plano N°: T2021-10-20-00
1	ESTRUCTURA INFERIOR		1	Plano N°: T2021-10-10-00

POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIONES
ALMADA EANDI IBARRA MENDEZ		Nombre	Fecha	PROYECTO FINAL INGENIERÍA MECÁNICA UTN - FRRO T2021-10-00-00 5° 01 IM 2021
	Dibujo			
	Revision			
	Aprobado			
	Escala 1:5			CARRO DE TRASLACION
	Formato A3			

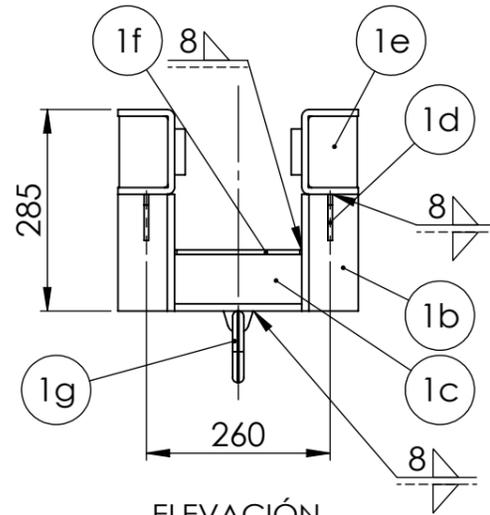


Material: Grilon

ALMADA EANDI IBARRA MENDEZ		Nombre	Fecha	PROYECTO FINAL INGENIERÍA MECÁNICA	UTN - FRRO
	Dibujo				
	Revision				
	Aprobado				
	Escala 1 : 1	ARANDELA SEPARADORA			T2021-10-00-01
	5° 01 IM				
Formato A4	2021				

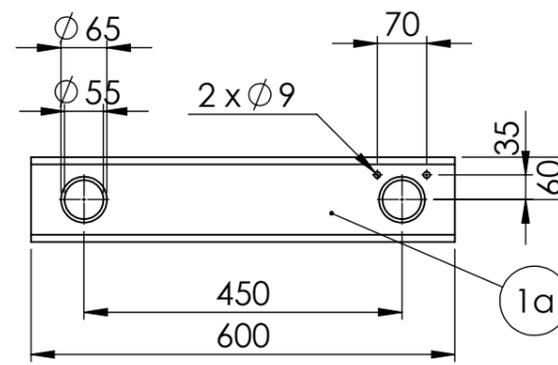


LATERAL
(ESCALA 1:5)

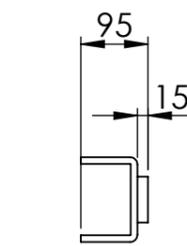


ELEVACIÓN
(ESCALA 1:5)

BRAZO LATERAL
ESP.: 3/8"

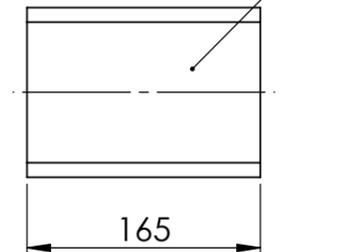


ELEVACIÓN
(ESCALA 1:5)

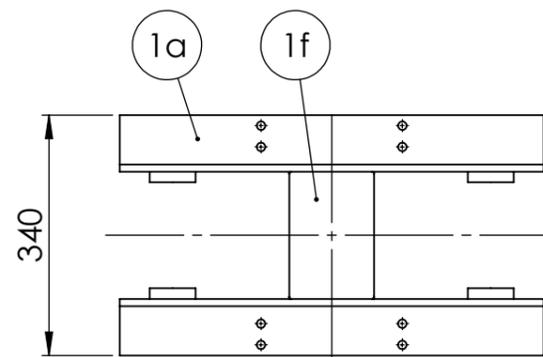


LATERAL
(ESCALA 1:5)

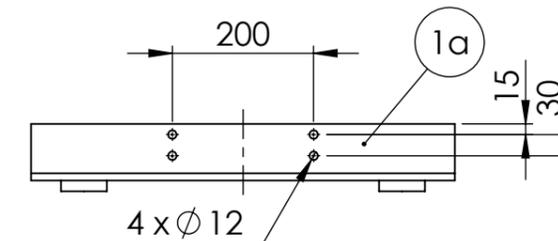
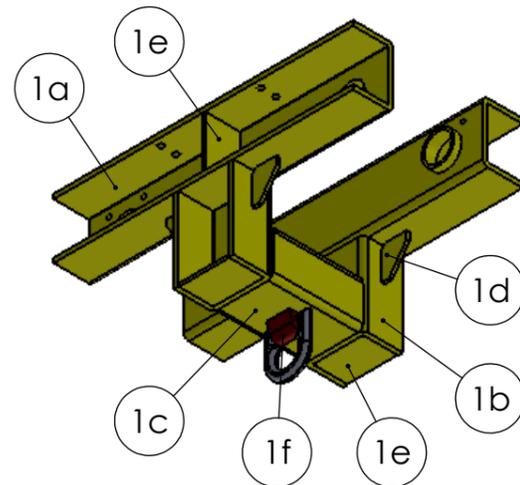
BRAZO VERTICAL
ESP.: 3/8"



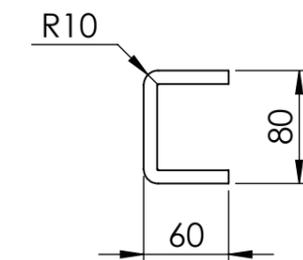
ELEVACIÓN
(ESCALA 1:5)



SUPERIOR
(ESCALA 1:5)

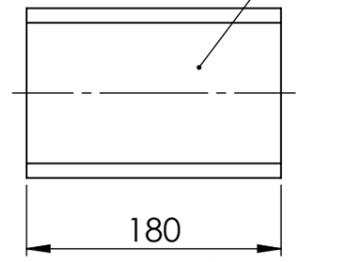


SUPERIOR
(ESCALA 1:5)



DETALLE PLEGADO TÍP.
(ESCALA 1:5)

TRAVESAÑO
ESP.: 3/8"

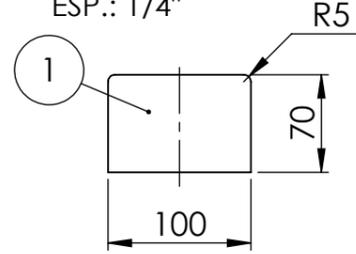


ELEVACIÓN
(ESCALA 1:5)

NOTAS:

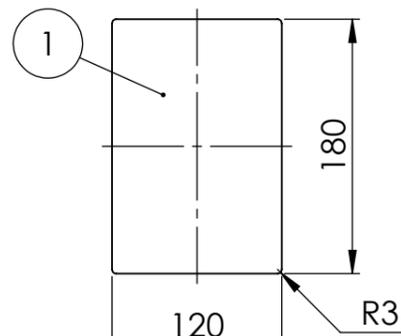
- 1) TODAS LAS DIMENSIONES SE EXPRESAN EN mm, SALVO INDICACIÓN.-
- 2) TERMINACIÓN DE CANTOS VIVOS CON RADIO DE 1 mm.-
- 3) SOLDADURA SEGÚN NORMA AWS 14.1/D 14.1 M.-
- 4) ENSAYO DE TINTAS PENETRANTES EN UNIONES SOLDADAS.-
- 5) PINTURA: a) 2 CAPAS DE BASE DE EPOXI
b) 2 CAPAS DE PINTURA POLIURETÁNICA COLOR RAL 1026

PLACA REFUERZO
ESP.: 1/4"



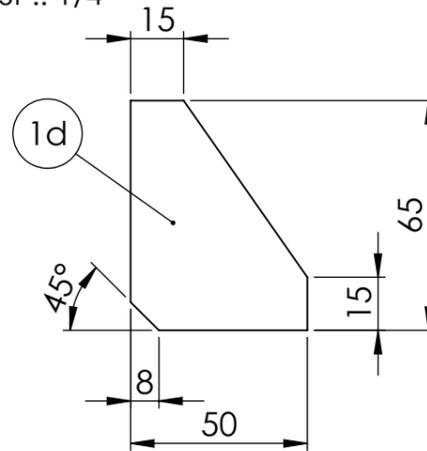
SUPERIOR
(ESCALA 1:2)

PLACA REFUERZO PERFIL
ESP.: 1/4"



ELEVACIÓN
(ESCALA 1:2)

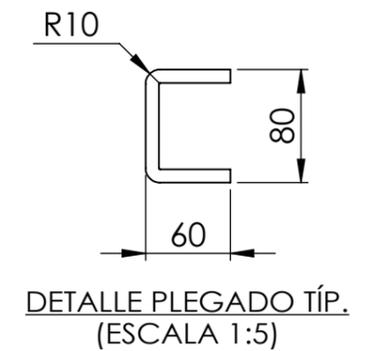
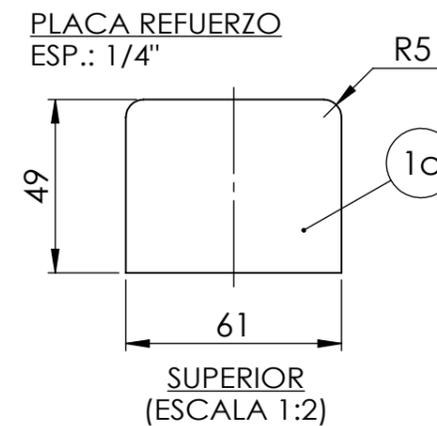
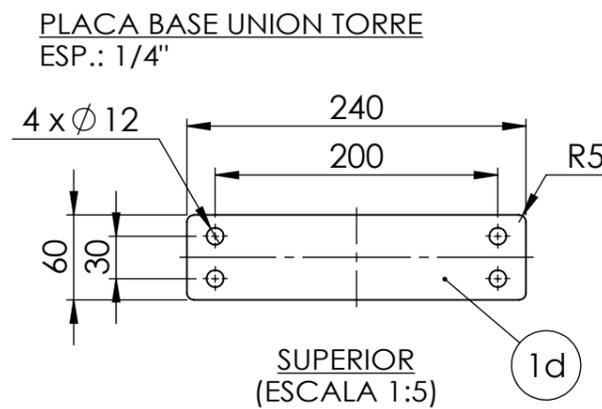
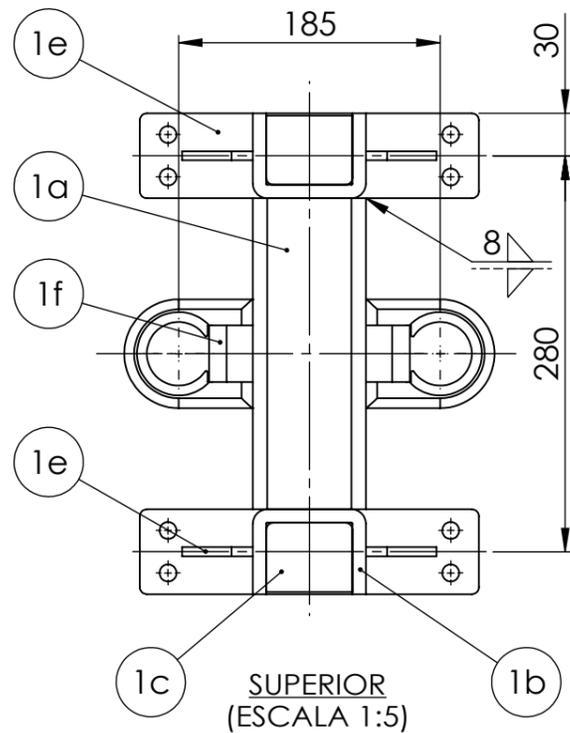
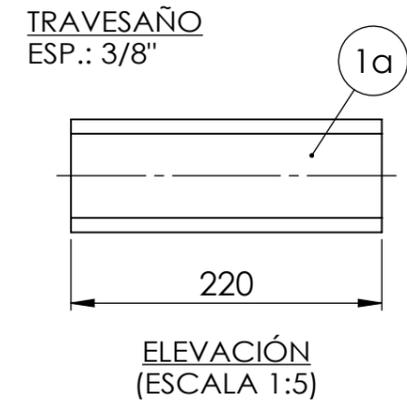
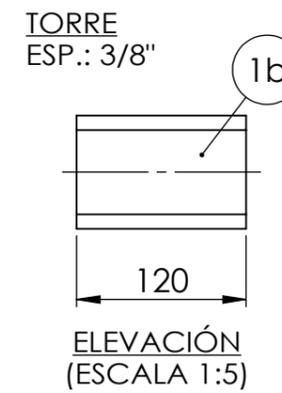
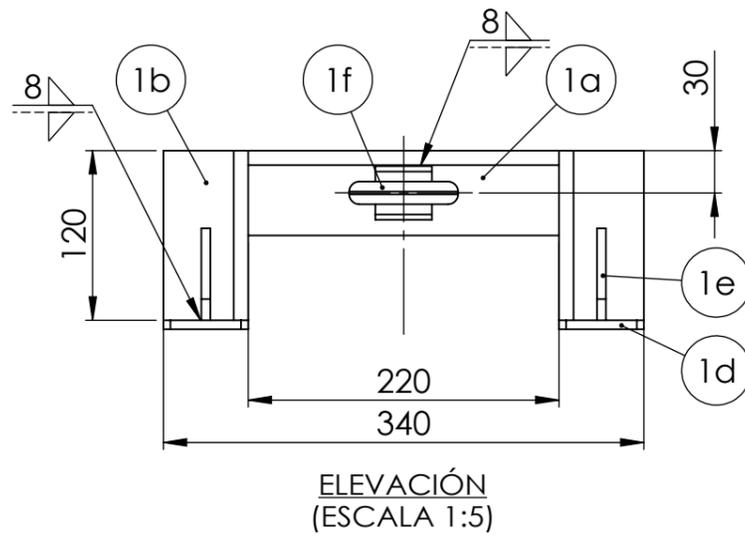
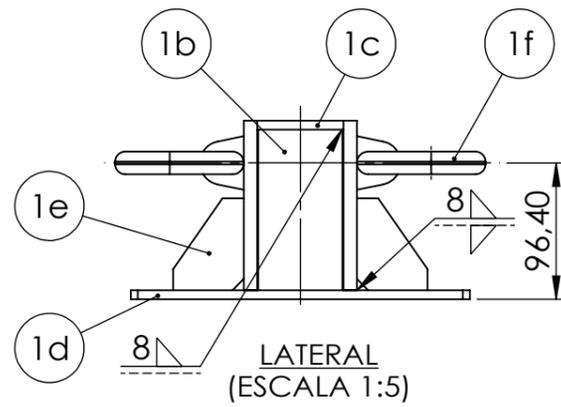
MENSULA ESCUADRA TORRE
ESP.: 1/4"



ELEVACIÓN
(ESCALA 1:2)

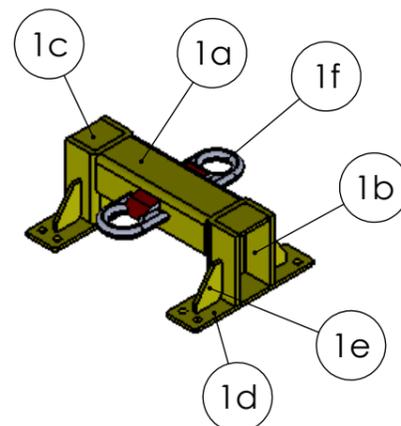
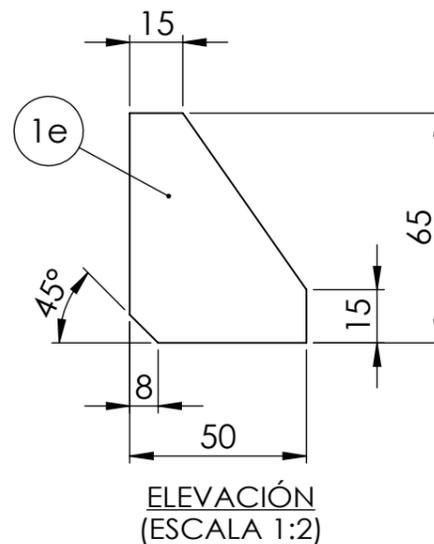
POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIONES
1g	CÁNCAMO SOLDABLE	COMERCIAL	1	ORTIZ-FISCHER WLBS 4 TON.
1f	PLACA TAPA INFERIOR	F-24	1	
1e	PLACA REFUERZO	F-24	4	
1d	MÉNSULA ESCUADRA	F-24	4	
1c	TRAVESAÑO	F-24	1	CH. 3/8" PLEGADA
1b	BRAZO VERTICAL	F-24	2	CH. 3/8" PLEGADA
1a	BRAZO LATERAL	F-24	2	CH. 3/8" PLEGADA

ALMADA EANDI IBARRA MENDEZ	Nombre		Fecha		PROYECTO FINAL INGENIERÍA MECÁNICA CARRO ESTRUCTURA INFERIOR	UTN - FRRO T2021-10-10-00 5° 01 IM 2021
	Dibujo					
	Revision					
	Aprobado					
	Escala 1:5, 1:2					
	Formato A3					



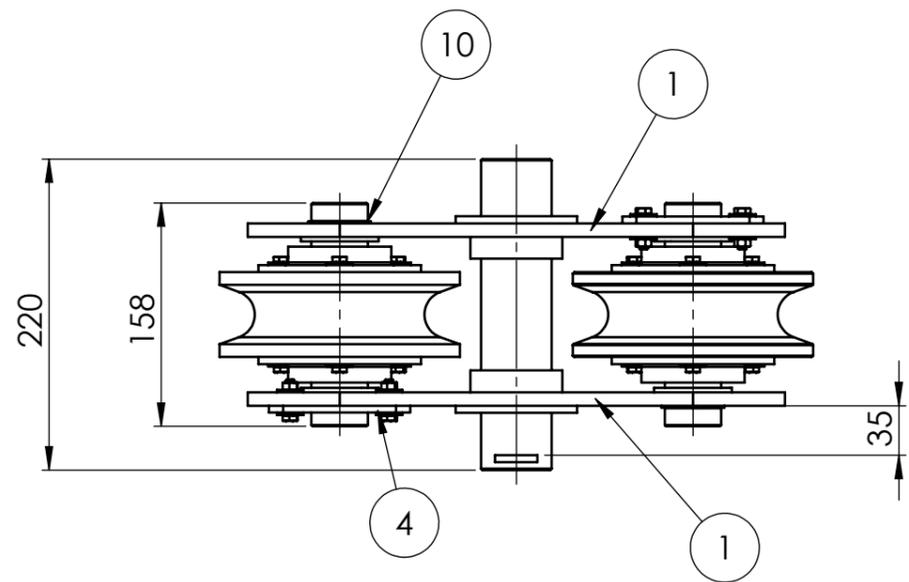
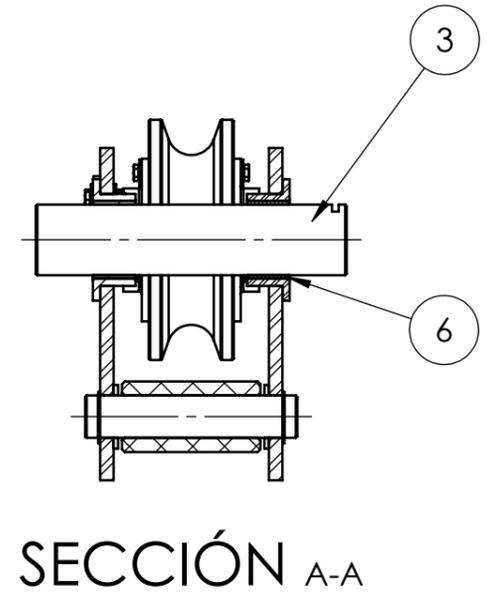
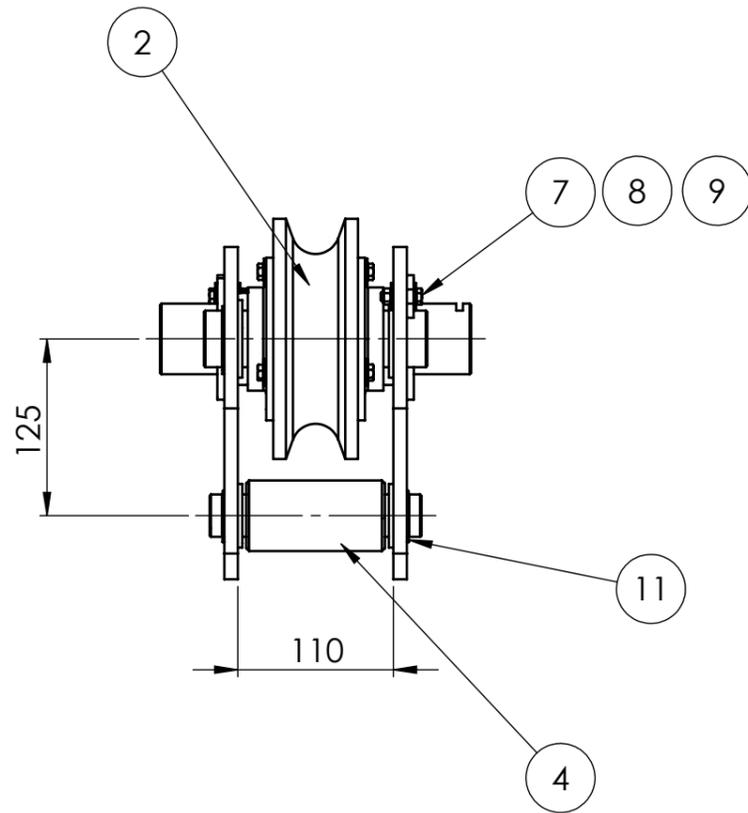
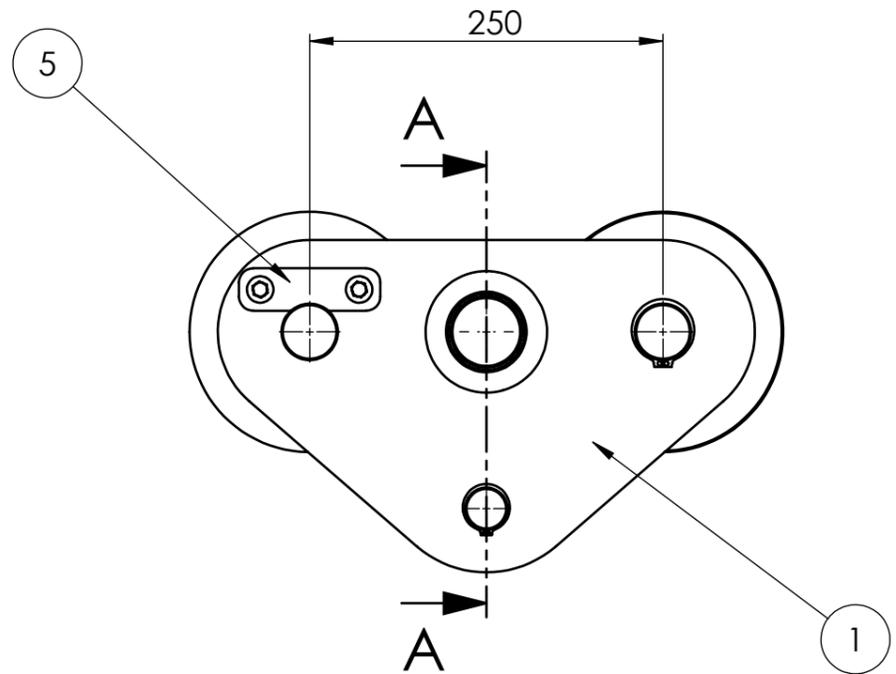
- NOTAS:
 1) TODAS LAS DIMENSIONES SE EXPRESAN EN mm, SALVO INDICACIÓN.-
 2) TERMINACIÓN DE CANTOS VIVOS CON RADIO DE 1 mm.-
 3) SOLDADURA SEGÚN NORMA AWS 14.1/D 14.1 M.-
 4) ENSAYO DE TINTAS PENETRANTES EN UNIONES SOLDADAS.-
 5) PINTURA: a) 2 CAPAS DE BASE DE EPOXI
 b) 2 CAPAS DE PINTURA POLIURETÁNICA COLOR RAL 1026

MENSULA ESCUADRA TORRE
ESP.: 1/4"



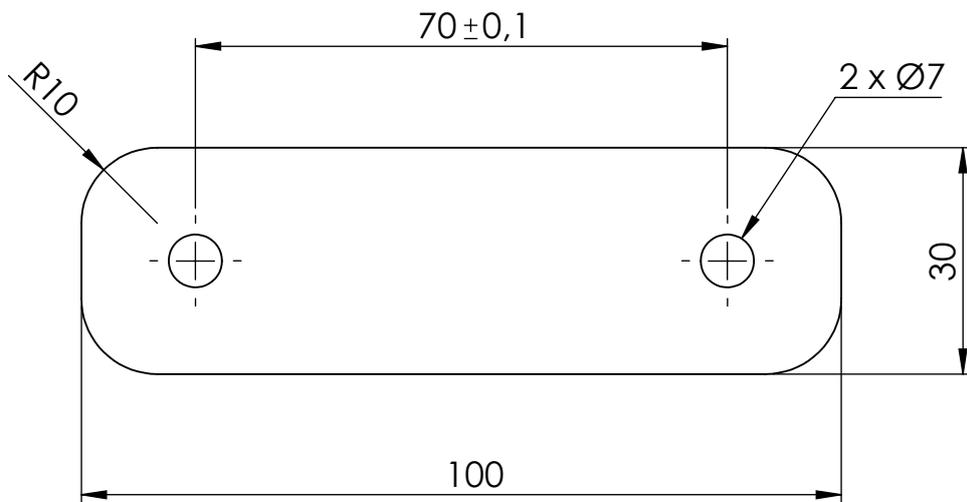
POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIONES
1f	CÁNCAMO SOLDABLE	COMERCIAL	2	ORTIZ-FISCHER VLBS 4 TON.
1e	MÉNSULA ESCUADRA	F-24	4	
1d	PLACA BASE UNIÓN	F-24	2	
1c	PLACA REFUERZO	F-24	2	
1b	TORRE	F-24	2	CH. 3/8" PLEGADA
1a	TRAVESAÑO	F-24	1	CH. 3/8" PLEGADA

		Nombre	Fecha	PROYECTO FINAL INGENIERÍA MECÁNICA	UTN - FRRO
ALMADA EANDI IBARRA MENDEZ	Dibujo				
	Revision				
	Aprobado				
	Escala 1:5, 1:2	CARRO			T2021-10-20-00
	Formato A3	ESTRUCTURA SUPERIOR			5° 01 IM
					2021



11	ANILLO SEGGER Ø30	COMERCIAL	2	DIN 471- TIPO A
10	ANILLO SEGGER Ø40	COMERCIAL	2	DIN 471 - TIPO A
9	ARANDELA PLANA M6	COMERCIAL	8	Galvanizado
8	TUERCA HEX. M6 - 8.8.	COMERCIAL	4	Galvanizado
7	TORNILLO CAB. HEX. M6x20 - 8.8.	COMERCIAL	4	Galvanizado
6	BUJE GLYCODUR	COMERCIAL	2	PCM 556030 E - SKF
5	RETENSOR EJE RUEDAS	F-24	2	Plano N°: T2021-10-33-02
4	CONJUNTO RODILLOS		1	Plano N°: T2021-10-34-00
3	EJE BALANCIN	SAE 1040 OQT 400	1	Plano N°: T2021-10-33-00
2	CONJUNTO RUEDA		2	Plano N°: T2021-10-32-00
1	PLACA DE UNION SOLDADA		2	Plano N°: T2021-10-31-00

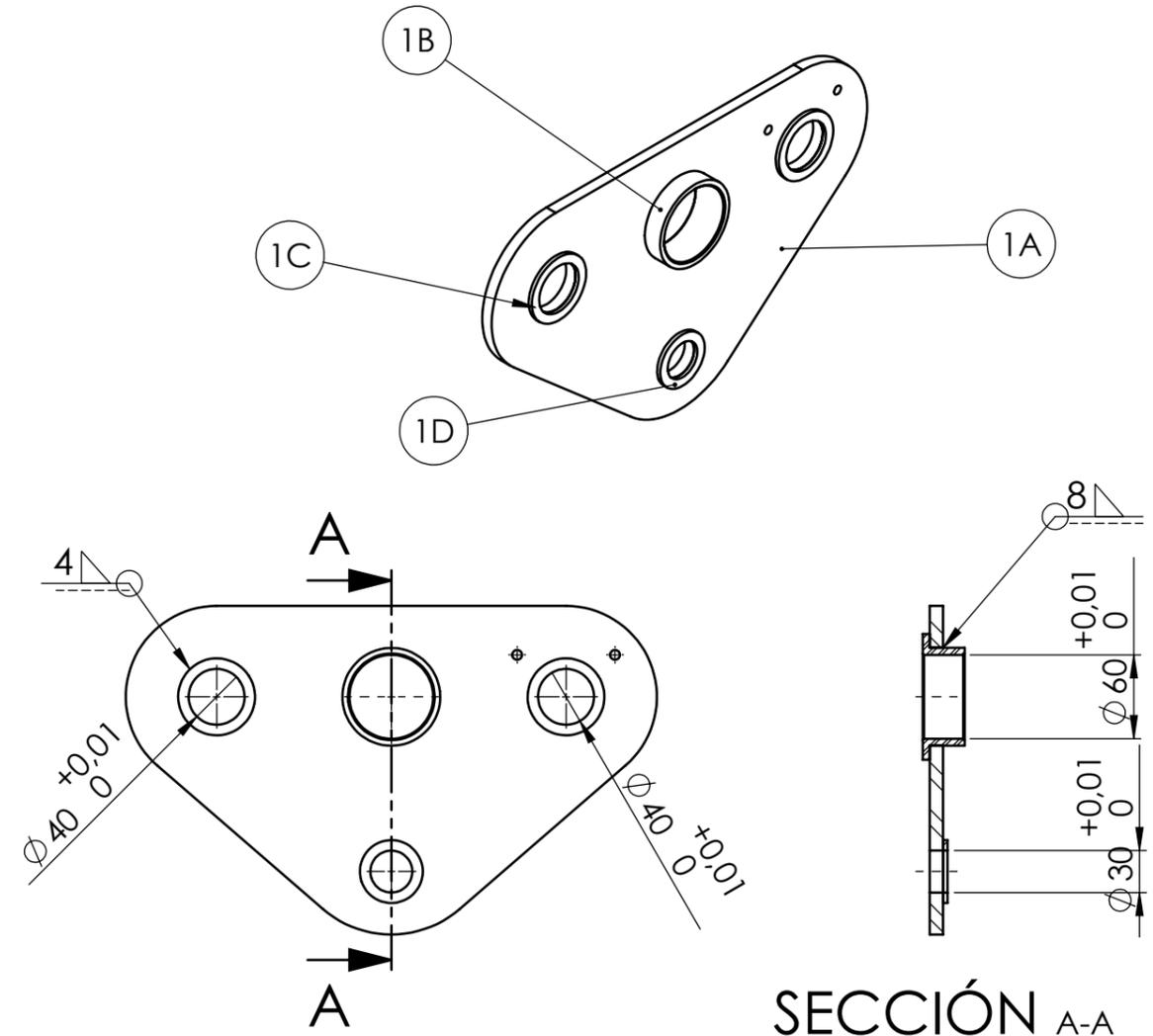
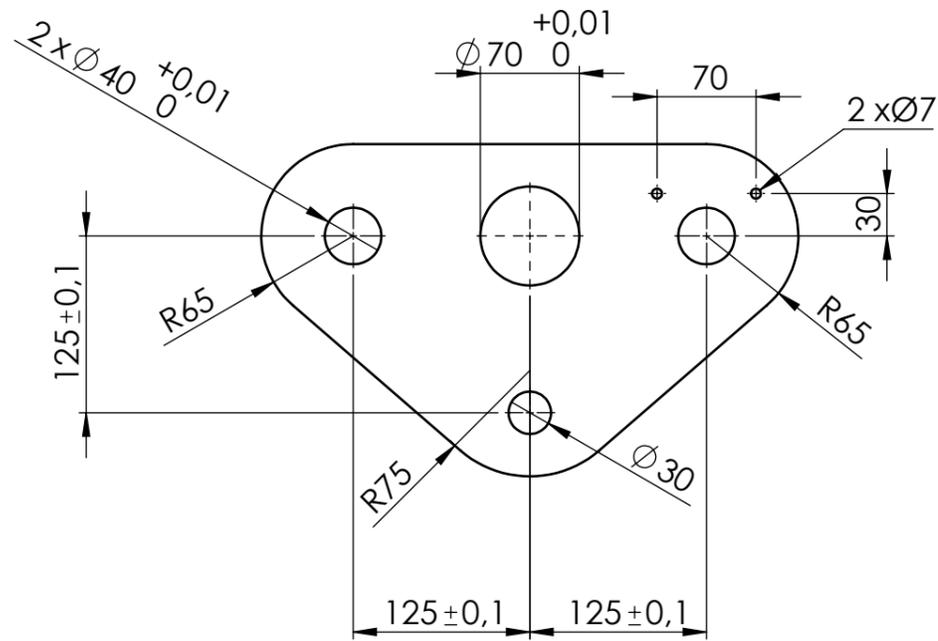
POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIONES
ALMADA EANDI IBARRA MENDEZ	Nombre	Fecha	PROYECTO FINAL INGENIERÍA MECÁNICA	
	Dibujo			
	Revision			
	Aprobado			
	Escala 1:5	TREN DE RUEDAS		Plano N°: T2021-10-30-00
	Formato A3			5° 01 IM
				2021



Material: F24
 Espesor: 5/16"
 Tratamiento Superficial: Galvanizado en caliente

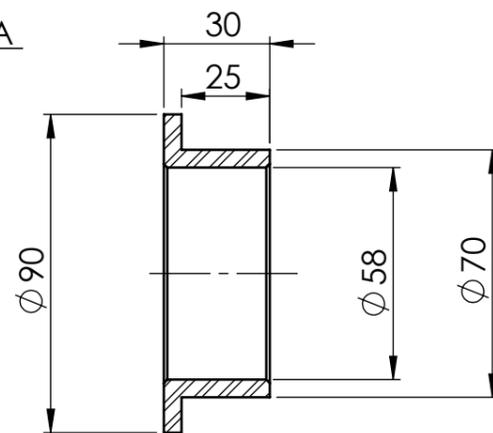
ALMADA EANDI IBARRA MENDEZ		Nombre	Fecha	PROYECTO FINAL INGENIERÍA MECÁNICA	UTN - FRRO
	Dibujo				
	Revision				
	Aprobado				
	Escala 1 : 1	RETENTOR EJE RUEDA			T2021-10-30-01
					5° 01 IM
	Formato A4				2021

PLACA DE UNION
Espesor: 3/8"



SECCIÓN A-A

BUJE REFUERZO PLACA

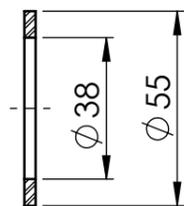


ESCALA 1 : 2

NOTAS:

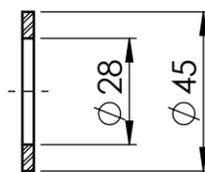
- 1) Mecanizar agujeros tolerados $\varnothing 60$, $\varnothing 40$ y $\varnothing 30$ una vez realizada la soldadura de las piezas.
- 2) Soldaduras según Norma AWS 14.1/D 14.1 M.
- 3) Pintura: - 2 capas de base de Epoxi.
- 2 capas de pintura poliuretánica color RAL 1026.

ARANDELA REFUERZO EJE RUEDAS
Espesor: 1/8"



ESCALA 1 : 2

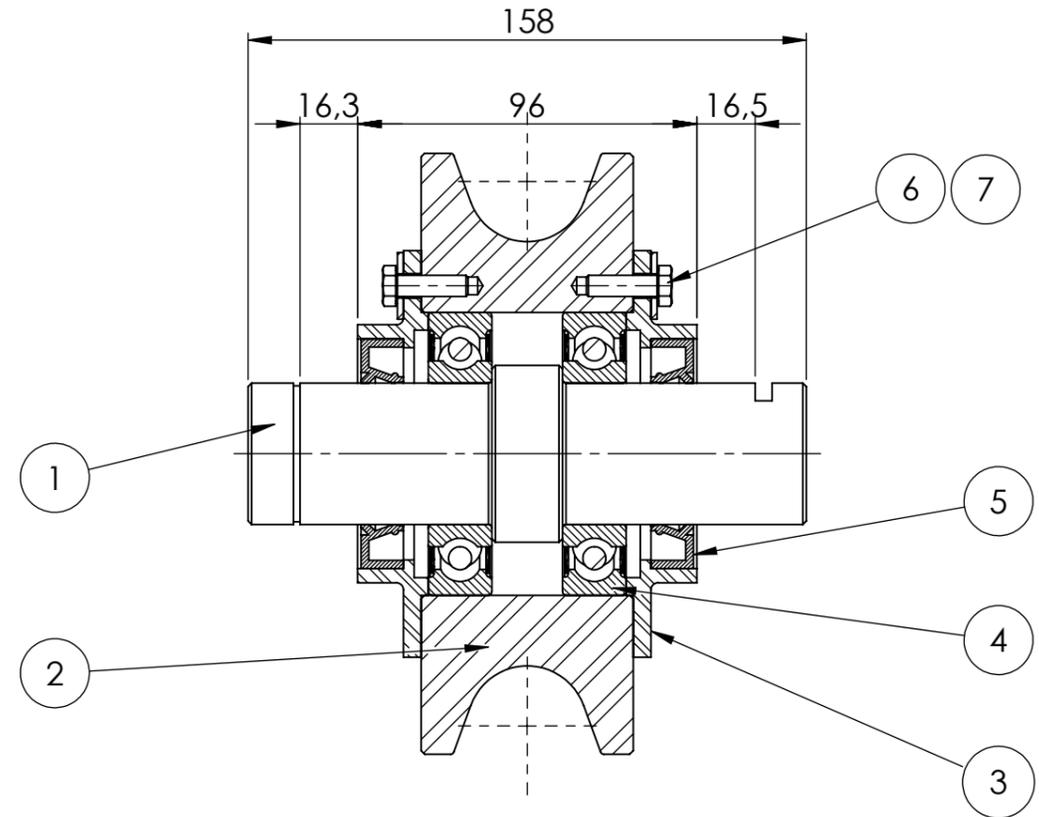
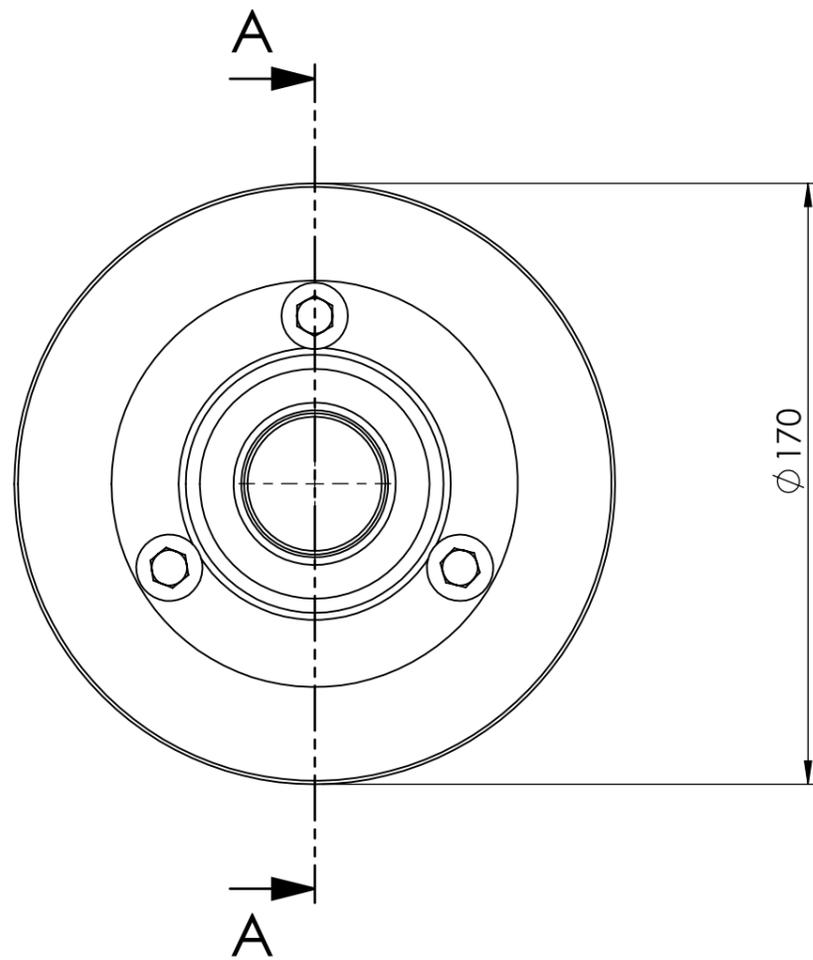
ARANDELA REFUERZO EJE RODILLOS
Espesor: 1/8"



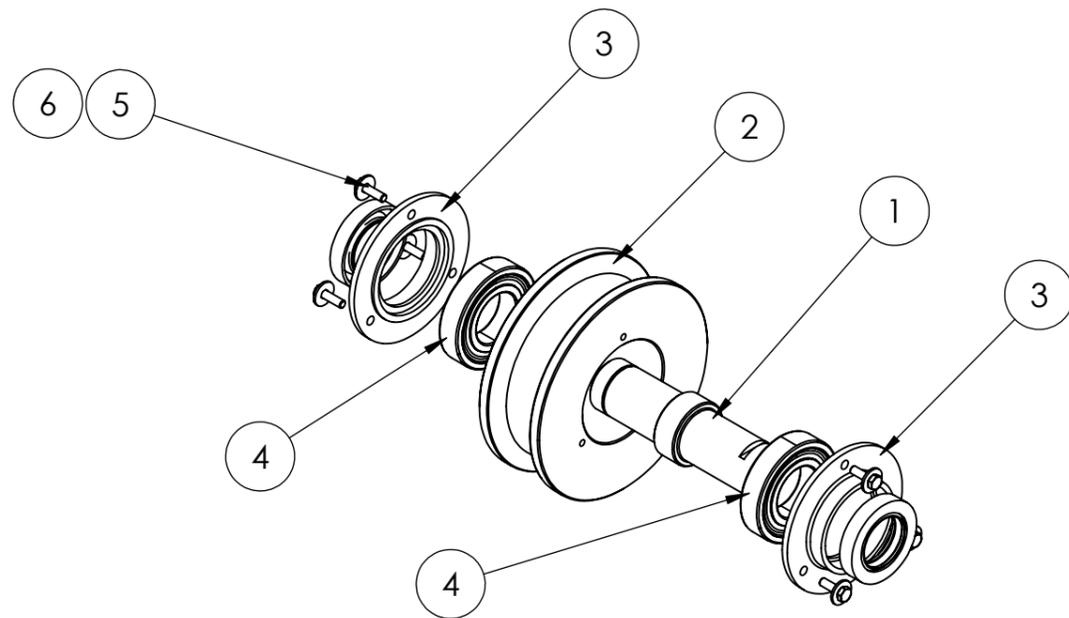
ESCALA 1 : 2

POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIONES
1D	ARANDELA REFUERZO EJE RODILLOS	ACERO F-24	1	Espesor 1/8"
1C	ARANDELA REFUERZO EJE RUEDAS	ACERO F-24	2	Espesor 1/8"
1B	BUJE REFUERZO PLACA	ACERO SAE 1020	1	
1A	PLACA DE UNION	ACERO F-24	1	Espesor 3/8"

		Nombre	Fecha	PROYECTO FINAL	UTN - FRRO
ALMADA EANDI IBARRA MENDEZ	Dibujo				
	Revision				
	Aprobado				
		Subconjunto		SUBCONJUNTO PLACA DE UNION	5° 01 IM
		Formato			2021
		A3			



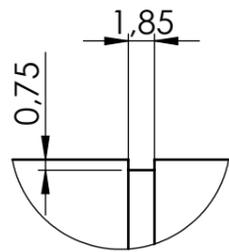
SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 2



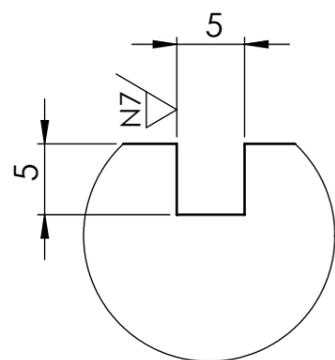
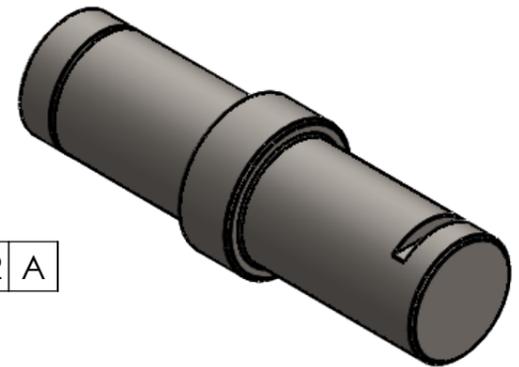
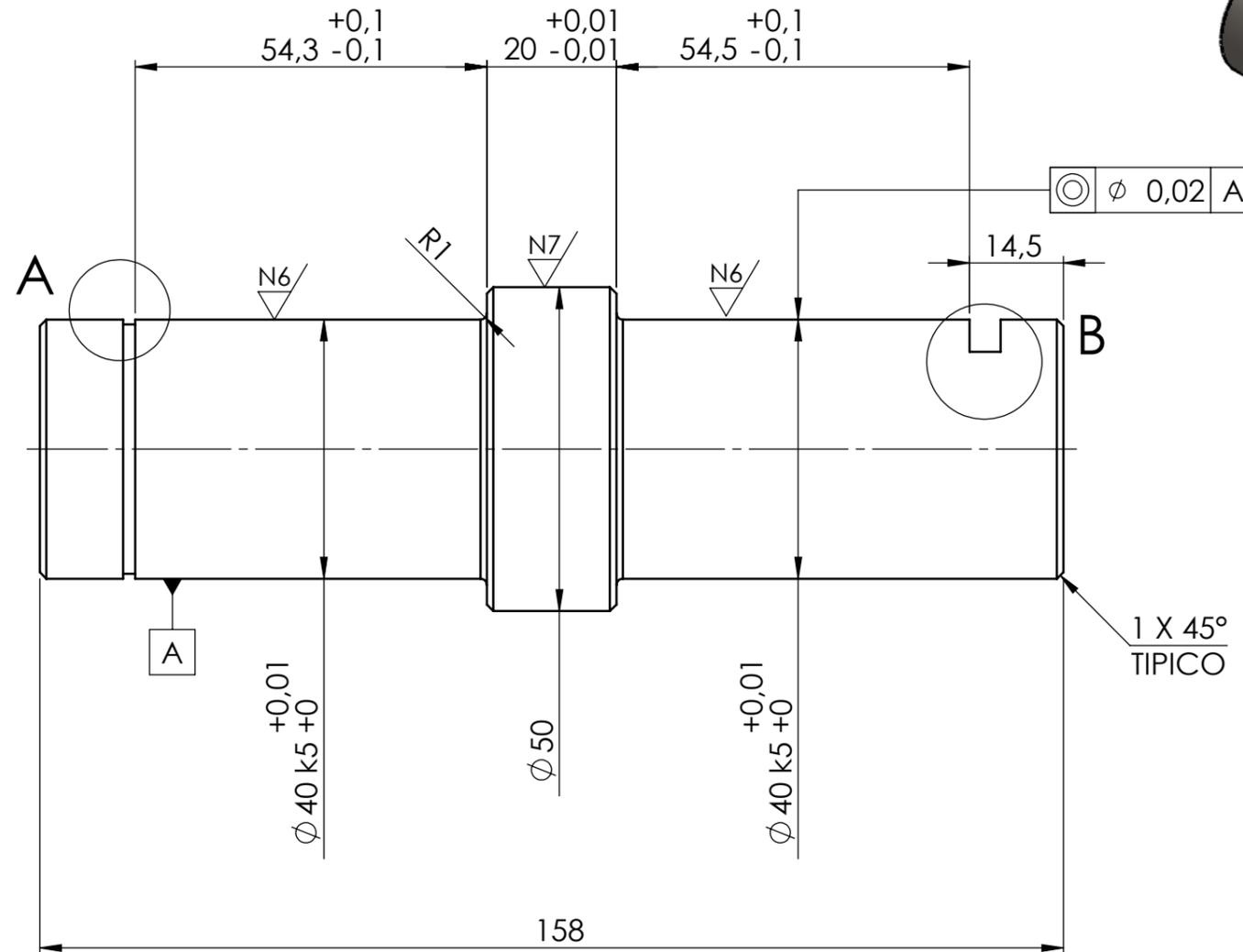
7	ARANDELA PLANA M6	COMERCIAL	6	Galvanizado
6	TORNILLO CAB. HEX. M6x20 - 8.8.	COMERCIAL	6	Galvanizado
5	RETEN	COMERCIAL	2	DBH LX 5553
4	RODAMIENTO RIGIDO DE BOLAS	COMERCIAL	2	SKF 6208 2RS1
3	TAPA RUEDAS	SAE 1020	2	Plano N°: T2021-10-32-03
2	RUEDA	SAE 1040 OQT 400	1	Plano N°: T2021-10-32-02
1	EJE RUEDA	SAE 1040 OQT 400	1	Plano N°: T2021-10-32-01

POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIONES
ALMADA EANDI IBARRA MENDEZ	Nombre	Fecha	PROYECTO FINAL INGENIERÍA MECÁNICA	
	Dibujo			
	Revision			
	Aprobado			UTN - FRRO T2021-10-32-00 5° 01 IM 2021
Escala 2 : 1	CONJUNTO RUEDAS			
Formato A3				

N7/ (N6/)



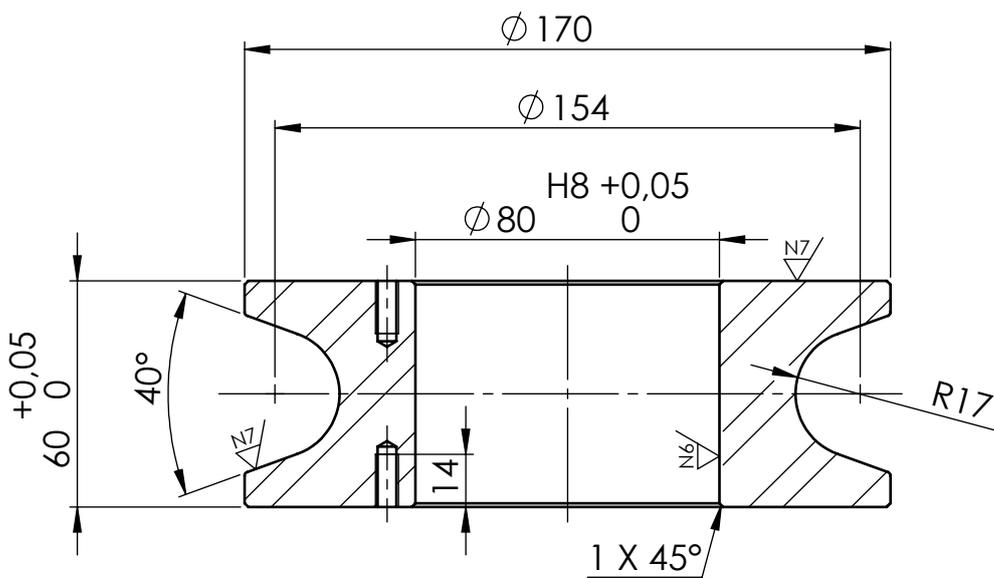
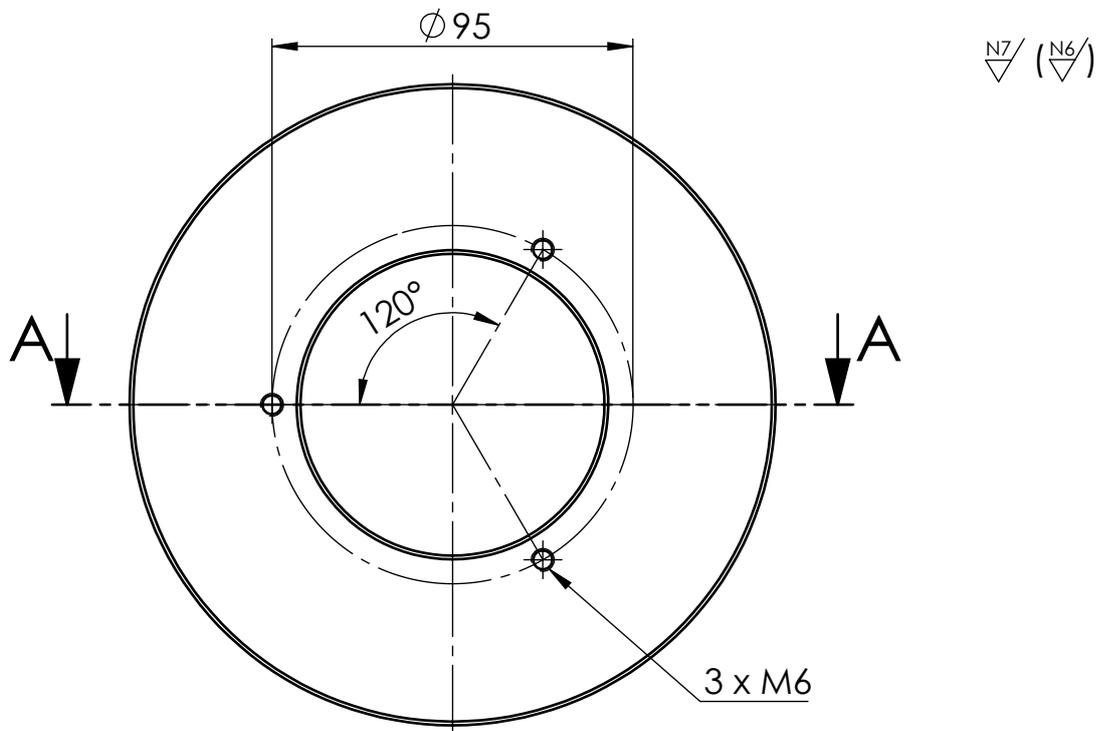
DETALLE A
ESCALA 2:1



DETALLE B
ESCALA 2:1

Material: SAE 1040
Trat. Térmico: Temple y revenido en aceite OQT 400
Dureza: 26 HRC

		Nombre	Fecha	PROYECTO FINAL INGENIERÍA MECÁNICA	UTN - FRRO		
ALMADA EANDI IBARRA MENDEZ	Dibujo					EJE RUEDAS	Plano N°: T2021-10-32-01
	Revisión						
	Aprobado						
	Escala 1:1				5° 01 IM		
	Formato A3				2021		

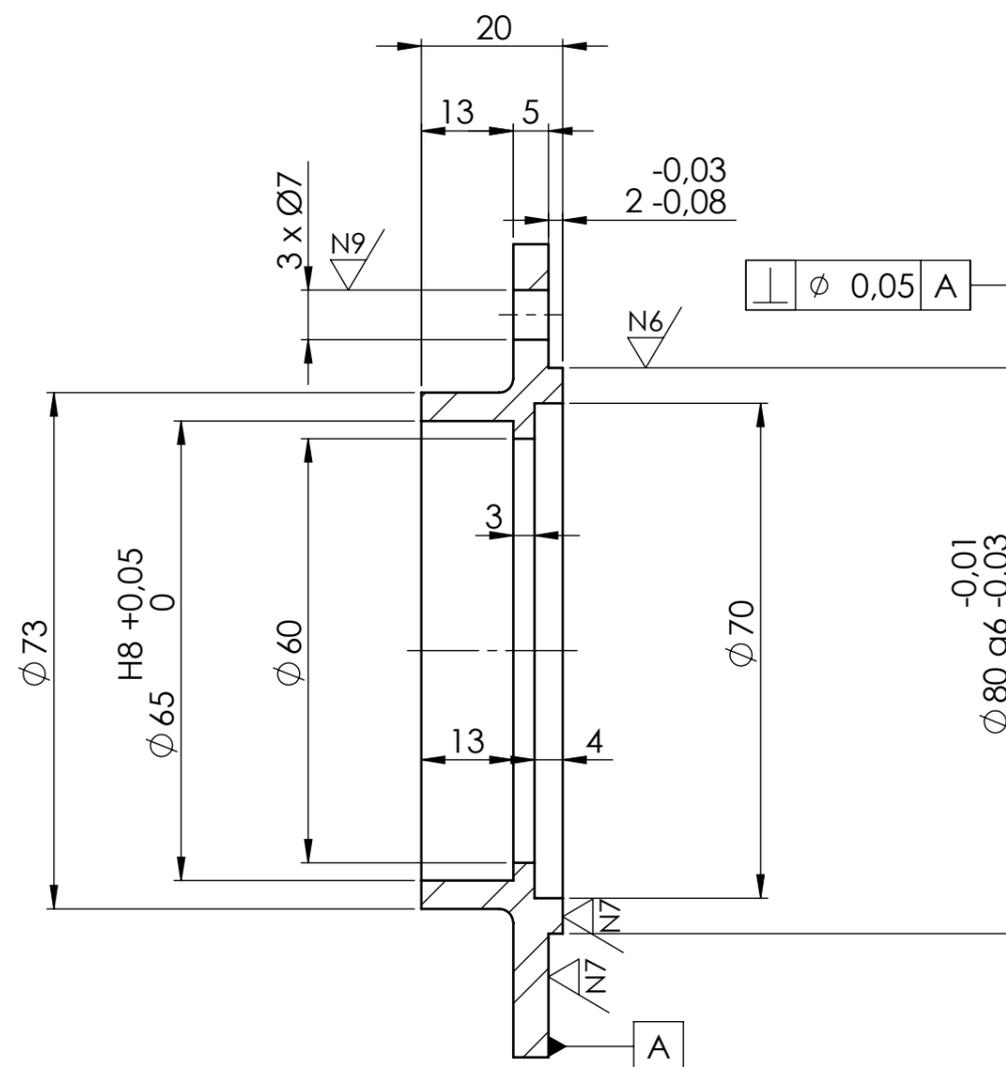
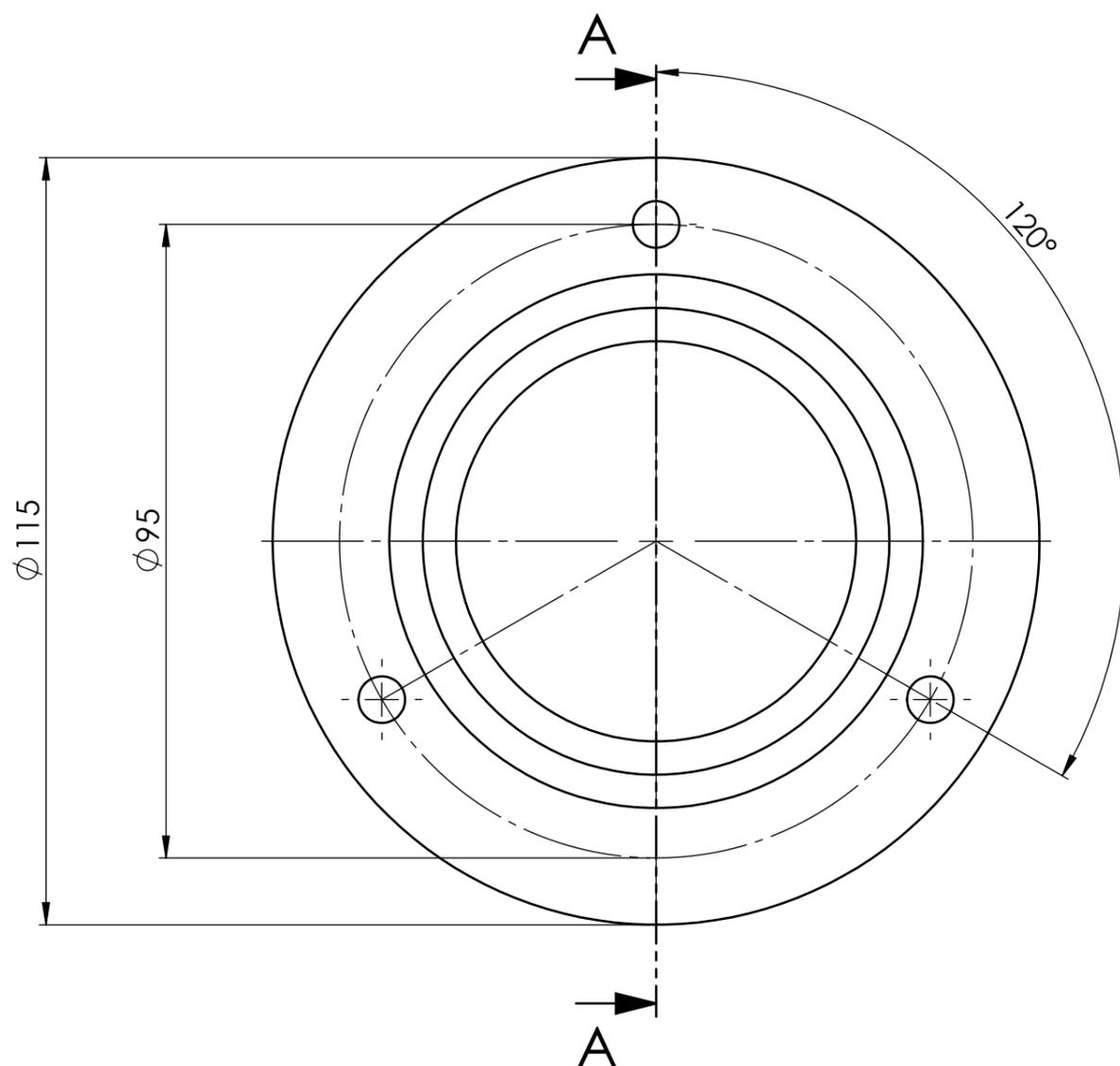


SECCIÓN A-A

Material: SAE 1040
 Tratamiento Térmico: Temple y revenido OQT 400
 Tratamiento Superficial: Galvanizado

ALMADA EANDI IBARRA MENDEZ		Nombre	Fecha	PROYECTO FINAL INGENIERÍA MECÁNICA	UTN - FRRO
	Dibujo				
	Revision				
	Aprobado				
	Escala 1 : 2	RUEDA			T2021-10-32-02
	5° 01 IM				
Formato A4	2021				

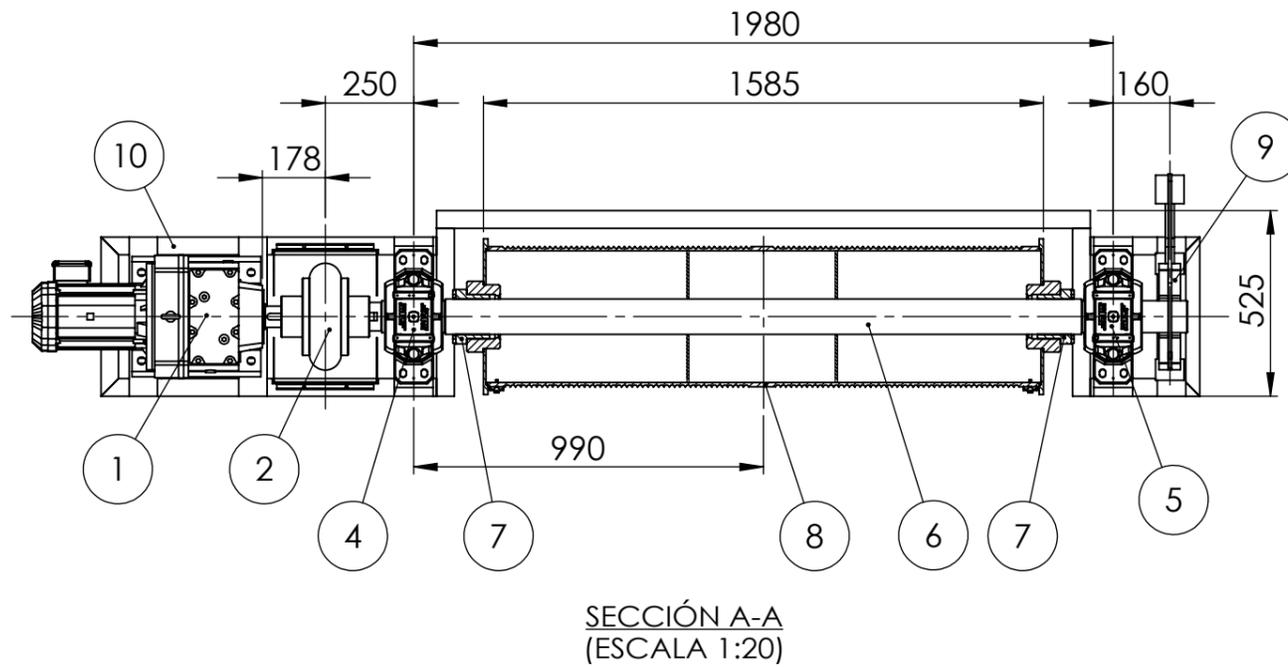
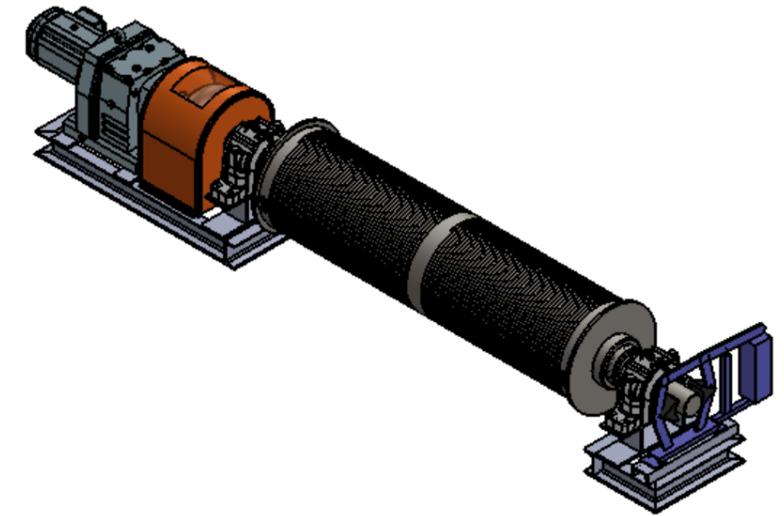
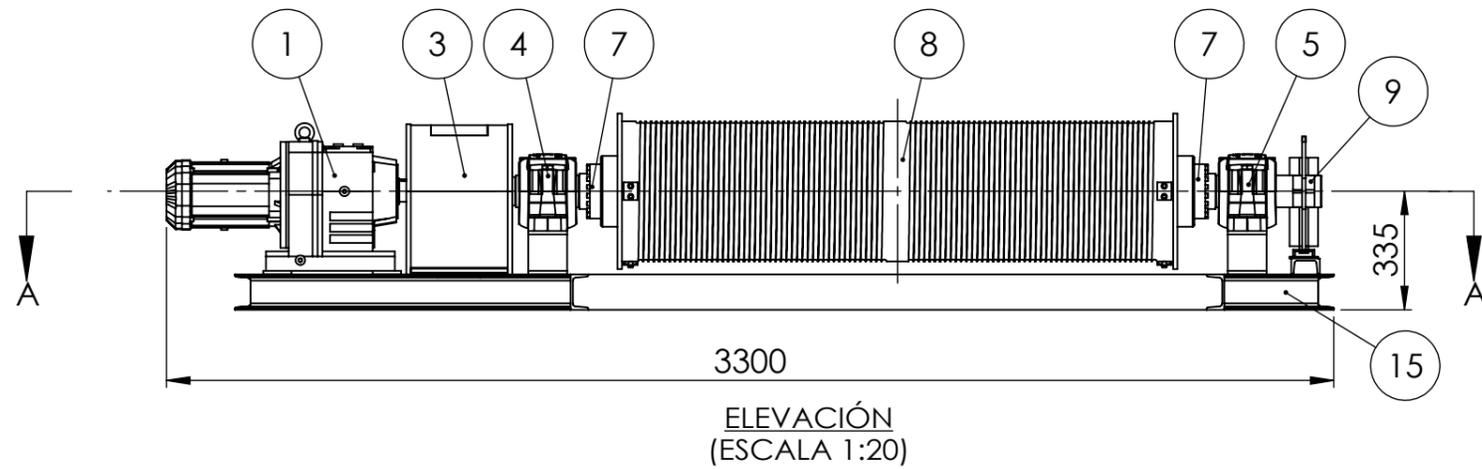
N7/ (N6/ N9/)



SECCIÓN A-A

Material: SAE 1020
 Tratamiento superficial: Galvanizado

ALMADA EANDI IBARRA MENDEZ	Dibujo	Nombre	Fecha	PROYECTO FINAL INGENIERÍA MECÁNICA	UTN - FRRO
	Revision				
	Aprobado				
	Escala 1:1	TAPA RUEDAS			T2021-10-32-03
	Formato A3				5° 01 IM
					2021



10	BANCADA	F-24	1	
9	FRENO ELECTROMAGNÉTICO	COMERCIAL	1	Mt=2000Nm
8	TAMBOR DE ARROLLAMIENTO	SAE 1020	1	D=400MM
7	CONO DE ACOPLÉ	COMERCIAL	2	BLOKEAR BLK 110 D100X125
6	ÁRBOL MOTRIZ	SAE 1040OQT400	1	
5	ROD. DE RODILLOS TOROIDALES + MANGUITO + SOPORTE SNL	COMERCIAL	1	C2220K + H320 + SNL320
4	ROD. RODILLOS A RÓTULA + MANGUITO + SOPORTE	COMERCIAL	1	22220EK + H320 + SNL520
3	PROTECTOR ACOPLÉ ELÁSTICO	SAE 1020	1	
2	ACOPLÉ ELÁSTICO	COMERCIAL	1	GUMMI BR-100
1	MOTORREDUCTOR SEW R97DRN100L4	COMERCIAL	1	P = 3kW ; i = 103,44
POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIONES

ALMADA EANDI IBARRA MENDEZ		Nombre	Fecha	PROYECTO FINAL INGENIERÍA MECÁNICA	UTN - FRRO
	Dibujo				
	Revision				
	Aprobado			CONJUNTO MANDO	T2021-20-00-00
Escala 1 : 20			5° 01 IM		
Formato A3			2021		