

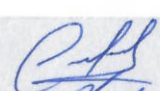




# PROYECTO: “ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS PARA EL DETALLE DE INGENIERÍAS DE LA LÍNEA ROLDÓS – OFELIA”

## Producto 2:

### CAPÍTULO I.1: Informe Ingeniería electromecánica: Trenes de poleas

#### RESPONSABLES:

	NOMBRE	CÉDULA	FIRMA
<b>ELABORADO POR</b>	Ing. Tamara Monar	1721638557	
<b>JEFE DE ÁREA</b>	Ing. Marcelo Carrera	1705277661	
<b>APROBADO POR</b>	Ing. Carlos Baldeón	1704378830	

CÓDIGO: QC-OR-TT-MEC1-MC-001

JUNIO 2016

# Índice

<b>1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA TREN DE POLEAS .....</b>	<b>6</b>
1.1 CARACTERISTICAS GENERALES .....	6
1.2 TIPOLOGIAS DE DISEÑO .....	7
1.2.1 <i>Trenes de poleas a tracción</i> .....	7
1.2.2 <i>Trenes de poleas a compresión</i> .....	8
1.2.3 <i>Trenes de poleas tracción/compresión</i> .....	8
1.3 REQUERIMIENTOS DE LAS NORMAS.....	9
1.3.1 <i>Factores de seguridad</i> .....	10
1.3.2 <i>Cargas de apoyo mínimas</i> .....	10
1.3.3 <i>Poleas</i> .....	11
1.3.4 <i>Rodamientos</i> .....	11
1.3.5 <i>Topes de anti rotación de los balancines</i> .....	11
1.3.6 <i>Antidescarriladores</i> .....	12
1.3.7 <i>Recoge-cables</i> .....	12
1.3.7.1 <i>Acciones debidas al descarrilamiento de un cable en los recoge-cables</i> .....	12
1.3.8 <i>Materiales</i> .....	13
1.4 ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA .....	13
<b>2. MEMORIA DE CÁLCULO DEL SISTEMA TRENES DE POLEAS.....</b>	<b>13</b>
2.1 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE POLEAS.....	13
2.1.1 <i>Angulo de corrección</i> .....	14
2.1.2 <i>Número de poleas</i> .....	15
2.1.3 <i>Ejemplo de cálculo</i> .....	15
2.1.3.1 <i>Cálculo del ángulo de corrección</i> .....	15
2.1.3.2 <i>Cálculo del ángulo corregido por cada polea (<math>\alpha</math> 1)</i> .....	16
2.1.3.3 <i>Cálculo del número de poleas</i> .....	17
2.2 CARGAS DE DISEÑO .....	20
2.2.1 <i>Análisis con un incremento de la tensión máxima del 40%</i> .....	21
2.2.2 <i>Para una reducción de la tensión mínima de un 20%</i> .....	22
2.3 DIMENSIONAMIENTO DE EJES Y CAMISAS.....	25
2.3.1 <i>Ejes soporte Poleas</i> .....	25
2.3.2 <i>Ejes soporte de Balancines</i> .....	28
2.3.3 <i>Ejes soporte de la estructura</i> .....	29
2.3.4 <i>Cálculos de ejes para cada tipo de tren de poleas</i> .....	30

2.4	SELECCIÓN DE RODAMIENTOS .....	33
2.4.1	<i>Carga radial sobre el rodamiento</i> .....	33
2.4.1.1	Para las poleas de tracción $\phi = 550\text{mm}$ .....	34
2.4.1.2	Para las poleas de compresión $\phi = 420\text{mm}$ .....	34
2.4.2	<i>Carga dinámica equivalente</i> .....	34
2.4.3	<i>Calculo de las RPM</i> .....	35
2.4.3.1	Para las poleas de tracción $\phi = 550\text{mm}$ .....	35
2.4.3.2	Para las poleas de compresión $\phi = 420\text{mm}$ .....	35
2.4.4	<i>Carga dinámica para la selección</i> .....	36
2.4.4.1	Para las poleas de tracción $\phi = 550\text{mm}$ .....	36
2.4.4.2	Para las poleas de compresión $\phi = 420\text{mm}$ .....	36
2.4.5	<i>Selección del rodamiento</i> .....	36
2.5	DISEÑO DE POLEAS .....	38
2.5.1	<i>Diseño de la polea <math>\phi = 550\text{ mm}</math></i> .....	38
2.5.2	<i>Diseño de la polea <math>\phi = 420\text{ mm}</math></i> .....	39
2.6	DISEÑO DE SISTEMAS DE SEGURIDAD Y ANTIDESCARRILAMIENTO .....	39
2.6.1	<i>Antidescarriladores</i> .....	39
2.6.2	<i>Recoge cables</i> .....	40
2.6.3	<i>Topes de seguridad</i> .....	42
3.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS .....	43
4.	NORMAS CONSULTADAS .....	93
5.	ANEXOS .....	94

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura TP 1.1 Esquema general del sistema.....	6
Figura TP 1.2 Tren de poleas a tracción .....	8
Figura TP 1.3 Trenes de poleas a compresión.....	8
Figura TP 1.4 Trenes de poleas tracción/compresión .....	9
Figura TP 2.1 Ángulo de corrección .....	13
Figura TP 2.2 Ángulo de corrección por poleas .....	14
Figura TP 2.3 Ángulos formados por el cable después de varias simulaciones. ....	15
Figura TP 2.4 Cálculo de la rueda imaginaria. ....	17
Figura TP 2.5 Diagrama de la aplicación de la carga .....	25
Figura TP 2.6 Dimensiones del rodamiento. ....	37



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla TP 1.1 Resumen de la tipología de los balancines .....	9
Tabla TP 2.1 Cálculo del ángulo de corrección .....	16
Tabla TP 2.2 Resumen de los Radios de las ruedas imaginarias que se forman .....	17
Tabla TP 2.3 Resumen de los diámetros de las poleas.....	17
Tabla TP 2.4 Resumen cálculo del número de poleas .....	18
Tabla TP 2.5 Resumen de la codificación de los trenes de poleas.....	19
Tabla TP 2.6 Carga máxima que soportan los trenes de poleas a tracción .....	21
Tabla TP 2.7 Carga máxima que soportan los trenes de poleas a compresión .....	22
Tabla TP 2.8 Carga máxima que soportan los trenes de poleas a tracción/compresión .....	22
Tabla TP 2.9 Carga máxima que soportan los trenes de poleas a tracción .....	23
Tabla TP 2.10 Carga máxima que soportan los trenes de poleas a compresión .....	23
Tabla TP 2.11 Carga máxima que soportan los trenes de poleas a tracción/compresión .....	24
Tabla TP 2.12 Cargas de diseño máximas que se aplican sobre cada polea.....	24
Tabla TP 2.13 Propiedades del acero AISI 410 .....	31

# 1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA TREN DE POLEAS

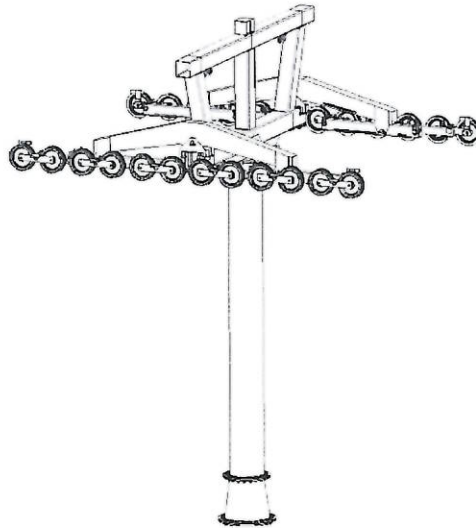


Figura TP 1.1 Esquema general del sistema

## 1.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

El tren de poleas es uno de los sistemas principales que constituyen un teleférico monocable, con cable portador-tractor. El tren de poleas también es conocido como balancín o tren de rodillos. La función de los trenes de poleas es dirigir y apoyar el cable tractor-portador a lo largo de la línea, los balancines permiten también, el cambio de dirección del cable de forma suave para evitar el fatigamiento del cable por flexión. Está compuesto por elementos móviles denominados poleas para soportar el peso del cable y las cabinas en movimiento. Los balancines están formados por grupos de dos poleas, dependiendo de las necesidades se tienen balancines de 4, 6, 8, 10 y 12 poleas.

Idealmente el tren de poleas constituye un arco de circunferencia de una rueda imaginaria sobre la cual se apoya el cable, esta rueda es remplazada por el conjunto de poleas que se acoplan a un pivote. Este pivote permite que las poleas se alineen en función de la carga presente sobre el tren de poleas.

La seguridad en este sistema es de prioridad debido a que, una falla o descarrilamiento del cable podría ocasionar graves daños en los usuarios. Los trenes están provistos de elementos que aseguran la recuperación del cable y detectan rotura o descarrilamiento.

## 1.2 TIPOLOGIAS DE DISEÑO

Los trenes de poleas se categorizaron en tres tipos diferentes, que se ajustan a los requerimientos de relieve y trazado de la línea Ofelia Roldós.

Tomando en consideración las simulaciones del cable realizadas y entregadas en el capítulo F del presente estudio, se encontró que es necesario el diseño de trenes de poleas que soporten: cargas a tracción, se les denomina *trenes de poleas a tracción*, cargas a compresión, se les denomina *trenes de poleas a compresión*. Para zonas en las que se consigue diferente tipo de carga aplicada (tracción o compresión) dependiendo de los cambios en la tensión del cable y la capacidad de los vehículos, se coloca trenes de poleas mixtos que trabajan a tracción y compresión simultáneamente. Estos se lo denominan *trenes de poleas a tracción-compresión*.

### 1.2.1 Trenes de poleas a tracción

En este sistema el cable pasa por encima de las poleas. Se lo denomina de tracción o apoyo debido a que las cargas que soportan los balancines están dirigidas hacia abajo como se indica en la siguiente figura.

En reacción a la carga aplicada por el cable, las poleas generan una carga opuesta que tensiona a la piona.

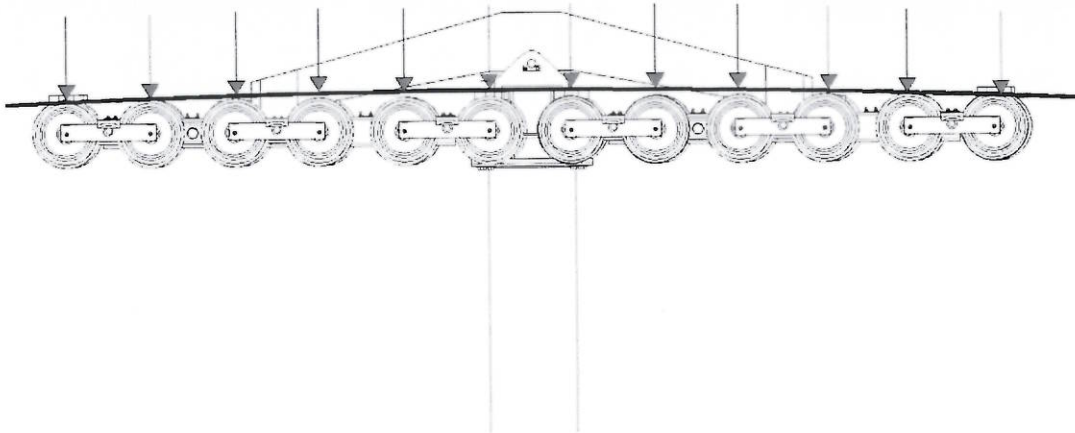


Figura TP 1.2 Tren de poleas a tracción

### 1.2.2 Trenes de poleas a compresión

En este sistema, el cable pasa por debajo de las poleas provocando una carga vertical orientada hacia arriba como se observa en la figura a continuación.

Se denomina tren de polea a compresión debido a que, el balancín en reacción a la carga aplicada por el cable, ejerce una fuerza de compresión que detiene el levantamiento de este.

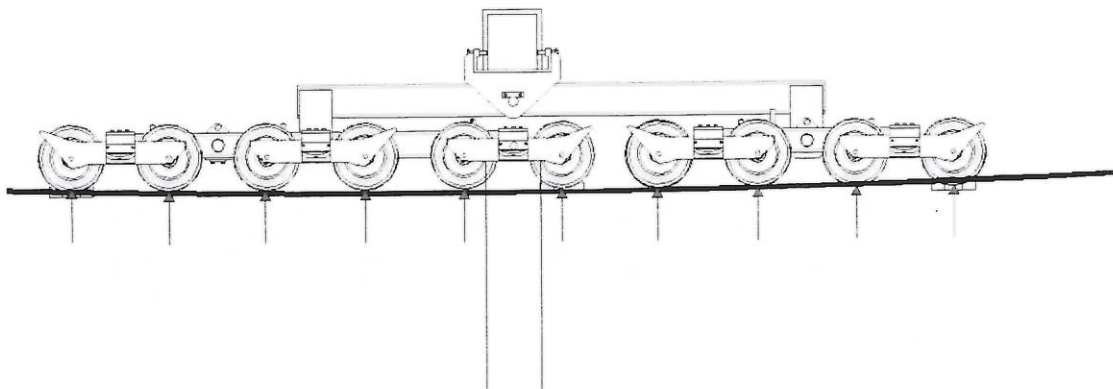


Figura TP 1.3 Trenes de poleas a compresión

### 1.2.3 Trenes de poleas tracción/compresión

Estos trenes de polea se colocan generalmente en lugares donde las fuerzas que se producen pueden variar dependiendo de las condiciones de carga, los balancines trabajan en algunos momentos a compresión y otros a tracción.



Los trenes mixtos aseguran el continuo Guiado del cable y evitan que este se separe de las poleas en cualquier condición extrema de funcionamiento.

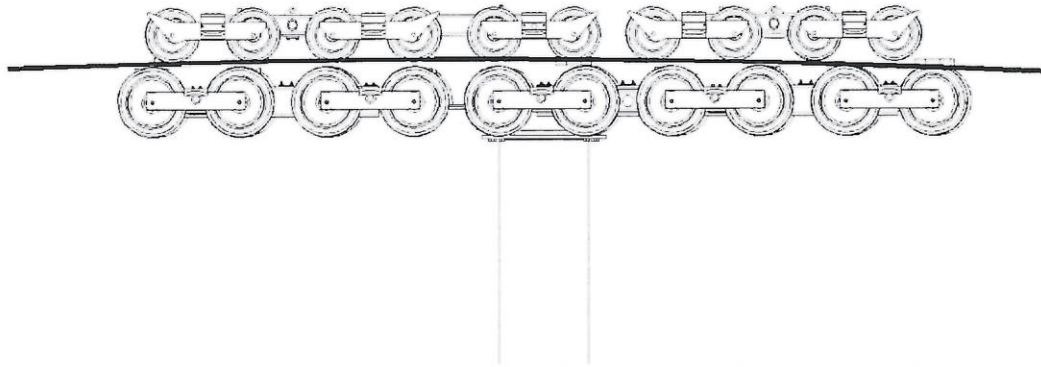


Figura TP 1.4 Trenes de poleas tracción/compresión

Tabla TP 1.1 Resumen de la tipología de los balancines

TIPOLOGÍA	Número de Pilona
Trenes de poleas a tracción	P02,P03,P04,P05,P06,P07,P10,P11,P12,P13,P14, P15,P16, P18, P21, P22,P23,P24, P25, P27,
Trenes de poleas a compresión	P01, P08, P09, P19 P20
Trenes de poleas a tracción/ compresión	P17,P26,P28
TIPOLOGÍA	Estaciones
Trenes de poleas a tracción	Ofelia, Mariscal, Colinas del Norte y Roldós

### 1.3 REQUERIMIENTOS DE LAS NORMAS

Para el diseño del tren de poleas se consideró normas europeas destinadas al diseño y construcción de transportes por cable, que se muestran a continuación:

- UNE-EN 13223, Requisitos de seguridad de las instalaciones de transporte por cable destinadas a personas Sistemas de accionamiento y otros equipos mecánicos
- UNE-EN 12930, Requisitos de seguridad de las instalaciones de transporte por cable destinadas a personas. Cálculos
- UNE-EN-12929-1 Requisitos de seguridad de las instalaciones de transporte por cable destinadas a personas. Requisitos generales. Parte 1: Requisitos aplicables a todas las instalaciones.

“Los trenes de rodillos deben regularse de manera que el cable portador tractor se encuentra, en la medida de lo posible, en el medio de la garganta”. [1]

### 1.3.1 Factores de seguridad

- Se deben respetar los coeficientes de seguridad mínimos respecto al límite elástico definidos a continuación:

Factores de seguridad	
La carga máxima del cable sobre los rodillos, en movimiento uniforme	3,5
La carga máxima y fuerza de rozamiento del cable con movimiento uniforme en los recoge-cables con un coeficiente de rozamiento de 0,2:	1,5

Fuente: [2]

### 1.3.2 Cargas de apoyo mínimas

- Los apoyos de los cables (trenes de rodillos) en la línea deben diseñarse de manera que las fuerzas de apoyo sean suficientes para asegurar el Guiado lateral de los cables e impedir que se levanten de manera imprevista. [3]
- Cuando el cable portador-tractor tiene un movimiento uniforme, la carga mínima de los rodillos debe ser al menos de 500 N y corresponder a la fórmula siguiente:

$$A \geq 500 + 50 [d - (D1 - D2)]$$

Fuente: [3]

- La carga del cable se debe repartir uniformemente sobre los rodillos, en la medida de lo posible. [2]
- El cable portador-tractor no se debe levantar de los soportes en apoyo cuando la fuerza de tensión máxima en el cable se incrementa un 40% en los vanos adyacentes. [3]
- El cable portador-tractor no se debe descolgar de los soportes en compresión cuando la fuerza de tensión mínima en el cable se reduce un 20% y se produce un aumento simultáneo del 25% de la carga de los vehículos en los vanos adyacentes. [3]

### 1.3.3 Poleas

- La superficie de apoyo del cable debe estar formado por un revestimiento blando que no dañe al cable (módulo de elasticidad no superior a 5 000 N/mm<sup>2</sup>). [4]
- La profundidad total de la garganta de los rodillos para cables portadores-tractores debe ser, por lo menos, igual a un tercio del diámetro del cable, con un mínimo de 10 mm. [4]

### 1.3.4 Rodamientos

- Los rodamientos se deben dimensionar y calcular para una duración de vida de mínimo de 25 000 h. [5]

### 1.3.5 Topes de anti rotación de los balancines

- La rotación de los balancines se debe limitar cuando el cable escapa después de descarrilar hasta el primer o último recoge-cables. [2]
- El tren de rodillos y el dispositivo que limita la rotación de los balancines deben poder resistir los esfuerzos que resulten. [2]



### 1.3.6 Antidescarriladores

- El antidescarrilador se debe diseñar de forma que se impida el enganche de las pinzas o el atasco del cable.
- La distancia entre el antidescarrilador y el ala del rodillo debe ser inferior a 1/4 del diámetro del cable y no mayor de 8 mm.
- El antidescarrilador debe ser capaz de soportar una fuerza de 5 kN paralela al eje del rodillo. [5]

### 1.3.7 Recoge-cables

- Los trenes de rodillos se deben equipar con recoge-cables para recuperar el cable portador-tractor si descarrila hacia el exterior.
- Los recoge-cables deben estar concebidos de manera que:
  - Permitan el paso de las pinzas asegurando el buen Guiado del cable a la entrada y la buena posición de este último en el dispositivo, con independencia de los movimientos del tren de rodillos.
  - La profundidad de su garganta debe ser, como mínimo, igual a 1/2 del diámetro del cable. [6]

#### *1.3.7.1 Acciones debidas al descarrilamiento de un cable en los recoge-cables*

- En explotación, a un descarrilamiento del cable en uno de los lados sobre el recoge-cables se le debe suponer el rozamiento del cable con el recoge-cables, por lo cual entre el cable y el recoge-cables se debe tener en cuenta un coeficiente de rozamiento de 0,20: el valor de cálculo debe ser 1,3 veces el valor de la carga de apoyo máxima del cable resultante del cálculo del perfil longitudinal. [7]
- Fuera de explotación, a un descarrilamiento del cable en uno de los lados sobre el recoge-cables se le debe suponer: el valor de cálculo debe ser 1,3 veces el valor de la carga de apoyo máxima del cable resultante del cálculo del perfil longitudinal. [7]



### 1.3.8 Materiales

Los materiales para teleféricos y sus elementos se deben adaptar a las funciones que se realizan teniendo en cuenta las condiciones de puesta en obra y de utilización, y en particular a las solicitaciones a las que están sometidos. [8]

## 1.4 ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA

ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA	
Número de Pilonas	28
Velocidad máx del sistema	5 m/s
Diámetro del cable	54 mm

## 2. MEMORIA DE CÁLCULO DEL SISTEMA TRENES DE POLEAS

### 2.1 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE POLEAS

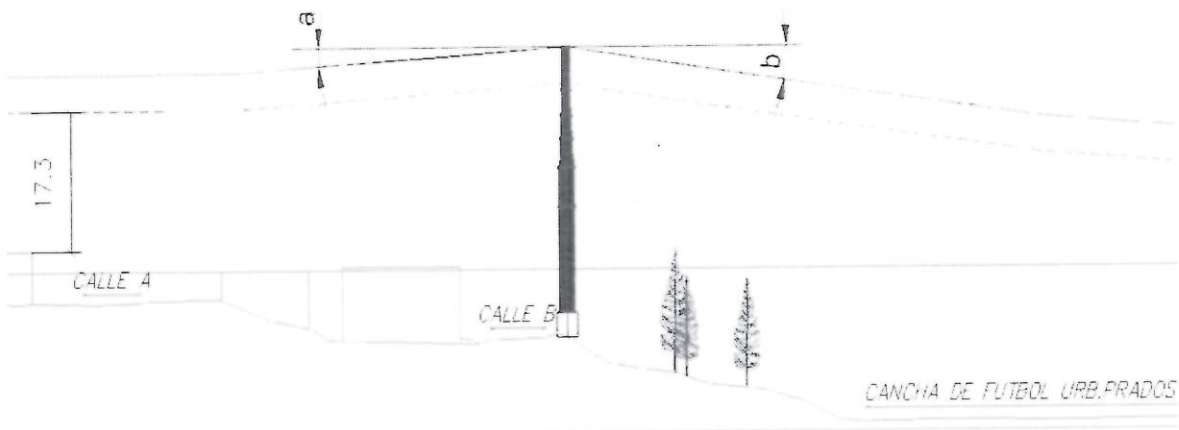


Figura TP 2 1 Ángulo de corrección

En la figura TP 2.1 se observa que en cada tramo definido por dos torres, la catenaria del cable forma un ángulo de llegada (a) y uno de salida (b).

### 2.1.1 Angulo de corrección

$$\alpha_{\text{correc}} = a + b \text{ [rad]}$$

Para el cálculo es necesario determinar la longitud mínima que ocupa el tren de poleas como se indica en la siguiente figura está en función del radio de la rueda imaginaria y el ángulo de corrección:

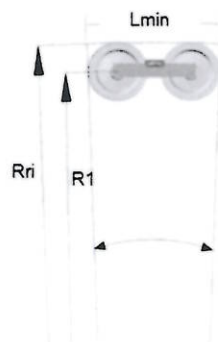


Figura TP 2.2 Ángulo de corrección por poleas

$$L_{\text{min}} = R_{ri} \times \alpha$$

Donde:

$L_{\text{min}}$ : Longitud mínima del tren de poleas

$R_{ri}$ : Radio de la rueda imaginaria

$\alpha_{\text{correc}}$ : Ángulo de corrección

Cada polea que forma parte del grupo de balancines tiene como objetivo corregir una fracción del ángulo total, por tanto se realiza el siguiente análisis:

$$L_2 = \alpha_2 \times R_1$$

$$R_1 = R_{ri} - R_p$$

Donde:

$L_2$ : Longitud del arco ocupado por dos poleas.

$R_p$ : Radio de la polea

$\alpha_2$ : Ángulo corregido por dos poleas

De esto se tiene que:

$$\alpha_2 = \frac{L_2}{Rri - R_p} [rad]$$

De la figura se puede realizar la suposición de que:

$$L_2 \cong 4R_p$$

Por lo tanto el ángulo de corrección para 2 poleas es:

$$\alpha_2 = \frac{4R_p}{Rri - R_p} [rad]$$

Para una polea el ángulo de corrección es igual a:

$$\alpha_1 = \frac{2R_p}{Rri - R_p} [rad]$$

## 2.1.2 Número de poleas

El número de poleas se determina en base a la siguiente expresión:

$$N_p = \frac{\alpha_{correc}}{\alpha_1}$$

Donde:

$N_p$ : Número de poleas

## 2.1.3 Ejemplo de cálculo

### 2.1.3.1 *Cálculo del ángulo de corrección*

A continuación se muestra el cálculo del ángulo de corrección, en función del ángulo de entrada y salida. Estos ángulos se forman en cada torre por acción de la caída de la catenaria a diferentes estados de carga. Con ayuda de las simulaciones del trazado de la línea Ofelia Roldós entregada en el capítulo F del producto 1, se realizó la medida de cada ángulo de entrada y salida de todas la pilonas y se obtuvo la siguiente información:

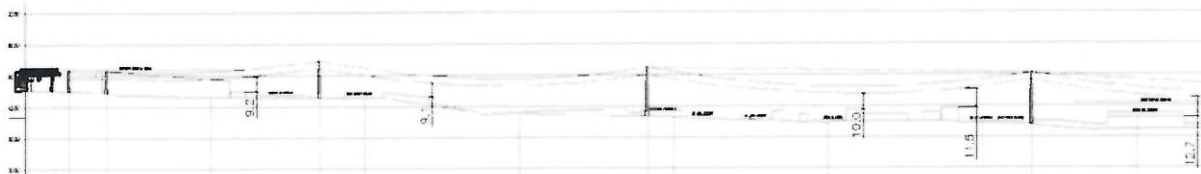


Figura TP 2.3 Ángulos formados por el cable después de varias simulaciones.

Este plano se presenta en el capítulo F con el siguiente código QC-OR-TT-MEC1-PL-100

Tabla TP 2.1 Cálculo del ángulo de corrección

Pilona	a	b	$\alpha$ correc [°]
P1	5	1,32	6
P2	2,15	1,86	4
P3	7,07	8,65	16
P4	7,07	8,65	16
P5	7,12	9,38	17
P6	1,97	6,72	9
P7	3,15	14,04	17
P8	7,25	1,57	9
P9	2,36	4,02	6
P10	7,61	1,17	9
P11	5,12	5,26	10
P12	12,32	4,16	16
P13	9,62	6,23	16
P14	7,47	7,35	15
P15	8,07	3,29	11
P16	4,18	8,37	13
P17	7,09	3,46	11
P18	10,48	4,14	15
P19	1,57	6,92	8
P20	4,27	5,16	9
P21	6,35	1,15	8
P22	6,08	4,3	10
P23	10,18	7,17	17
P24	12,68	7,64	20
P25	3,98	12,62	17
P26	3,02	6,68	10
P27	9,97	7,17	17
P28	0,55	5	6

### 2.1.3.2 Cálculo del ángulo corregido por cada polea ( $\alpha_1$ )

Para determinar el ángulo corregido por cada polea mediante la ecuación antes descrita es necesario determinar un diámetro de poleas que cumplan con los requerimientos y cuyo ángulo de corrección no sea mayor al indicado en la sección de este informe.

El radio de la rueda imaginaria se obtiene mediante un método gráfico utilizando las catenarias del cable obtenidas de la simulación del trazado y con ayuda del programa AutoCAD se determinan el radio de la rueda imaginaria.



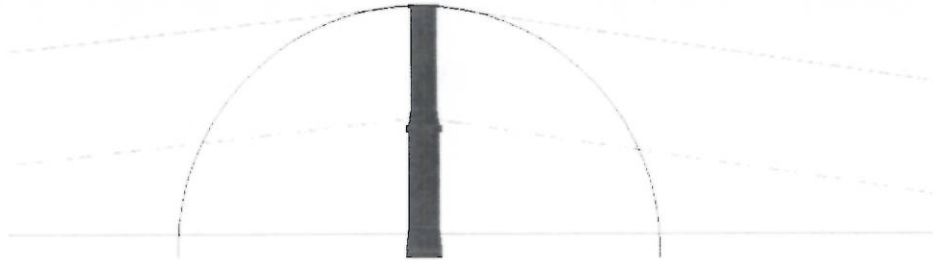


Figura TP 2.4 Cálculo de la rueda imaginaria.

Tabla TP 2.2 Resumen de los Radios de las ruedas imaginarias que se forman

Tipología	Rri (m)
Trenes de poleas a tracción	9,29
Trenes de poleas a compresión	9,76
Trenes de poleas a compresión/ tracción	9,76/9,29

Después de varias iteraciones se determinó que los siguientes diámetros de poleas son los adecuados para las diferentes tipologías.

Tabla TP 2.3 Resumen de los diámetros de las poleas

Tipología	R polea	D polea	$(\alpha_1)$ [rad]	$(\alpha_1)$ [°]
Trenes de poleas a tracción	275	550	0,061	3.5
Trenes de poleas a compresión	210	420	0,044	2,5
Trenes de poleas a	210	420	0,044	2,5
tracción/compresión	275	550	0,061	3.5

### 2.1.3.3 Cálculo del número de poleas

Para el cálculo del número de poleas se utiliza el ángulo de corrección calculado en la sección 2.1.3.1 con un factor de seguridad de 2.

Tabla TP 2.4 Resumen cálculo del número de poleas

Pilona	$\alpha 1$ [rad]	$\alpha$ correc [°]	$\alpha$ correc [rad]	Factor de seguridad	Np	Np diseño
1	0,044	6	0,105	0,209	4,76	12
2	0,061	7	0,122	0,244	4,01	10
3	0,061	16	0,279	0,559	9,16	10
4	0,061	16	0,279	0,559	9,16	10
5	0,061	17	0,297	0,593	9,73	10
6	0,061	9	0,157	0,314	5,15	6
7	0,061	17	0,297	0,593	9,73	10
8	0,044	9	0,157	0,314	7,14	8
9	0,044	6	0,105	0,209	4,76	6
10	0,061	9	0,157	0,314	5,15	6
11	0,061	10	0,175	0,349	5,72	6
12	0,061	16	0,279	0,559	9,16	10
13	0,061	14	0,244	0,489	8,01	8
14	0,061	15	0,262	0,524	8,58	10
15	0,061	11	0,192	0,384	6,29	8
16	0,061	13	0,227	0,454	7,44	8
17	0,044	10	0,175	0,349	7,93	8
	0,061	10	0,175	0,349	5,72	
18	0,061	18	0,314	0,628	10,30	12
19	0,044	12	0,209	0,419	9,52	12
20	0,044	9	0,157	0,314	7,14	10
21	0,061	8	0,140	0,279	4,58	6
22	0,061	10	0,175	0,349	5,72	6
23	0,061	17	0,297	0,593	9,73	10
24	0,061	20	0,349	0,698	11,44	12
25	0,061	14	0,244	0,489	8,01	8
26	0,044	10	0,175	0,349	7,93	8

Pilona	$\alpha$ 1 [rad]	$\alpha$ correc [°]	$\alpha$ correc [rad]	Factor de seguridad	Np	Np diseño
	0,061	10	0,175	0,349	5,72	
<b>27</b>	0,061	17	0,297	0,593	9,73	10
<b>28</b>	0,044	6	0,105	0,209	4,76	8
	0,061	6	0,105	0,209	3,43	

Finalmente determinado el número de poleas, el tamaño y su tipología se muestra a continuación una tabla con la codificación de cada tren de poleas.

Tabla TP 2.5 Resumen de la codificación de los trenes de poleas.

REF. PILONAS	TIPO DE TREN DE POLEAS	CODIFICACIÓN
P01	Tren de 12 poleas a compresión	C12D420
P02	Tren de 12 poleas a tracción	T10D550
P03	Tren de 10 poleas a tracción	T10D550
P04	Tren de 10 poleas a tracción	T10D550
P05	Tren de 10 poleas a tracción	T10D550
P06	Tren de 6 poleas a tracción	T6D550
P07	Tren de 10 poleas a tracción	T10D550
P08	Tren de 12 poleas a compresión	C12D420
P09	Tren de 12 poleas a compresión	C12D420
P10	Tren de 6 poleas a tracción	T6D550
P11	Tren de 6 poleas a tracción	T6D550
P12	Tren de 10 poleas a tracción	T10D550
P13	Tren de 8 poleas a tracción	T8D550
P14	Tren de 10 poleas a tracción	T10D550
P15	Tren de 8 poleas a tracción	T8D550
P16	Tren de 8 poleas a tracción	T8D550
P17	Tren de 8 poleas a tracción y 8 a compresión	C8D420/T8D550
P18	Tren de 12 poleas a tracción	T12D550
P19	Tren de 12 poleas a compresión	C12D420
P20	Tren de 10 poleas a compresión	C10D420
P21	Tren de 6 poleas a tracción	T6D550
P22	Tren de 6 poleas a tracción	T6D550
P23	Tren de 10 poleas a tracción	T10D550
P24	Tren de 12 poleas a tracción	T12D550
P25	Tren de 8 poleas a tracción	T8D550
P26	Tren de 8 poleas a tracción y 8 a compresión	C8D420/T8D550
P27	Tren de 10 poleas a tracción	T10D550
P28	Tren de 8 poleas a tracción y 8 a compresión	C8D420/T8D550



## 2.2 CARGAS DE DISEÑO

La carga que soporta el tren de poleas corresponde a la reacción en el eje z producidas por la tensión del cable cuando se encuentra en funcionamiento el sistema.

Tomando como hipótesis lo señalado en la norma UNE-EN 13223, la carga del cable se reparte uniformemente sobre las poleas. Se tiene la siguiente ecuación:

$$P_p = \frac{P_{max}}{N_p}$$

Donde:

$P_p$ : Carga de cada polea

$P_{max}$ : Carga máxima que soporta el conjunto tren de poleas

Los trenes de poleas deben estar diseñados de tal forma que las fuerzas de apoyo aseguren el Guiado e impidan la separación del cable.

La carga mínima que debe soportar las poleas de un teleférico con cable portado-tractor para evitar su separación del cable se determina mediante la siguiente ecuación.

$$A \geq 500 + 50 [d - (D1 - D2)]$$

Donde:

A: Carga mínima sobre las poleas [N]

d: Diámetro del cable [mm]

D1: Diámetro de la guarnición de revestimiento [mm]

D2: Diámetro exterior de la polea [mm]

Paras las poleas de tracción con un diámetro de polea de 550mm y un diámetro de guarnición de 590mm

$$A = 1200 \text{ N} = 1,2kN$$

Paras las poleas de compresión con un diámetro de polea de 420 mm y un diámetro de guarnición de 458 mm

$$A = 1300 \text{ N} = 1,3kN$$



A continuación se presenta una tabla con las cargas aplicadas sobre el tren de poleas en cada una de las pilonas, a dos estados de carga diferentes:

### 2.2.1 Análisis con un incremento de la tensión máxima del 40%

Este análisis se realizó con un incremento del 40% a la fuerza de tensión máxima en los tramos adyacentes.

A continuación se muestra la carga máxima que soportan los trenes de poleas a tracción  $P_{m\acute{a}x}$  y la carga que soporta cada una de las poleas  $P_p$

Tabla TP 2.6 Carga máxima que soportan los trenes de poleas a tracción

PILONAS	$P_{m\acute{a}x}$ (Fz) KGF	$P_{m\acute{a}x}$ (KN)	$N_p$	$P_p$ (kN)
P2	2333,82	42,03	12	3,50
P3	10177,54	157,80	10	15,78
P4	10109,16	164,80	10	16,48
P5	11287,54	178,18	10	17,82
P6	5866,28	97,26	6	16,21
P7	10538,9	160,49	10	16,05
P10	4258,08	69,77	6	11,63
P11	7159,78	117,55	6	19,59
P12	11428,10	181,15	10	18,11
P13	10140,08	163,04	8	20,38
P14	10020,40	163,42	10	16,34
P15	7728,64	124,28	8	15,54
P16	8558,06	136,87	8	17,11
P18	11584,18	179,24	12	14,94
P21	5287,58	81,92	6	13,65
P22	6587,82	106,76	6	17,79
P23	11058,88	171,76	10	17,18
P24	11906,18	181,11	12	15,09
P25	9536,16	151,10	8	18,89
P27	10499,64	169,13	10	16,91
Estaciones	2566,36	25,66	4	6,42

De esta información se encuentra que la  $P_p$  máxima que soportan las poleas de tracción de diámetro 550 es de **20,38 KN**

Con este análisis se verifica que el cable no se separa del tren de poleas debido a que la carga de apoyo mínima que se debe ejercer sobre cada polea es de 1,2kN y la carga mínima obtenida es de **3,5 kN**.

La carga que soporta cada una de las poleas de compresión se muestran a continuación:

Tabla TP 2.7 Carga máxima que soportan los trenes de poleas a compresión

PILONAS	P <sub>máx</sub> (Fz) KGF	P <sub>máx</sub> (KN)	N <sub>p</sub>	P <sub>p</sub>
<b>P1</b>	-5519,86	-84,68	12	-7,06
<b>P8</b>	-4645,86	-55,96	8	-7,00
<b>P9</b>	-1457,66	-14,33	6	-2,39
<b>P19</b>	-3383,4	-40,95	12	-3,41
<b>P20</b>	-3794,52	-47,58	10	-4,76

La P<sub>p</sub> máxima que soportan las poleas de compresión de diámetro 450 es de **7,06 KN**

En el caso de los trenes mixtos se tiene que la carga máxima que soporta cada polea en condiciones de tracción son las siguientes:

Tabla TP 2.8 Carga máxima que soportan los trenes de poleas a tracción/compresión

PILONAS	P <sub>máx</sub> (Fz) KGF	P <sub>máx</sub> (KN)	N <sub>p</sub>	P <sub>p</sub>
<b>P17</b>	6346,6	112,91	8	14,11
<b>P26</b>	4436,24	86,08	8	10,76
<b>P28</b>	6693,96	66,94	8	8,37

La carga máxima P<sub>p</sub> es de **14,11 KN**

### 2.2.2 Para una reducción de la tensión mínima de un 20%

Este análisis se realiza teniendo en consideración que la fuerza de tensión mínima en el cable se reduce un 20% y se produce un aumento simultáneo del 25% de la carga de los vehículos en los tramos adyacentes.

A continuación se muestra la carga máxima que soportan los trenes de poleas a tracción P<sub>máx</sub> y la carga que soporta cada una de las poleas P<sub>p</sub>

Tabla TP 2.9 Carga máxima que soportan los trenes de poleas a tracción

PILONAS	P <sub>máx</sub> (Fz) KGF	P <sub>máx</sub> (KN)	N <sub>p</sub>	P <sub>p</sub> (kN)
P2	2333,82	23,3382	12	1,94
P3	10177,54	101,7754	10	10,18
P4	10109,16	101,0916	10	10,11
P5	11287,54	112,8754	10	11,29
P6	5866,28	58,6628	6	9,78
P7	10538,9	105,389	10	10,54
P10	4258,08	42,5808	6	7,10
P11	7159,78	71,5978	6	11,93
P12	11428,1	114,281	10	11,43
P13	10140,08	101,4008	8	12,68
P14	10020,4	100,204	10	10,02
P15	7728,64	77,2864	8	9,66
P16	8558,06	85,5806	8	10,70
P18	11584,18	115,8418	12	9,65
P21	5287,58	52,8758	6	8,81
P22	6587,82	65,8782	6	10,98
P23	11058,88	110,5888	10	11,06
P24	11906,18	119,0618	12	9,92
P25	9536,16	95,3616	8	11,92
P27	10499,64	104,9964	10	10,50
<b>Estaciones</b>	<b>3657,24</b>	<b>36,5724</b>	<b>4</b>	<b>9,14</b>

De esta información se encuentra que la P<sub>p</sub> máxima que soportan las poleas de tracción de diámetro 550 es de **12,68 KN**

La carga que soporta cada una de las poleas de compresión se muestran a continuación:

Tabla TP 2.10 Carga máxima que soportan los trenes de poleas a compresión

PILONAS	P <sub>máx</sub> (Fz) KGF	P <sub>máx</sub> (KN)	N <sub>p</sub>	P <sub>p</sub>
P1	-5519,86	-55,20	12	-4,60
P8	-4645,86	-46,46	8	-5,81
P9	-1457,66	-14,58	6	-2,43
P19	-3383,4	-33,83	12	-2,82
P20	-3794,52	-37,95	10	-3,79



La Pp máxima que soportan las poleas de compresión de diámetro 450 es de **5,81 KN**

Con este análisis se verifica que el cable no se separa del tren de poleas debido a que la carga de apoyo mínima que se debe ejercer sobre cada polea es de 1,3kN y la carga mínima obtenida es de **2,43 kN**.

En el caso de los trenes mixtos se tiene que la carga máxima que soporta cada polea en condiciones de compresión son las siguientes:

Tabla TP 2.11 Carga máxima que soportan los trenes de poleas a tracción/compresión

PILONAS	P <sub>máx</sub> (Fz) KGF	P <sub>máx</sub> (KN)	Np	Pp
<b>P17</b>	5153,3	51,53	8	6,44
<b>P26</b>	4436,24	44,36	8	5,55
<b>P28</b>	4016,34	40,16	8	5,02

La carga máxima Pp es de **6,44 KN**

Las cargas de apoyo máximas sobre cada tipo de poleas y las que se utilizan para los siguientes diseños se resumen a continuación:

Tabla TP 2.12 Cargas de diseño máximas que se aplican sobre cada polea

Tipo de balancín	Diámetro de la polea	Carga máxima (Pp)
<b>Tracción</b>	550mm	20,38 kN
<b>Compresión</b>	420mm	7,06 kN

El tren de poleas mixto está compuesto de poleas a tracción y compresión, se diseña para las de 20,38kN y 7,06 kN que son mayores a las obtenidas en estos balancines.



## 2.3 DIMENSIONAMIENTO DE EJES Y CAMISAS

### 2.3.1 Ejes soporte Poleas

Para el diseño del eje que soporta la carga aplicada sobre las poleas, se considera que se encuentra sometido a una carga de flexión como se muestra a continuación:

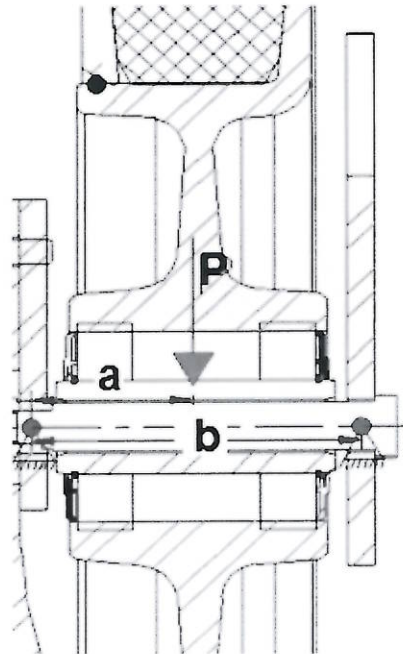
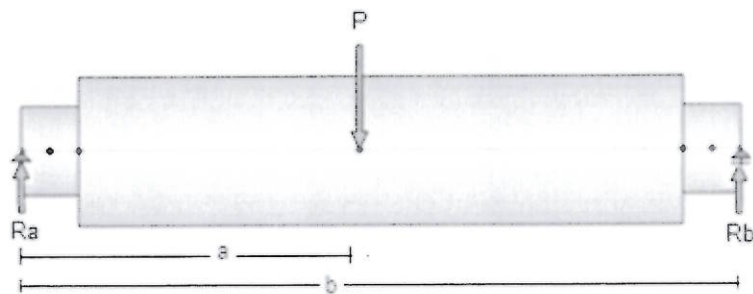


Figura TP 2.5 Diagrama de la aplicación de la carga

#### Diagrama de cuerpo libre



$P = \text{Peso de la polea} + \text{carga que soporta la polea}$   $P_p$

$P = \text{peso total [kN]}$

Para calcular el esfuerzo flexionante al que está sometido el eje se aplica la siguiente ecuación:

$$\sigma_x = \frac{Mmáx \times C}{I}$$

Donde:

$M$ : Momento flector máximo.

$C$ : es la distancia de aplicación de la carga

$I$ : Momento de inercia con respecto al eje  $x$

$$C = \frac{d}{2} = r$$

Donde:

$d$ : Diámetro del eje

$r$ : Radio del eje

El momento de inercia de un eje suponiendo de sección circular se tiene que:

$$I = \pi r^4 / 4$$

Remplazando:

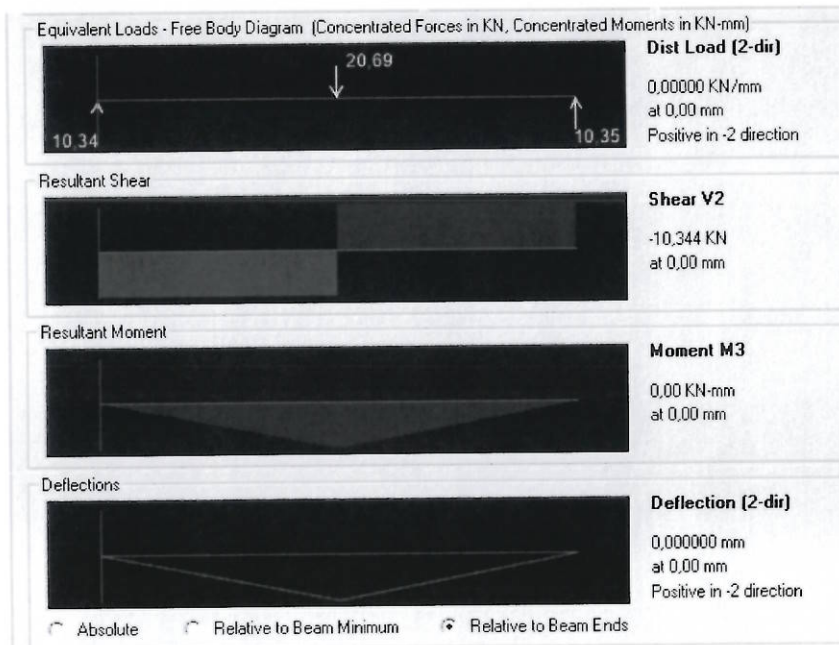
$$\sigma_x = \frac{Mmáx \times r}{\pi r^4 / 4} = \frac{4 Mmáx}{\pi r^3}$$

Para determinar el esfuerzo admisible se divide la resistencia del material utilizado para un factor de seguridad  $n_s = 3,5$

$$\sigma' = S_y / n_s$$

$S_y$ : Resistencia a la fluencia del material

El momento máximo se determina a través del diagrama de esfuerzo cortante, mediante el programa SAP V15



Aplicando el esfuerzo admisible se tiene la siguiente expresión que permite determinar el radio mínimo del eje.

$$r = \sqrt[3]{\frac{4 M_{\text{máx}} (n_s)}{\pi (S_y)}}$$

### 2.3.2 Ejes soporte de Balancines

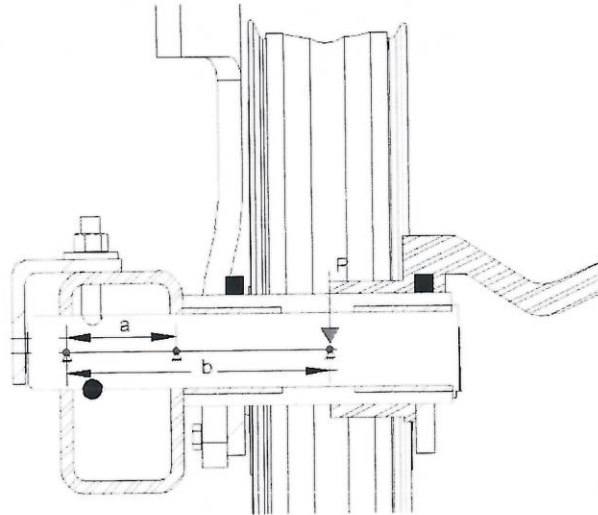
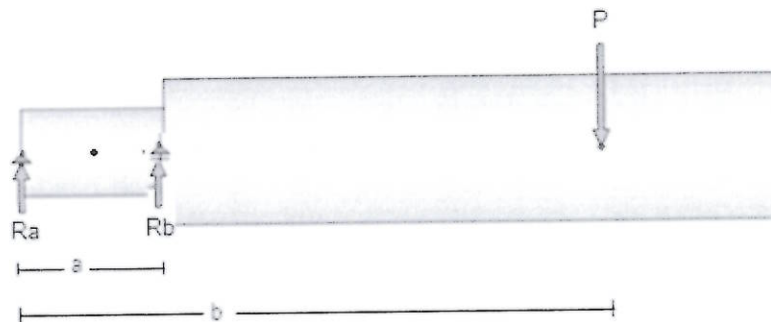


Diagrama de cuerpo libre



Este tipo de eje soporta tanto la estructura y su peso como la carga que aplica el cable sobre cada una de las poleas

$$P = P1 + Pp \times Np$$

$$P = \text{peso total [ kN ]}$$

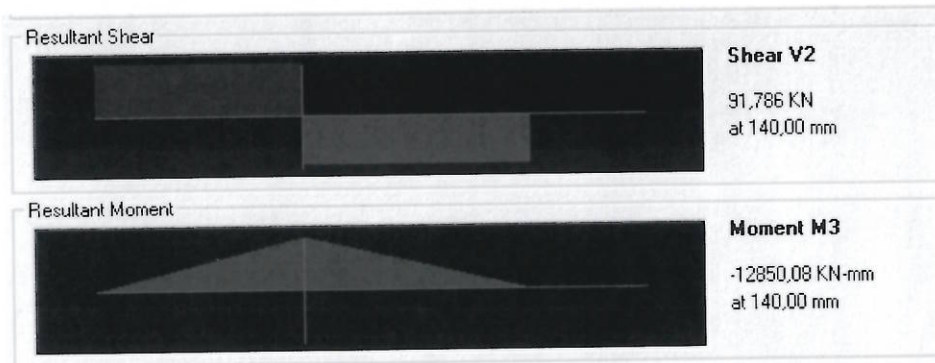
$$P1 = \text{Peso del tren de poleas que soporta el eje}$$

$$Pp = 20,38 \text{ kN o } 7,06 \text{ kN (dependiendo del diametro de la polea)}$$

$$Np = \text{número de poleas que se acoplan al eje.}$$



### Diagrama de esfuerzos cortantes



Para la determinación del radio mínimo del eje se utiliza la ecuación descrita anteriormente. El diagrama de cuerpo libre varía por tanto el momento flexionante es diferente. Con ayuda del programa SAP2000 V15 se obtiene el resultado del momento máximo aplicado.

$$r = \sqrt[3]{\frac{4 M_{\text{máx}} (n_s)}{\pi (S_y)}}$$

### 2.3.3 Ejes soporte de la estructura

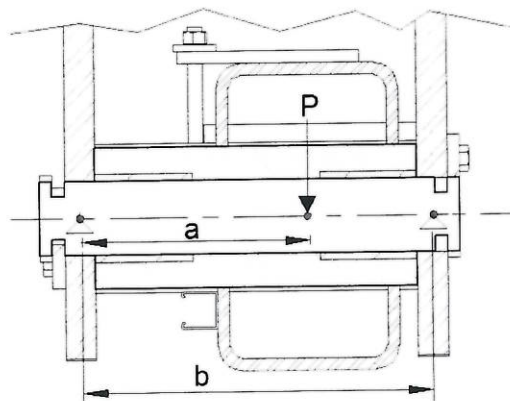
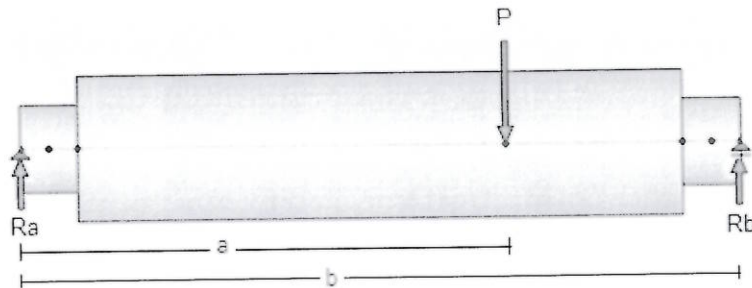
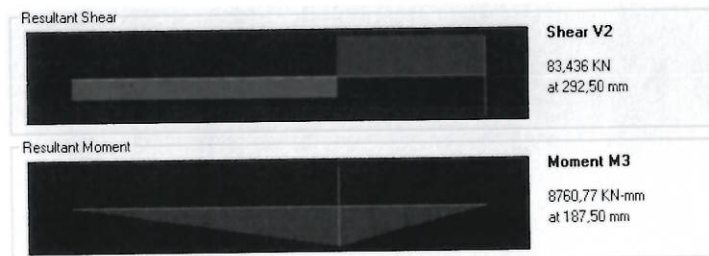


Diagrama de cuerpo libre



El análisis para determinar el radio mínimo se realiza de manera similar al mostrado anteriormente con la diferencia de que el momento flexionante esta desplazado del centro.



$$r = \sqrt[3]{\frac{4 M_{\text{máx}} (n_s)}{\pi (S_y)}}$$

### 2.3.4 Cálculos de ejes para cada tipo de tren de poleas

El material utilizado para la fabricación de los ejes es el Acero inoxidable AISI 410, a continuación se muestra una imagen de las propiedades de este acero

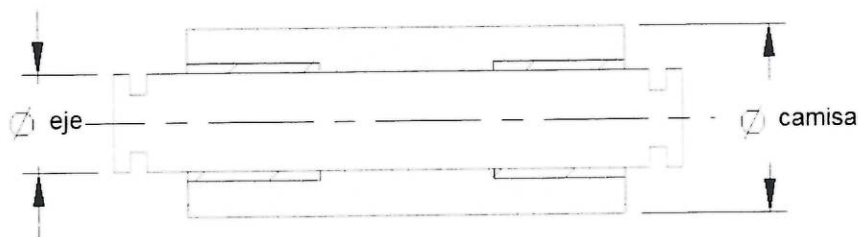
Tabla TP 2.13 Propiedades del acero AISI 410

Tomado de: [http://www.metaltej.com.mx/pdf/acero\\_propiedades2.pdf](http://www.metaltej.com.mx/pdf/acero_propiedades2.pdf)

STEEL TYPE TIPO DE ACERO	TENSILE STRENGTH RESISTENCIA A LA TRACCIÓN		YIELD STRENGTH RESISTENCIA A LA FLUENCIA		ELONGATION IN 50 mm or 2 inches ELOGACION EN 50 mm o 2 pulg.	HARDNESS DUREZA	
	Min. Ksi	Min. MPa	Min. Ksi	Min. MPa	Min. %	Max. Brinell	Max. Rockwell B
409	55	380	25	170	20	179	88
410	65	450	30	205	20	217	96
410S	60	415	30	205	22**	183	89
420*	95	655	50	345	20	-	92
430	65	450	30	205	22**	183	89
434	65	450	35	240	22	-	89
439	60	415	30	205	22	183	89

De esta tabla obtenemos que el  $S_y = 205$  MPa.

A continuación se muestran las tablas de resultados aplicando las formulas antes descritas para los tres tipos de ejes que se obtienen de cada tipología.



T6D550 Pp= 20,38 kN								
Elementos	P [kN]	Sy (Mpa)	Ns	M máx (kN/mm)	R mínimo (r) (mm)	φ mínimo (mm)	φ Diseño camisa	φ Diseño del eje
Pin de balance del conjunto	130,17	205 E^6	3,5	8760,77	57,53	115,07	120	70
Pin de balance tipo 2	84,55	205 E^6	3,5	12850,08	65,37	130,74	130	85
Pin de balance tipo 3	41,91	205 E^6	3,5	13437,18	66,35	132,70	140	70
Pin de balance tipo 1	41,91	205 E^6	3,5	5247,13	48,50	96,99	100	70
Pin de sujeción-poleas	20,75	205 E^6	3,5	788,03	25,78	51,56	55	30

T8D550 Pp= 20,38 kN								
Elementos	P [kN]	Sy (Mpa)	Ns	M máx (kN/mm)	R mínimo (r) (mm)	φ mínimo (mm)	φ Diseño camisa	φ Diseño del eje
eje de balance	42,13	205 E^6	3,5	5272,68	48,58	97,15	100,00	70
eje de sujeción	84,91	205 E^6	3,5	13808,99	66,96	133,91	135,00	85
eje de soporte	174,17	205 E^6	3,5	11722,98	63,40	126,80	130,00	70



Pin de sujeción-poleas	20,75	205 E^6	3,5	788,03	25,78	51,56	55,00	70
------------------------	-------	---------	-----	--------	-------	-------	-------	----

T10D550 Pp= 20,38 kN								
Elementos	P [kN]	Sy (Mpa)	Ns	M máx (kN/mm)	R mínimo (r) (mm)	φ mínimo (mm)	φ Diseño camisa	φ Diseño del eje
Eje de soporte	219,32	205 E^6	3,5	15900,70	70,18	140,36	140,00	85,00
eje de sujeción 1	128,65	205 E^6	3,5	8600,83	57,18	114,36	115,00	70,00
eje de sujeción 2	84,96	205 E^6	3,5	11638,15	63,25	126,49	130,00	100,00
eje de sujeción 3	84,91	205 E^6	3,5	12850,08	65,37	130,74	132,00	85,00
eje de sujeción 4	41,92	205 E^6	3,5	13440,39	66,36	132,71	140,00	70,00
eje de balance	41,93	205 E^6	3,5	5248,38	48,50	97,00	100,00	70,00
Pin de sujeción-poleas	20,75	205 E^6	3,5	788,03	25,78	51,56	55,00	30,00

T12D550 Pp= 20,38 kN								
Elementos	P [kN]	Sy (Mpa)	Ns	M máx (kN/mm)	R mínimo (r) (mm)	φ mínimo (mm)	φ Diseño camisa	φ Diseño del eje
Eje de soporte	265,23	205 E^6	3,5	15900,70	70,18	140,36	145,00	85,00
eje de sujeción 1	128,84	205 E^6	3,5	8600,83	57,18	114,36	115,00	70,00
eje de sujeción 2	84,91	205 E^6	3,5	12850,08	65,37	130,74	135,00	85,00
eje de sujeción 3	42,06	205 E^6	3,5	7880,03	55,54	111,07	120,00	70,00
eje de balance	41,93	205 E^6	3,5	5248,38	48,50	97,00	100,00	70,00
Pin de sujeción-poleas	20,75	205 E^6	3,5	788,03	25,78	51,56	55,00	30,00

10C420 Pp=7,06 kN								
Elementos	P [kN]	Sy (Mpa)	Ns	M máx (kN/mm)	R mínimo (r) (mm)	φ mínimo (mm)	φ Diseño camisa	φ Diseño del eje
Eje de soporte	82,27	205 E^6	3,5	6374,9	51,75	103,50	110	70
Eje de sujeción	30,45	205 E^6	3,5	4632,05	46,52	93,05	100	80
Eje de sujeción	47,00	205 E^6	3,5	2640,64	38,58	77,15	80	60
Eje de Sujeción	30,45	205 E^6	3,5	3203,34	41,14	82,28	90	80
Eje de sujeción	14,92	205 E^6	3,5	4308,24	45,41	90,82	92	60
Eje de balance	14,92	205 E^6	3,5	4953,22	47,57	95,15	100	70
Eje Polea	7,26	205 E^6	3,5	302,02	18,72	37,45	45	25

12C420 Pp=7,06 kN								
Elementos	P [kN]	Sy (Mpa)	Ns	M máx (kN/mm)	R mínimo (r) (mm)	φ mínimo (mm)	φ Diseño camisa	φ Diseño del eje
Eje de sujeción	30,45	205 E^6	3,5	4632,05	46,5228002	93,0456004	100	80
Eje de sujeción	47,16	205 E^6	3,5	2640,64	38,5754647	77,1509294	80	60
Eje de soporte	99,28	205 E^6	3,5	7692,96	55,0942056	110,188411	120	70
Eje de balance	14,92	205 E^6	3,5	4953,22	47,5741064	95,1482129	100	70

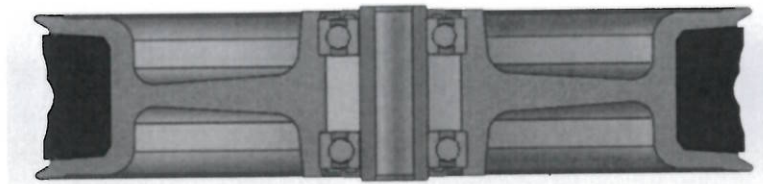


Eje de balance	14,92	205 E <sup>6</sup>	3,5	4308,24	45,4124288	90,8248576	95	60
Eje Polea	7,26	205 E <sup>6</sup>	3,5	302,02	18,7249213	37,4498427	45	25

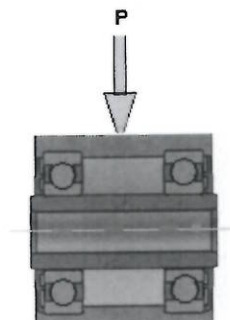
C8D420/T8D550 Pp= 20,38 kN / 7,06 kN								
Elementos	P [kN]	Sy (Mpa)	Ns	M máx (kN/mm)	R mínimo (r) (mm)	φ mínimo (mm)	φ Diseño camisa	φ Diseño del eje
eje de soporte	180,13	205 E <sup>6</sup>	3,5	13059,43	65,72	131,45	135,00	85,00
eje de sujeción	87,99	205 E <sup>6</sup>	3,5	8600,83	57,18	114,36	120,00	95,00
eje de balance	41,93	205 E <sup>6</sup>	3,5	5248,38	48,50	97,00	100,00	70,00
Pin de sujeción-poleas	20,75	205 E <sup>6</sup>	3,5	788,03	25,78	51,56	55,00	30,00
Eje Polea	7,26	205 E <sup>6</sup>	3,5	302,02	18,72	37,45	45,00	25,00

T4D550 Pp= 20,38 kN								
Elementos	P [kN]	Sy (Mpa)	Ns	M máx (kN/mm)	R mínimo (r) (mm)	φ mínimo (mm)	φ Diseño camisa	φ Diseño del eje
eje de sujeción	84,91	205 E <sup>6</sup>	3,5	66,9569104	133,913821	140	100	66,9569104
eje de balance	41,93	205 E <sup>6</sup>	3,5	48,5009067	97,0018135	100	70	48,5009067
Pin de sujeción-poleas	20,75	205 E <sup>6</sup>	3,5	25,7783837	51,5567675	55	30	25,7783837

## 2.4 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS



### 2.4.1 Carga radial sobre el rodamiento



La carga radial en este caso es la resultante de las reacciones en los apoyos del eje, paralelas a los ejes cartesianos  $y$  y  $z$ .

$$F_{RB} = \frac{P}{2}$$

$$P = P_{polea} + C_{adm}$$

Donde:

$F_{RB}$ : Carga radial sobre el rodamiento, en [kN]

$P_{polea}$ : Peso de la polea [kN]

$C_{adm}$ : Carga máxima de cada polea [kN]

2.4.1.1 Para las poleas de tracción  $\phi = 550\text{mm}$

$$P = 0,38\text{kN} + 20,38\text{kN} = 20,76\text{kN}$$

$$F_{RB} = \frac{20,76}{2} = 10,38\text{kN}$$

$$F_{RB} = 10,38 \text{ [kN]}$$

2.4.1.2 Para las poleas de compresión  $\phi = 420\text{mm}$

$$P = 0,21\text{kN} + 7,056\text{N} = 7,26 \text{ kN}$$

$$F_{RB} = \frac{7,26}{2} = 3,63 \text{ kN}$$

$$F_{RB} = 3,63 \text{ [kN]}$$

## 2.4.2 Carga dinámica equivalente

La carga dinámica equivalente  $P_d$ , es un valor que nos permite estimar la carga dinámica real de un rodamiento, esta es producto de la combinación cargas radiales y transversales aplicadas sobre rodamiento. Esta dada por la siguiente expresión:

$$P_d = VXF_r + YF_a$$

Donde:

$V$ : Factor de rotación, cuando gira la pista interior,  $V = 1$

$X$ : Factor radial, para cargas de empuje pequeñas,  $X = 1$  y  $Y = 0$

$F_r$ : Carga radial,  $F_r = F_{RB}$

$Y$ : Factor radial,  $Y = 0$

$F_a$ : Carga axial,  $F_a = 0$

Por lo tanto para las poleas de tracción  $\phi = 550\text{mm}$ :

$$P_d = 10,19 \text{ [kN]}$$

Por lo tanto para las poleas de compresión  $\phi = 420\text{mm}$

$$P_d = 3,63 \text{ [kN]}$$

### 2.4.3 Calculo de las RPM

2.4.3.1 Para las poleas de tracción  $\phi = 550\text{mm}$

El sistema trabaja a una velocidad máxima de  $5\text{m/s}$

$$w = \frac{v}{r} = \frac{\frac{5\text{m}}{\text{s}}}{0,275\text{m}} = 18,18 \text{ rad/s}$$

$$n = \frac{18,18\text{rad}}{\text{s}} * \frac{1\text{rev}}{2\pi} * \frac{60\text{s}}{1\text{min}} = 173,62 \text{ rpm}$$

Calculo de las revoluciones de diseño  $L_d$

$$L_d = T_d * n \text{ [rev]}$$

$L_d$ : revoluciones de diseño [rev]

$T_d$ : duración de diseño del rodamiento [h]

$$L_d = 25\,000\text{h} (173,62 \text{ rpm}) \left( \frac{60\text{min}}{\text{horas}} \right) = 0,26 \times 10^9 \text{ rev}$$

2.4.3.2 Para las poleas de compresión  $\phi = 420\text{mm}$

El sistema trabaja a una velocidad máxima de  $5\text{m/s}$

$$w = \frac{v}{r} = \frac{\frac{5\text{m}}{\text{s}}}{0,21\text{m}} = 23,08 \text{ rad/s}$$

$$n = \frac{23,08 \text{ rad}}{\text{s}} * \frac{1\text{rev}}{2\pi} * \frac{60\text{s}}{1\text{min}} = 227,36 \text{ rpm}$$

Calculo de las revoluciones de diseño  $L_d$

$$L_d = T_d \times n \text{ [rev]}$$

$L_d$ : revoluciones de diseño [rev]

$T_d$ : duración de diseño del rodamiento [h]

$$L_d = 25\,000h (227,36 \text{ rpm}) \left( \frac{60 \text{ min}}{\text{horas}} \right) = 0,36 \times 10^9 \text{ rev}$$

#### 2.4.4 Carga dinámica para la selección

La carga dinámica aparente se obtiene reemplazando en la siguiente ecuación:

$$C = P_d \left( \frac{L_d}{10^6} \right)^{\frac{1}{k}}$$

$P_d$ : Carga dinámica equivalente [kN]

$L_d$ : revoluciones de diseño [rev]

$C$ : Capacidad de carga dinámica [kN]

2.4.4.1 Para las poleas de tracción  $\phi = 550 \text{ mm}$

$$C = 10,19 \left( \frac{0,26 \times 10^9}{10^6} \right)^{\frac{1}{3}} = 65,04 \text{ kN}$$

$$C = 65,04 \text{ [kN]}$$

2.4.4.2 Para las poleas de compresión  $\phi = 420 \text{ mm}$

$$C = 3,63 \left( \frac{0,36 \times 10^9}{10^6} \right)^{\frac{1}{3}} = 65,04 \text{ kN}$$

$$C = 25,82 \text{ [kN]}$$

#### 2.4.5 Selección del rodamiento

De los catálogos se selecciona un rodamiento de la serie 2RS1 que tenga una carga dinámica igual o mayor a la calculada C.



Se selecciona un rodamiento para la carga dinámica de  $C=65,04$  kN y un diámetro de eje de 55 mm. Y para una carga de  $C=25,82$  kN con un eje de diámetro 45mm.

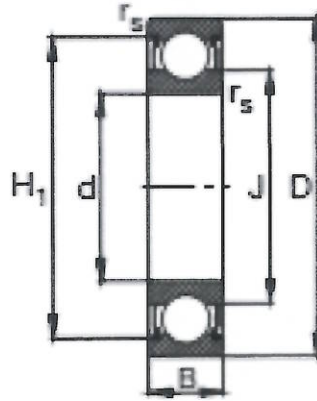


Figura TP 2.6 Dimensiones del rodamiento

A continuación se muestra la tabla resumen de la información de los rodamientos seleccionados.

Diámetro del eje $\varnothing$ [mm]	d [mm]	D [mm]	B [mm]	Carga dinámica C[kN]	Carga estática $C_o$ [kN]	Denominación
55	55	120	29	76,5	47,5	6311-2RS1/C3
45	45	100	25	53	31,5	6309-2RS1/C3

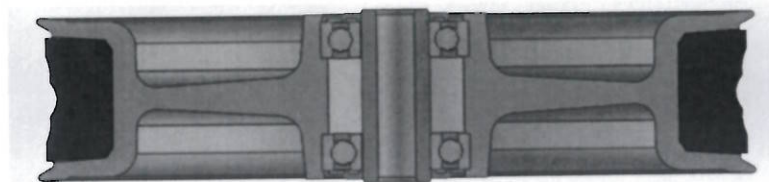
**Rodamiento de bolas Ranura Profunda, 6311-2RS1/C3 de sistema métrico con ranura profunda, sellado**

Este rodamiento contiene Cojinetes sellados (2RS1) con dos juntas de caucho sintético para evitar los escapes de lubricante, garantizar la estanqueidad al polvo, agua y otros materiales perjudiciales.

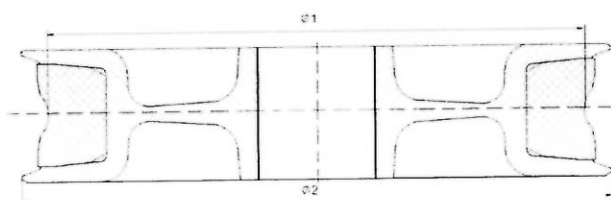
Funcionan con un rango de temperatura de funcionamiento entre:  $-40$  °C a  $+120$  °C. Se pueden utilizar para cargas radiales y axiales.

Los rodamientos de bolas de ranura profunda son adecuados para altas velocidades.

## 2.5 DISEÑO DE POLEAS



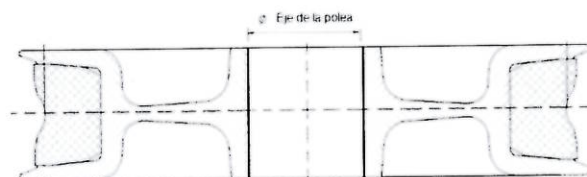
Según la norma europea EN12930, el revestimiento debe contener una garganta que asegure el Guiado del cable. La profundidad total de la garganta  $(\phi 2 - \phi 1)/2$  debe ser de mínimo  $1/3$  del diámetro del cable, para un diámetro de 54 mm la garganta mínima es de 18 mm.



$\phi 2$  = diámetro externo de la polea  
 $\phi 1$  = diámetro del revestimiento

Tipo de polea	Diámetro externo (mm)	Diámetro del revestimiento (mm)	Profundidad (mm)
Polea para tracción	590	550	20
Polea para compresión	458	420	19

### 2.5.1 Diseño de la polea $\phi = 550$ mm



Para un rodamiento 6311-2RS1/C3 cuyo diámetro exterior es de 120 mm se determina que el diámetro del eje de la polea es de:

$$\phi = 120 \text{ mm}$$

El detalle de la polea se muestra en el plano QC-OR-PL-MEC-TP-103.

## 2.5.2 Diseño de la polea $\phi=420$ mm

Para un rodamiento 6309-2RS1/C3 cuyo diámetro exterior es de 100 mm se determina que el diámetro del eje de la polea es de:

$$\phi = 100 \text{ mm}$$

El detalle de la polea se muestra en el plano QC-OR-PL-MEC-TP-608.

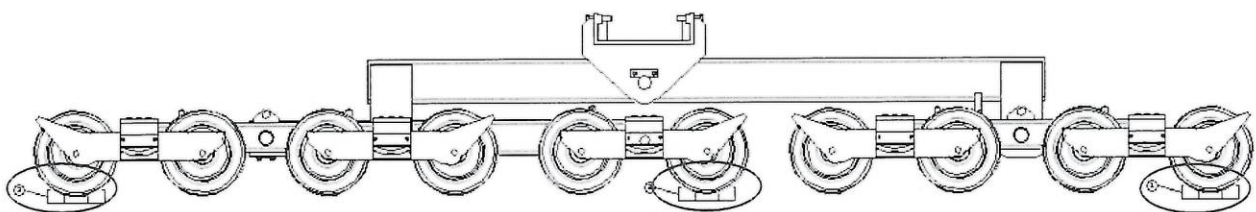
## 2.6 DISEÑO DE SISTEMAS DE SEGURIDAD Y ANTIDESCARRILAMIENTO

### 2.6.1 Antidescarriladores

Por cuestiones de seguridad es necesario proveer de antidescarriladores que impiden el descarrilamiento del cable hacia el interior.

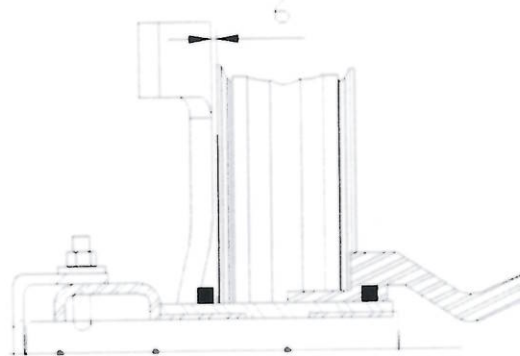
Este sistema debe estar ubicado según normas, al menos en el primer y último rodillo de un tren. Cuando el tren esté formado por de más de 8 rodillos, se debe prever un antidescarrilador complementario en la zona central.

Como se indica en la figura para un tren de 10 poleas se diseñó 3 antidescarriladores.



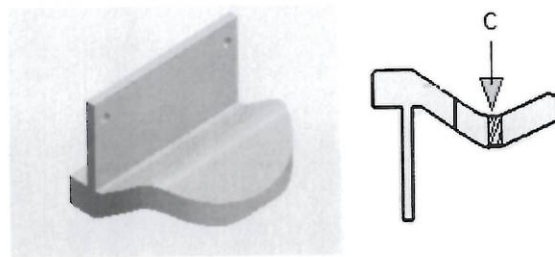
Detalle de este elemento se encuentra en el plano de taller QC-OR-PL-MEC-TP-212

En concordancia con las normas la ubicación del antidescarrilador debe ser tal que; la distancia entre el antidescarrilador y el ala del rodillo debe ser inferior a  $1/4$  del diámetro del cable es decir 13,5 mm y no mayor de 8 mm. Por lo tanto, el antidescarrilador está ubicado a una distancia de 6 mm.



### 2.6.2 Recoge cables

Los Recoge cables deben tener una profundidad de garganta de mínimo 27 mm.

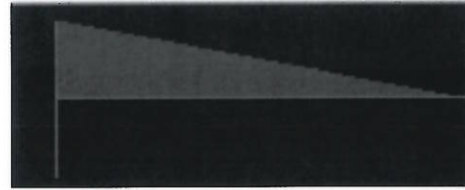
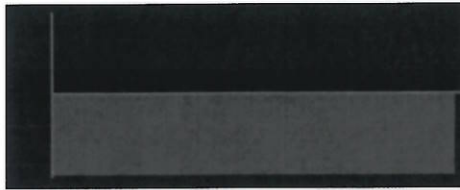
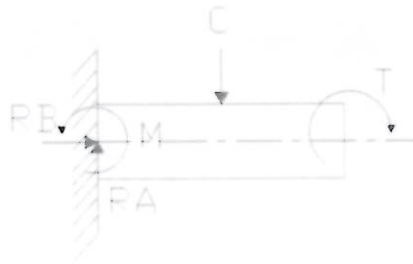


El recoge-cables es un sistema que impide que el cable se desplome en un caso de emergencia por tanto debe ser diseñado para soportar la carga de tensión del cable. Detalles del elemento se describen en los planos de taller QC-OR-PL-MEC-TP-104 y QC-OR-PL-MEC-TP-604

Para el diseño del recoge-cables se lo analiza como una viga en cantiléver.

Diagrama de cuerpo libre





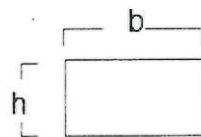
Por exactitud, se elige la teoría de distorsión como la base del diseño. El esfuerzo de von Mises es igual a:

$$\sigma' = (\sigma_x^2 + 3\tau_{zx}^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma_x = \frac{M_{\text{máx}} \times C}{I}$$

Similar al diseño de los ejes el área del eje se toma como rectangular y de esto se determina que el esfuerzo de flexión es igual a:

La inercia del eje rectangular es igual a:



$$I = \frac{b \times h^3}{12}$$

El esfuerzo torsional se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\tau_{zx} = T \times \frac{r}{J}$$

Donde :

T: es la carga de torsión

r: distancia desde el centro hasta la carga aplicada

J: Momento polar con respecto al gravicentro

$$J = \frac{b \times h^3}{12} + \frac{b^3 \times h}{12}$$

De un proceso iterativo se obtuvo que el espesor mínimo (h) requerido para el recoge cable es de:

momento	carga	b	h	inercia	sigma	sigma=sy/nd	nd
1854,58	20,38	195	20	130000	0,14266	0,13666667	1,43698304

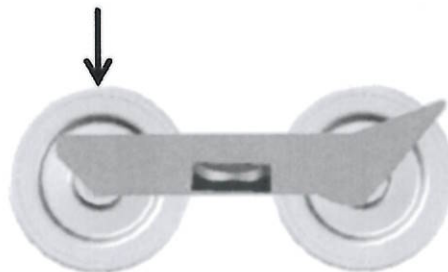
Para el recogecable de los trenes a tracción se requiere un h=20mm con un factor de seguridad de 1.43

momento	carga	b	e	inercia	sigma	sigma=sy/nd	nd
642,46	7,06	195	12	28080	0,13727778	0,1025	1,49332254

Para el recogecable de los trenes a compresión se requiere un h=12 mm con un factor de seguridad de 1.49

### 2.6.3 Topes de seguridad

La rotación de los balancines se debe limitar cuando el cable escapa después de descarrilar hasta el primer o último recoge-cables. El tren de rodillos y el dispositivo que limita la rotación de los balancines deben poder resistir los esfuerzos que resulten.



### 3.ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

TP-001

**Rubro** SUMINISTRO TREN DE 8 POLEAS A COMPRESIÓN Y 8 A TRACCIÓN D=420/550

**Unidad** U

#### Definición

El tren de poleas o rodillos es un sistema utilizado para dirigir y sostener el cable tractor-portador a lo largo de la línea. Este sistema, en cada una de las pilonas, debe ajustarse a la trayectoria e impedir que el cable se separe de las poleas.

#### Descripción

El mínimo de elementos que constituyen el tren de ocho poleas del tipo compresión y tracción, con un peso total de 1 880 kg, son los siguientes:

DENOMINACIÓN	MATERIAL	RECUBRIMIENTO	DIMENSIONES	OBSERVACIONES	CANT.
Sujeción Ménsula 2	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90		Según plano	1
Sujeción Ménsula 3	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90		Según plano	1
Eje Polea	Acero Inox AISI 410	Ninguno	30Dx207.5	Según plano	8
Guía de Riel	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	30x30x900	Según plano	2
Perno hexagonal	ISO 8.8	Galvanizado	M12 x 30	DIN 933	4
Placa eje	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	10x40x140	Según plano	2
Bocín	Bronce SAE-64	Ninguno	85Dx40	Según plano	2
Camisa	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	85Dx265	Según plano	1
Eje Soporte	Acero Inox AISI 410	Ninguno	85Dx375	Según plano	1
Tuerca hexagonal	DIN 267 PARTE 4	Galvanizado	M16	DIN 934	4
Arandela plana		Galvanizado	A 17 - M16	DIN 125	4
Placa de Sujeción	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	10x80x160	Según plano	2
Perno U-bolt	Acero al carbono	Galvanizado	M16X90D	DIN 3570	2
Eje Balance	Acero Inox AISI 410	Ninguno	90Dx462	Según plano	2
Perno hexagonal	ISO 8.8	Galvanizado	M24 x 120	DIN 933	4
Perno hexagonal-Sujeción	ISO 8.8	Galvanizado	M20x500	DIN 933	6
Sujeción Ménsula 1	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90		Según plano	1
Placa	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	30x450x650	Según plano	2
Tubo Rectangular	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	120x250x1865	Según plano	1
Camisa	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	90Dx220	Según plano	2
Bocín	Bronce SAE-64	Ninguno	90Dx40	Según plano	4



Perno hexagonal	ISO 8.8	Galvanizado	M6 x 35	DIN 933	16
Arandela plana		Galvanizado	A 7.4 - M6	DIN 125	16
Perno U-bolt	Acero al carbono	Galvanizado	M8X60D	DIN 3570	8
Placa de Sujeción	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	10x28x50	Según plano	8
Eje Balance	Acero Inox AISI 410	Ninguno	30Dx198	Según plano	8
Perno hexagonal	ISO 8.8	Galvanizado	M12x157	DIN 933	8
Perno hexagonal	ISO 8.8	Galvanizado	M6 x 25	DIN 933	32
Placa eje	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	10x20x70	Según plano	24
Eje Resorte	Acero Inox AISI 410	Ninguno	30Dx160	Según plano	8
Tuerca hexagonal	DIN 267 PARTE 4	Galvanizado	M8	DIN 934	24
Arandela plana		Galvanizado	A 8.4 - M8	DIN 125	8
Perno hexagonal	ISO 8.8	Galvanizado	M8 x 30	DIN 933	8
Tuerca hexagonal	DIN 267 PARTE 4	Galvanizado	M5	DIN 934	16
Arandela plana		Galvanizado	A 5.3 - M5	DIN 125	16
Perno hexagonal	ISO 8.8	Galvanizado	M5 x 40	DIN 933	16
Guía de Riel	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	30x30x100	Según plano	8
Guía de Riel	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	30x30x50	Según plano	16
Tope	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	30x62x320	Según plano	8
Tuerca hexagonal	DIN 267 PARTE 4	Galvanizado	M20	DIN 934	22
Arandela plana		Galvanizado	A 21 - M20	DIN 125	22
Perno hexagonal	ISO 8.8	Galvanizado	M12 x 35	DIN 933	12
Placa de Sujeción	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	10x33x80	Según plano	8
Perno U-bolt	Acero al carbono	Galvanizado	M12X60D	DIN 3570	8
Tuerca hexagonal	DIN 267 PARTE 4	Galvanizado	M12	DIN 934	40
Arandela plana		Galvanizado	A 13 - M12	DIN 125	40
Perno hexagonal	ISO 8.8	Galvanizado	M12x227	DIN 933	16
Resorte	Acero SAE-516	Ninguno	15Dx20P	DIN 95	4
Placa	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	10X135X315	Según plano	8
Tubo Rectangular	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	100x100x600	Según plano	4
Bocín	Bronce SAE-64	Ninguno	60DX40	Según plano	8
Camisa	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	60Dx200	Según plano	4
Recoge cable	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90		Según plano	4
Polea	Duraluminio 7075	Ninguno	420D	Según plano	8
Placa Polea Adelante	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	12.5x150x1045	Según plano	4
Placa Polea Atrás	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	12.5x150x820	Según plano	4
Eje Balance	Acero Inox AISI 410	Ninguno	60Dx378.3	Según plano	4
Camisa	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	90Dx200	Según plano	2
Bocín	Bronce SAE-64	Ninguno	60Dx40	Según plano	8
Eje Polea	Acero Inox AISI 410	Ninguno	25.5Dx187.5	Según plano	8
Placa Polea	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	14x145x820	Según plano	8
Protección de	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90		Según plano	4



Descarrilamiento					
Recoge cable	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90		Según plano	4
Camisa	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	60DX220	Según plano	4
Eje Balance	Acero Inox AISI 410	Ninguno	60Dx370	Según plano	4
Polea	Duraluminio 7075	Ninguno	550D	Según plano	8
Placa	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	15x340x400	Según plano	16
Tubo Rectangular	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	100x100x750	Según plano	8
Placa	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	15x300x400	Según plano	4

El elemento polea de 550D consta de los siguientes elementos:

DENOMINACIÓN	UNIDAD	CANT.
Rodamiento de bolas 6311-2rs1/c3. D=120/d=55x29	U	16
Disco de protección de duraluminio 7075. Según plano.	U	16
Anillo de la polea. Duraluminio 7075. D=590x17.7	U	8
Anillo de retención acero al carbono. D=550	U	8
Línea de caucho D=550/d=550x100	U	8
Anillo de seguridad 55x2. Din 475	U	16
Camisa polea. Acero A572 gr50. Según plano.	U	8

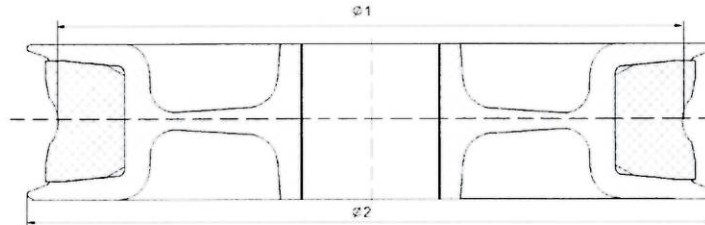
El elemento polea de 420 consta de los siguientes componentes:

DENOMINACIÓN	UNIDAD	CANT.
Rodamiento de bolas 6309-2rs1/c3. D=120/d=55x29	U	20
Disco de protección de duraluminio 7075. Según plano.	U	20
Anillo de la polea. Duraluminio 7075. Según plano.	U	10
Anillo de retención acero al carbono. D=420	U	10
Línea de caucho D=420/d=330x78	U	10
Anillo de seguridad 45x2.5. DIN 475	U	20
Camisa polea. Acero A572 gr50. Según plano.	U	10

El detalle de cada uno de los elementos se describe en el plano de conjunto QC-OR-PL-MEC-TP-008.

Las poleas deben ser fabricadas de una aleación de aluminio-cobre, con revestimiento blando (caucho o material sintético similar) que no dañe la superficie del cable, como se especifica en la norma europea EN 13223, este material debe tener un módulo de elasticidad que no supere los 5 000 N/mm<sup>2</sup>.

Según la norma europea EN12930, el revestimiento debe contener una garganta que asegure el Guiado del cable. La profundidad total de la garganta  $(\varnothing 2 - \varnothing 1)/2$  debe ser de mínimo 18 mm.



$\varnothing 2$  = diámetro externo de la polea

$\varnothing 1$  = diámetro del revestimiento

El Acero ASTM 572 GRADO 50 se requiere para la fabricación de estructuras y elementos adicionales como: placas de soporte, anti-descarriladores, soportes para los detectores de descarrilamiento y topes, que se utilizan para completar el ensamble de los elementos. Todos los elementos anteriormente mencionados se deben galvanizar para garantizar su vida útil, de ser necesario es posible el maquinado posterior para conservar tolerancias mínimas.

Recogedor de cable es un elemento de acero ASTM 572 Gr 50 que debe permitir el paso de la pinza desembragable independientemente del movimiento del tren de rodillos. La profundidad de garganta debe ser mínimo de 27 mm como se especifica en la norma europea EN 12930.

Para los elementos sometidos a fatiga como los ejes se utilizará acero inoxidable AISI 410 o equivalente para disminuir los efectos de la corrosión.

Los rodamientos 6311-2RS1/C3 D=100/d=45 x 25 deben garantizar un funcionamiento mínimo de 25 000 horas.

### **Materiales**

- Suministro tren de 12 poleas a compresión D=420.

### **Mano de Obra**

- No aplica

## Equipos y Herramientas

- No aplica

## Medición y forma de pago.-

El suministro se medirá en UNIDADES, siempre y cuando se verifique que los materiales estén conforme a la norma vigente (EN 12929-1 o equivalente), contengan los certificados de material entregados por el fabricante de acuerdo a la norma que se especifica para cada material y el respectivo control de calidad realizado mediante radiografía industrial certificada del 100% del lote de poleas, para validar la calidad de las mismas, de tal manera que cumplan con las especificaciones mínimas estipuladas en los términos de referencia y satisfagan a la Fiscalización.

El pago se realizará al precio unitario establecido en el contrato y comprende la compensación total por la provisión, transporte, y almacenamiento previo al montaje, y todas las demás actividades y materiales necesarios para la completa ejecución de la obra aprobado por la Fiscalización.

TP-002	<b>Rubro</b>	ENSAMBLE Y MONTAJE TREN DE 8 POLEAS A COMPRESIÓN Y 8 A TRACCIÓN D=420/550
	<b>Unidad</b>	U

## Definición

Cosiste en la colocación de un tren de 16 poleas o rodillos completamente armado, en la parte superior de la piona denominada ménsula.

Este tren de poleas permite el paso del cable por la parte superior e inferior del soporte de esta forma el cable genera tanto una reacción de compresión y tracción en el tren de poleas.

## Descripción

El sistema de tren de poleas debe ser ensamblado y montado para soportar la carga del cable portador tractor y de cada una de las cabinas que forman parte del sistema. Este montaje se realiza conforme a la norma UNE-EN 13223 o similares.



Una vez suministrado todo el sistema se requiere realizar el ensamble del tren de poleas. El ensamble consiste en tomar los elementos suministrados y armar el tren de poleas.

### Poleas

Las poleas armadas contienen anillos de sujeción, una línea de caucho acorde a las características señaladas en la descripción técnica del suministro, rodamientos, pernos de sujeción. Este ensamble se realiza utilizando la prensa hidráulica, torcómetro y equipos de herramienta menor.

### Estructuras

El sistema de tren de poleas consta de una estructura de soporte que tiene la función de contener todo el tren de poleas colocadas en la ménsula de en la parte superior de las pilonas.

Para las soldaduras regirá el Structural Welding Code de la American Welding Society (AWS), particularmente WPS previamente calificados según la norma AWS D.1.1. Anexo H, capítulo 3 numerales 3.2.1, 3.3, 3.7 y capítulo 4.

Los electrodos deben cumplir con los siguientes parámetros:

#### Propiedades mecánicas

	Límite de fluencia MPa (ksi)	Límite de rotura MPa (ksi)	Elongación %	Charpy V-muesca J(ft-lbf) @ -29°C (- 20°F)
Requerimientos – AWS E7018	400 (58) min.	490 (70) min.	22 min.	27 (20) min.

	% C	%Mn	%Si	%P	%S	%NI
Requerimientos – AWS E7018	0.15 máx.	1.6 máx.	0.75 máx.	0.035 máx.	0.035 máx.	0.30 máx.

Finalizado el ensamble se realiza el montaje del sistema para esto se realiza lo siguiente:

Para elevar el sistema de poleas se requiere de una grúa telescópica móvil que toma el tren de poleas desde el suelo y lo coloca en la ménsula.

Durante el montaje también se colocan todos los sistemas de seguridad como: anti-descarriladores, recoge cables, topes. Además de sistemas de control y cableado que permiten detectar el descarrilamiento.

### Materiales

Se necesita como mínimo para el montaje los siguientes elementos:



DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
DISCO DE CORTE 7 1/2''	U	4,00
KIT DE GALVANIZADO EN FRÍO (SPRAY)	U	1,00
GRATA	U	4,00
DISCO DE DESBASTE	U	4,00
ELECTRODO AWS E7018	KG	20,00

### Mano de Obra

Se necesita como mínimo la siguiente mano de obra:

1 TÉCNICO MECÁNICO DE BALANCINES
4 MECÁNICO DE ENSAMBLE
4 AYUDANTE DE MECÁNICO
1 SOLDADOR ASME

### Equipos y Herramientas

Los equipos y herramientas mínimos necesarios para el montaje son los siguientes:

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
EQUIPO DE METROLOGÍA	1,00
SOLDADORA ELÉCTRICA 300A	0,06
HERRAMIENTA MENOR PARA PROCESOS MECÁNICOS	8,00
GRÚA (ALQUILER)	1,00
PRENSA HIDRAULICA	1,00
TORCÓMETRO DIGITAL	1,00

### Medición y forma de pago.-

La medición se realizará por unidad de tren de poleas ensambladas, colocadas en la parte superior de las pilonas, montado en la estructura de acuerdo a lo establecido en los términos de referencia.

El pago se realizará al precio unitario establecido en el contrato y comprende la compensación total por el transporte, montaje, y todas las demás actividades necesarias para la completa ejecución de la obra aprobado por la Fiscalización.

TP-003

**Rubro** SUMINISTRO TREN DE 12 POLEAS A TRACCIÓN D=550

**Unidad** U

### Definición

El tren de poleas o rodillos es un sistema utilizado para dirigir y sostener el cable tractor-portador a lo largo de la línea. Este sistema, en cada una de las pilonas, debe ajustarse a la trayectoria e impedir que el cable se separe de las poleas.

### Descripción

El mínimo de elementos que constituyen el tren de doce poleas del tipo tracción, con un peso total de 2 102 kg, son los siguientes:

DENOMINACIÓN	MATERIAL	RECUBRIMIENTO	DIMENSIÓN	OBSERVACIONES	CANT.
Sujeción Ménsula 1	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90		Según plano	2
Sujeción Ménsula 3	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90		Según plano	1
Guía de Riel	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	30x30x1000	Según plano	2
Placa Sujeción	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	10x120x150	Según plano	2
Perno U-Bolt	Acero Inox AISI 304	Ninguno	M12X165 D=85	DIN 3570	2
Tuerca hexagonal	Acero Inox AISI 304	Ninguno	M12	ISO 4032	8
Arandela plana	Acero Inox AISI 304	Ninguno	A13-M12	DIN 6340	8
Perno U-Bolt	Acero Inox AISI 304	Ninguno	M12x130 D=60	DIN 3570	2
Placa Sujeción	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	150x100x10	Según plano	2
Bocín	Bronce SAE-64	Ninguno	70Dx40	Según plano	4
Bocín	Bronce SAE-64	Ninguno	85Dx40	Según plano	6
Tuerca hexagonal	Acero Inox AISI 304	Ninguno	M5	ISO 4032	24
Perno hexagonal	Acero Inox AISI 304	Ninguno	M5 x 40	DIN 931	24
Perno hexagonal	Acero Inox AISI 304	Ninguno	M16 x 35	DIN 931	4
Perno hexagonal	Acero Inox AISI 304	Ninguno	M12 x 30	DIN 931	17
Tuerca hexagonal	Acero Inox AISI 304	Ninguno	M20	ISO 4032	18
Arandela plana	Acero Inox AISI 304	Ninguno	A21-M20	DIN 125	18
Perno hexagonal	Acero Inox AISI 304	Ninguno	M24 x 120	DIN 931	4
Perno Sujeción hexagonal	Acero Inox AISI 304	Ninguno	D=20x500	DIN 931	6
Tuerca hexagonal	Acero Inox AISI 304	Ninguno	M16	ISO 4032	8
Arandela plana	Acero Inox AISI 304	Ninguno	A17-M16	DIN 6340	8
Guía de Riel	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	30x30x800	Según plano	2
Placa perfil	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90		Según plano	4
Protección de Descarrilamiento	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90		Según plano	3



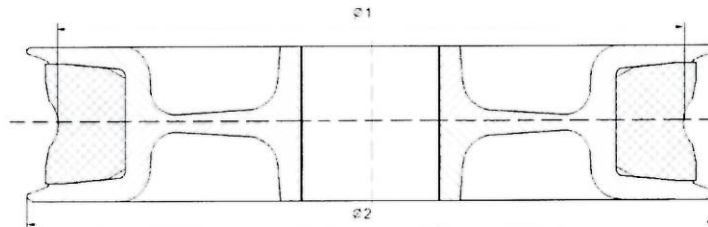
Tope	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	30x245x270	Según plano	2
Guía de Riel	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	30x30x200	Según plano	6
Placa Sujeción	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	10x90x100	Según plano	2
Placa Sujeción	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	10x50x100	Según plano	2
Perno U-Bolt	Acero Inox AISI 304	Ninguno	M16x110 D=60	DIN 3570	4
Bocín	Bronce SAE-64	Ninguno	60Dx80	Según plano	12
Tope	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	30x100x290	Según plano	4
Eje Balance	Acero Inox AISI 410	Ninguno	D=60x352	Según plano	4
Tubo rectangular	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	TR 100X180 L=1600 e=6mm	Según plano	2
Camisa	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	D=70x220	Según plano	4
Polea	Duraluminio 7075	Ninguno	D=590/d=550	Según plano	12
Tope	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	30x135x390	Según plano	2
Placa eje	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	10x40x140	Según plano	6
Eje Soporte	Acero Inox AISI 410	Ninguno	D=85x365	Según plano	1
Camisa	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	D=145/d=85x265	Según plano	1
Eje Balance	Acero Inox AISI 410	Ninguno	D=70x345	Según plano	2
Estructura soporte	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	4780x865x265	Según plano	1
Camisa	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	70Dx265	Según plano	2
Recoge cable	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90		Según plano	6
Eje Polea	Acero Inox AISI 410	Ninguno	D=30x202.5	Según plano	12
Placa Polea	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	15x145x820	Según plano	12
Eje Balance	Acero Inox AISI 410	Ninguno	D=60x595	Según plano	2
Camisa	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	60Dx570	Según plano	2
Tubo rectangular	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	TR 150X250 L=2328 e=10mm	Según plano	2
Eje Balance	Acero Inox AISI 410	Ninguno	D=85x400.5	Según plano	2
Camisa	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	D=135/d=85x375	Según plano	2
Sujeción Ménsula 2	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90		Según plano	1

El elemento polea consta de los siguientes componentes:

DENOMINACIÓN	UNIDAD	CANT.
Rodamiento de bolas 6311-2rs1/c3. D=120/d=55x29	U	24
Disco de protección de duraluminio 7075. Según plano.	U	24
Anillo de la polea. Duraluminio 7075. D=590x17.7	U	12
Anillo de retención acero al carbono. D=550	U	12
Línea de caucho D=550/d=550x100	U	12
Anillo de seguridad 55x2. Din 475	U	24
Camisa polea. Acero A572 gr50. Según plano.	U	12

El detalle de cada elemento se describe en el plano de conjunto QC-OR-PL-MEC-TP-005. Las poleas deben ser fabricadas de una aleación de aluminio-cobre, con revestimiento blando (caucho o material sintético similar) que no dañe la superficie del cable, como se especifica en la norma europea EN 13223, este material debe tener un módulo de elasticidad que no supere los 5 000 N/mm<sup>2</sup>.

Según la norma europea EN12930, el revestimiento debe contener una garganta que asegure el guiado del cable. La profundidad total de la garganta  $(\varnothing 2 - \varnothing 1)/2$  debe ser de mínimo 18 mm.



$\varnothing 2$  = diámetro externo de la polea

$\varnothing 1$  = diámetro del revestimiento

El Acero ASTM 572 GRADO 50 se requiere para la fabricación de estructuras y elementos adicionales como: placas de soporte, anti-descarriladores, soportes para los detectores de descarrilamiento y topes, que se utilizan para completar el ensamble de los elementos. Todos los elementos anteriormente mencionados se deben galvanizar para garantizar su vida útil, de ser necesario es posible el maquinado posterior para conservar tolerancias mínimas.

Recogedor de cable es un elemento de acero ASTM 572 Gr 50 que debe permitir el paso de la pinza desembragable independientemente del movimiento del tren de rodillos. La profundidad de garganta debe ser mínimo de 27 mm como se especifica en la norma europea EN 12930.

Para los elementos sometidos a fatiga como los ejes se utilizará acero inoxidable AISI 410 o equivalente para disminuir los efectos de la corrosión.

Los rodamientos deben garantizar un funcionamiento mínimo de 25 000 horas.

### **Materiales**

- Suministro tren de 12 poleas a tracción D=420.

### **Mano de Obra**



- No aplica

### Equipos y Herramientas

- No aplica

### Medición y forma de pago.-

El suministro se medirá en UNIDADES, siempre y cuando se verifique, que los materiales estén conforme a la norma vigente (EN 12929-1 o equivalente) y cumplan con los certificados de calidad requeridos por cada norma específica y el respectivo control de calidad realizado mediante radiografía industrial certificada del 100% del lote de poleas, para validar la calidad de las mismas, de tal manera que cumplan con las especificaciones mínimas estipuladas en los términos de referencia y satisfagan a la Fiscalización.

El pago se realizará al precio unitario establecido en el contrato y comprende la compensación total por la provisión, transporte, y almacenamiento previo al montaje, y todas las demás actividades y materiales necesarios para la completa ejecución de la obra aprobado por la Fiscalización.

TP-004

**Rubro** ENSAMBLE Y MONTAJE TREN DE 12 POLEAS A TRACCIÓN D=550

**Unidad** U

### Definición

Cosiste en la colocación de un tren de 12 poleas o rodillos completamente armado, en la parte superior de la piona denominada ménsula.

Este tren de poleas permite el paso del cable por la parte superior e inferior del soporte de esta forma el cable genera tanto una reacción de compresión y tracción en el tren de poleas.

### Descripción

El sistema de tren de poleas debe ser ensamblado y montado para soportar la carga del cable portador tractor y de cada una de las cabinas que forman parte del sistema. Este montaje se realiza conforme a la norma UNE-EN 13223 o similares.

Una vez suministrado todo el sistema se requiere realizar el ensamble del tren de poleas. El ensamble consiste en tomar los elementos suministrados y armar el tren de poleas.

### **Poleas.-**

Las poleas armadas contienen anillos de sujeción, una línea de caucho acorde a las características señaladas en la descripción técnica del suministro, rodamientos, pernos de sujeción. Este ensamble se realiza utilizando la prensa hidráulica, torcómetro y equipos de herramienta menor.

### **Estructuras.-**

El sistema de tren de poleas consta de una estructura de soporte que tiene la función de contener todo el tren de poleas colocadas en la ménsula de en la parte superior de las pilonas.

Para las soldaduras regirá el Structural Welding Code de la American Welding Society (AWS), particularmente WPS previamente calificados según la norma AWS D.1.1. Anexo H, capítulo 3 numerales 3.2.1, 3.3, 3.7 y capítulo 4.

Los electrodos deben cumplir con los siguientes parámetros:

#### Propiedades mecánicas

	Límite de fluencia MPa (ksi)	Límite de rotura MPa (ksi)	Elongación %	Charpy V-muesca J(ft- lbf) @ -29°C (-20°F)
Requerimientos – AWS E7018	400 (58) min.	490 (70) min.	22 min.	27 (20) min.

	% C	%Mn	%Si	%P	%S	%NI
Requerimientos – AWS E7018	0.15 máx.	1.6 máx.	0.75 máx.	0.035 máx.	0.035 máx.	0.30 máx.

Finalizado el ensamble se realiza el montaje del sistema para esto se realiza lo siguiente:

Para elevar el sistema de poleas se requiere de una grúa telescópica móvil que toma el tren de poleas desde el suelo y lo coloca en la ménsula.

Durante el montaje también se colocan todos los sistemas de seguridad como: anti-descarriladores, recoge cables, topes. Además de sistemas de control y cableado que permiten detectar el descarrilamiento.

### **Materiales**

Se necesita como mínimo para el montaje los siguientes elementos:

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
DISCO DE CORTE 7 1/2"	U	4,00
KIT DE GALVANIZADO EN FRÍO (SPRAY)	U	1,00
GRATA	U	4,00
DISCO DE DESBASTE	U	4,00
ELECTRODO AWS E7018	KG	20,00

### Mano de Obra

Se necesita como mínimo la siguiente mano de obra:

1 TÉCNICO MECÁNICO DE BALANCINES
4 MECÁNICO DE ENSAMBLE
4 AYUDANTE DE MECÁNICO
1 SOLDADOR ASME

### Equipos y Herramientas

Los equipos y herramientas mínimos necesarios para el montaje son los siguientes:

- EQUIPO DE METROLOGÍA
- HERRAMIENTA MENOR PARA PROCESOS MECÁNICOS
- GRÚA (ALQUILER)
- PRENSA HIDRAULICA
- SOLDADORA ELÉCTRICA 300A
- TORCÓMETRO DIGITAL

### Medición y forma de pago.-

La medición se realizará por unidad de tren de poleas ensambladas, colocadas en la parte superior de las pilonas, montado en la estructura de acuerdo a lo establecido en los términos de referencia.

El pago se realizará al precio unitario establecido en el contrato y comprende la compensación total por el transporte, montaje, y todas las demás actividades necesarias para la completa ejecución de la obra aprobado por la Fiscalización.



TP-005

**Rubro** SUMINISTRO TREN DE 12 POLEAS A COMPRESION D=420

**Unidad** U

### Definición

El tren de poleas o rodillos es un sistema utilizado para dirigir y sostener el cable tractor-portador a lo largo de la línea. Este sistema, en cada una de las pilonas, debe ajustarse a la trayectoria e impedir que el cable se separe de las poleas.

### Descripción

El mínimo de elementos que constituyen el tren de doce poleas del tipo compresión, con un peso total de 1 501 kg, son los siguientes:

DENOMINACIÓN	MATERIAL	RECUBRIMIENTO	OBSERVACIONES	NORMA/PLANO	CANT.
Sujeción Ménsula 1	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90		Según plano	1
Tuerca hexagonal	DIN 267 PARTE 4	Galvanizado	M20	DIN 934	6
Arandela plana		Galvanizado	A21-M20	DIN 125	6
Sujeción Ménsula 3	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90		Según plano	1
Perno hexagonal	ISO 8.8	Galvanizado	M12 x 25	DIN 933	4
Guía de Riel	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	30x30x400	Según plano	2
Guía de Riel	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	30x30x800	Según plano	2
Bocín	Bronce SAE-64	Ninguno	60Dx40	Según plano	4
Bocín	Bronce SAE-64	Ninguno	70Dx40	Según plano	6
Placa Sujeción	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	10x32x100	Según plano	2
Perno U-bolt	Acero al carbono	Galvanizado	M12x100x60D	DIN 3570	2
Placa Sujeción	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	10x80x100	Según plano	2
Perno U-bolt	Acero al carbono	Galvanizado	M12x100x50D	DIN 3570	2
Placa Sujeción	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	10x100x100	Según plano	2
Perno U-bolt	Acero al carbono	Galvanizado	M12x120x70D	DIN 3570	2
Placa eje	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	10x40x140	Según plano	4
Perno hexagonal	ISO 8.8	Galvanizado	M8 x 25	DIN 933	12
Perno hexagonal	ISO 8.8	Galvanizado	M16 x 50	DIN 933	18
Tuerca hexagonal	DIN 267 PARTE 4	Galvanizado	M16	DIN 934	30
Arandela plana		Galvanizado	A17-M16	DIN 125	30
Perno hexagonal	ISO 8.8	Galvanizado	M16 x 35	DIN 933	4
Perno hexagonal	ISO 8.8	Galvanizado	M12 x 30	DIN 933	9
Perno hexagonal	ISO 8.8	Galvanizado	M24 x 120	DIN 933	4
Perno hexagonal-Sujeción	ISO 8.8	Galvanizado	30Dx500	DIN 933	6
Tope	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	30x145x400	Según plano	2
Tope	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	30x230x305	Según plano	1



Eje Balance	Acero Inox AISI 410	Ninguno	60Dx322.5	Según plano	2
Camisa	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	60Dx240	Según plano	2
Tubo Cuadrado	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	4178x250x240	Según plano	1
Protección de Descarrilamiento	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90		Según plano	1
Tubo Cuadrado	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	2120x180x100	Según plano	1
Sujeción Ménsula 2	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90		Según plano	1
Eje Soporte	Acero Inox AISI 410	Ninguno	70Dx370	Según plano	1
Camisa	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	70Dx280	Según plano	1
Placa	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	10x130x170	Según plano	2
Eje Balance	Acero Inox AISI 410	Ninguno	50Dx543	Según plano	2
Camisa	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	50Dx495	Según plano	2
Eje Balance	Acero Inox AISI 410	Ninguno	70Dx433	Según plano	2
Camisa	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	70Dx404	Según plano	2
Bocín	Bronce SAE-64	Ninguno	50Dx40	Según plano	8
Tuerca hexagonal	DIN 267 PARTE 4	Galvanizado	M12	DIN 934	20
Arandela plana		Galvanizado	A13-M12	DIN 125	20
Perno U-bolt	Acero al carbono	Galvanizado	M12x80x50D	DIN 3570	4
Guía de Riel	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	30x30x200	Según plano	6
Tope	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	20x40x320	Según plano	4
Polea	Duraluminio 7075	Ninguno	420D	Según plano	12
Eje Polea	Acero Inox AISI 410	Ninguno	25.5DX190	Según plano	12
Placa Polea Adelante	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	12.5x150x970	Según plano	6
Placa Polea Atras	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	12.5x150x750	Según plano	6
Recoge cable	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90		Según plano	6
Placa	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	15x195x265	Según plano	6
Eje Balance	Acero Inox AISI 410	Ninguno	50Dx304	Según plano	4
Tubo Cuadrado	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	1492x80x160	Según plano	2
Placa perfil	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	495X220X15	Según plano	4
Camisa	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	D=80/d=50X275	Según plano	4

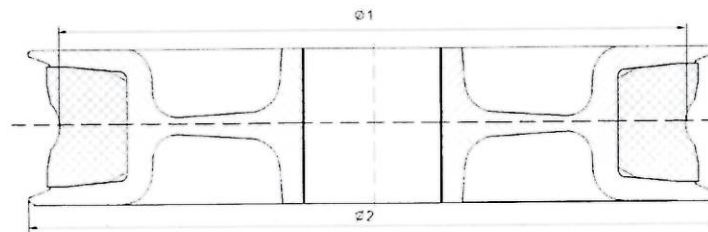
El elemento polea consta de los siguientes componentes:

DENOMINACIÓN	UNIDAD	CANT.
Rodamiento de bolas 6309-2rs1/c3. D=120/d=55x29	U	24
Disco de protección de duraluminio 7075. Según plano.	U	24
Anillo de la polea. Duraluminio 7075. Según plano.	U	12
Anillo de retención acero al carbono. D=420	U	12
Línea de caucho D=420/d=330x78	U	12
Anillo de seguridad 45x2.5. DIN 475	U	24
Camisa polea. Acero A572 gr50. Según plano.	U	12

El detalle de los elementos mencionados se describe en el plano de conjunto QC-OR-PL-MEC-TP-007

Las poleas deben ser fabricadas de una aleación de aluminio-cobre , con revestimiento blando ( caucho o material sintético similar) que no dañe la superficie del cable, como se especifica en la norma europea EN 13223, este material debe tener un módulo de elasticidad que no supere los 5 000 N/mm<sup>2</sup>.

Según la norma europea EN12930, el revestimiento debe contener una garganta que asegure el Guiado del cable. La profundidad total de la garganta  $(\varnothing 2 - \varnothing 1)/2$  debe ser de mínimo 18 mm.



$\varnothing 2 =$  diámetro externo de la polea

$\varnothing 1 =$  diámetro del revestimiento

El Acero ASTM 572 GRADO 50 se requiere para la fabricación de estructuras y elementos adicionales como: placas de soporte, anti-descarriladores, soportes para los detectores de descarrilamiento y topes, que se utilizan para completar el ensamble de los elementos. Todos los elementos anteriormente mencionados se deben galvanizar para garantizar su vida útil, de ser necesario es posible el maquinado posterior para conservar tolerancias mínimas.

Recogedor de cable es un elemento de acero ASTM 572 Gr 50 que debe permitir el paso de la pinza desembragable independientemente del movimiento del tren de rodillos. La profundidad de garganta debe ser mínimo de 27 mm como se especifica en la norma europea EN 12930.

Para los elementos sometidos a fatiga como los ejes se utilizará acero inoxidable AISI 410 o equivalente para disminuir los efectos de la corrosión.

Los rodamientos deben garantizar un funcionamiento mínimo de 25 000 horas.

### **Materiales**

- Suministro tren de 10 poleas a compresión D=420.

### **Mano de Obra**

- No aplica

### **Equipos y Herramientas**

- No aplica

### **Medición y forma de pago.-**

El suministro se medirá en UNIDADES, siempre y cuando se verifique que los materiales estén conforme a la norma vigente (EN 12929-1 o equivalente), contengan los certificados de material entregados por el fabricante de acuerdo a la norma que se especifica para cada material y el respectivo control de calidad realizado mediante radiografía industrial certificada del 100% del lote de poleas, para validar la calidad de las mismas, de tal manera que cumplan con las especificaciones mínimas estipuladas en los términos de referencia y satisfagan a la Fiscalización.

El pago se realizará al precio unitario establecido en el contrato y comprende la compensación total por la provisión, transporte, y almacenamiento previo al montaje, y todas las demás actividades y materiales necesarios para la completa ejecución de la obra aprobado por la Fiscalización.

TP-006	<b>Rubro</b>	ENSAMBLE Y MONTAJE TREN DE 12 POLEAS A COMPRESION D=420
	<b>Unidad</b>	U

### **Definición**

Cosiste en la colocación de un tren de 12 poleas o rodillos completamente armado, en la parte superior de la piona denominada ménsula.



Este tren de poleas permite el paso del cable por la parte superior e inferior del soporte de esta forma el cable genera tanto una reacción de compresión y tracción en el tren de poleas.

### Descripción

El sistema de tren de poleas debe ser ensamblado y montado para soportar la carga del cable portador tractor y de cada una de las cabinas que forman parte del sistema. Este montaje se realiza conforme a la norma UNE-EN 13223 o similares.

Una vez suministrado todo el sistema se requiere realizar el ensamble del tren de poleas. El ensamble consiste en tomar los elementos suministrados y armar el tren de poleas.

### Poleas.-

Las poleas armadas contienen anillos de sujeción, una línea de caucho acorde a las características señaladas en la descripción técnica del suministro, rodamientos, pernos de sujeción. Este ensamble se realiza utilizando la prensa hidráulica, torcómetro y equipos de herramienta menor.

### Estructuras.-

El sistema de tren de poleas consta de una estructura de soporte que tiene la función de contener todo el tren de poleas colocadas en la ménsula de en la parte superior de las pilonas.

Para las soldaduras regiré el Structural Welding Code de la American Welding Society (AWS), particularmente WPS previamente calificados según la norma AWS D.1.1. Anexo H, capítulo 3 numerales 3.2.1, 3.3, 3.7 y capítulo 4.

Los electrodos deben cumplir con los siguientes parámetros:

### Propiedades mecánicas

	Límite de fluencia MPa (ksi)	Límite de rotura MPa (ksi)	Elongación %	Charpy V-muesca J(ft- lbf) @ -29°C (-20°F)
Requerimientos - AWS E7018	400 (58) min.	490 (70) min.	22 min.	27 (20) min.

	% C	%Mn	%Si	%P	%S	%NI
Requerimientos - AWS E7018	0.15 máx.	1.6 máx.	0.75 máx.	0.035 máx.	0.035 máx.	0.30 máx.

Finalizado el ensamble se realiza el montaje del sistema para esto se realiza lo siguiente:



Para elevar el sistema de poleas se requiere de una grúa telescópica móvil que toma el tren de poleas desde el suelo y lo coloca en la ménsula.

Durante el montaje también se colocan todos los sistemas de seguridad como: anti-descarriladores, recoge cables, topes. Además de sistemas de control y cableado que permiten detectar el descarrilamiento.

### **Materiales**

Se necesita como mínimo para el montaje los siguientes elementos:

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
DISCO DE CORTE 7 1/2"	U	4,00
KIT DE GALVANIZADO EN FRÍO (SPRAY)	U	1,00
GRATA	U	4,00
DISCO DE DESBASTE	U	4,00
ELECTRODO AWS E7018	KG	20,00

### **Mano de Obra**

Se necesita como mínimo la siguiente mano de obra:

1 TÉCNICO MECÁNICO DE BALANCINES
4 MECÁNICO DE ENSAMBLE
4 AYUDANTE DE MECÁNICO
1 SOLDADOR ASME

### **Equipos y Herramientas**

Los equipos y herramientas mínimos necesarios para el montaje son los siguientes:

- EQUIPO DE METROLOGÍA
- HERRAMIENTA MENOR PARA PROCESOS MECÁNICOS
- GRÚA (ALQUILER)
- PRENSA HIDRAULICA
- SOLDADORA ELÉCTRICA 300A
- TORCÓMETRO DIGITAL

### **Medición y forma de pago.-**

La medición se realizará por unidad de tren de poleas ensambladas, colocadas en la parte superior de las pilonas, montado en la estructura de acuerdo a lo establecido en los términos de referencia.

El pago se realizará al precio unitario establecido en el contrato y comprende la compensación total por el transporte, montaje, y todas las demás actividades necesarias para la completa ejecución de la obra aprobado por la Fiscalización.

TP-007

**Rubro** SUMINISTRO TREN DE 10 POLEAS A TRACCIÓN D=550

**Unidad** U

### Definición

El tren de poleas o rodillos es un sistema utilizado para dirigir y sostener el cable tractor-portador a lo largo de la línea. Este sistema, en cada una de las pilonas, debe ajustarse a la trayectoria e impedir que el cable se separe de las poleas.

### Descripción

El mínimo de elementos que constituyen el tren de diez poleas del tipo tracción, con un peso total de 1 769 kg, son los siguientes:

DENOMINACIÓN	MATERIAL	RECUBRIMIENTO	DIMENSIONES	OBSERVACIONES	CANT.
Placa perfil	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90		Según plano	2
Sujeción Ménsula 2	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90		Según plano	1
Sujeción Ménsula 3	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90		Según plano	1
Bocín	Bronce SAE-64	Ninguno	70Dx40	Según plano	2
Bocín	Bronce SAE-64	Ninguno	60Dx40	Según plano	10
Bocín	Bronce SAE-64	Ninguno	85Dx40	Según plano	6
Placa Sujeción	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	10x100x150	Según plano	1
Perno U-bolt	Acero al carbono	Galvanizado	M12x130xD=60	DIN 3570	1
Arandela plana		Galvanizado	A13 M12	DIN 125	2
Perno U-bolt	Acero al carbono	Galvanizado	M12x100 D=85	DIN 3570	1
Placa Sujeción	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	10x30x105	Según plano	1
Tuerca hexagonal	DIN 267 PARTE 4	Galvanizado	M12	DIN 934	6
Arandela plana		Galvanizado	A13 M12	DIN 6340	4
Placa Sujeción	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	10x120x150	Según plano	1
Perno U-bolt	Acero al carbono	Galvanizado	M12x165 D=85	DIN 931	1
Guía de Riel	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	30x30x1000	Según plano	1
Guía de Riel	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	30x30x200	Según plano	5
Tuerca hexagonal	DIN 267 PARTE 4	Galvanizado	M5	DIN 934	20
Perno hexagonal	ISO 8.8	Galvanizado	M5 x 40	DIN 933	20
Tuerca hexagonal	DIN 267 PARTE 4	Galvanizado	M20	DIN 934	16
Arandela plana		Galvanizado	A21 M20	DIN 125	16
Perno hexagonal	ISO 8.8	Galvanizado	M12 x 35	DIN 933	9
Perno hexagonal	ISO 8.8	Galvanizado	M12 x 30	DIN 933	8
Perno hexagonal	ISO 8.8	Galvanizado	M24 x 120	DIN 933	4
Perno hexagonal Sujeción	ISO 8.8	Galvanizado	D=20x500	DIN 933	6



Guía de Riel	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	30x30x800	Según plano	2
Camisa	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	D=85x475	Según plano	1
Eje Balance	Acero Inox AISI 410	Ninguno	D=85x500.5	Según plano	1
Placa Sujeción	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	10x50x100	Según plano	1
Tubo rectangular	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	TR 265x970 L=4020	Según plano	1
Protección de Descarrilamiento	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90		Según plano	3
Tope	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	30x245x270	Según plano	1
Camisa	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	D=85x375	Según plano	1
Eje Balance	Acero Inox AISI 410	Ninguno	D=85x400.5	Según plano	1
Tubo rectangular	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	TR 250X150 L=2328	Según plano	1
Camisa	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	D=60x570	Según plano	1
Eje Balance	Acero Inox AISI 410	Ninguno	D=60x595	Según plano	1
Placa Polea	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	15x145x820	Según plano	10
Recoge cable	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90		Según plano	5
Camisa	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	D=70x265	Según plano	1
Eje Balance	Acero Inox AISI 410	Ninguno	D=70x345	Según plano	1
Tuerca hexagonal	DIN 267 PARTE 4	Galvanizado	M16	DIN 934	8
Arandela plana		Galvanizado	A17 M16	DIN 6340	8
Perno U-bolt	Acero al carbono	Galvanizado	M16x110 D=60	DIN 3570	4
Placa Sujeción	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	10x90x100	Según plano	3
Tope	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	30x100x290	Según plano	4
Eje Balance	Acero Inox AISI 410	Ninguno	D=60x352	Según plano	4
Tubo Rectangular	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	TR 100X180 L=1600	Según plano	2
Camisa	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	D=60x220	Según plano	4
Polea	Duraluminio 7075	Ninguno	D=590/d=550	Según plano	10
Eje Polea	Acero Inox AISI 410	Ninguno	D=30x202.5	Según plano	10
Placa eje	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	10x40x140	Según plano	4
Eje Soporte	Acero Inox AISI 410	Ninguno	D=85x365	Según plano	1
Camisa	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	D=85x265	Según plano	1
Sujeción Ménsula 1	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90		Según plano	2
Tope	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	30x135x390	Según plano	2

El elemento polea consta de los siguientes elementos:

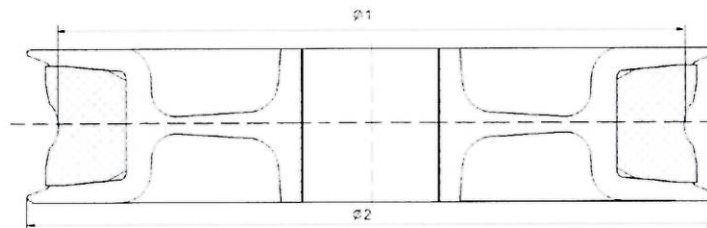
DENOMINACIÓN	UNIDAD	CANT.
Rodamiento de bolas 6311-2rs1/c3. D=120/d=55x29	U	20
Disco de protección de duraluminio 7075. Según plano.	U	20
Anillo de la polea. Duraluminio 7075. D=590x17.7	U	10
Anillo de retención acero al carbono. D=550	U	10

Línea de caucho D=550/d=550x100	U	10
Anillo de seguridad 55x2. Din 475	U	20
Camisa polea. Acero A572 gr50. Según plano.	U	10

El detalle de los elementos descritos se encuentra en el plano de conjunto QC-OR-PL-MEC-TP-006

El tren de poleas contiene 10 poleas de diámetro  $D=550$  mm, las poleas deben ser fabricadas de una aleación de aluminio-cobre, con revestimiento blando (caucho o material sintético similar) que no dañe la superficie del cable, como se especifica en la Norma europea EN 13223, este material debe tener un módulo de elasticidad que no supere los  $5\,000\text{ N/mm}^2$ .

Según la norma europea EN12930, el revestimiento debe contener una garganta que asegure el guiado del cable. La profundidad total de la garganta  $(\varnothing 2 - \varnothing 1)/2$  debe ser de mínimo 18 mm.



$\varnothing 2 =$  diámetro externo de la polea

$\varnothing 1 =$  diámetro del revestimiento

El Acero ASTM 572 GRADO 50 se requiere para la fabricación de estructuras y elementos adicionales como: placas de soporte, anti-descarriladores, soportes para los detectores de descarrilamiento y topes, que se utilizan para completar el ensamble de los elementos. Todos los elementos anteriormente mencionados se deben galvanizar para garantizar su vida útil, de ser necesario es posible el maquinado posterior para conservar tolerancias mínimas. Las uniones se realizarán mediante tornillos galvanizados o de un material anticorrosivo.

El tren de balancines contiene sistemas de seguridad que impiden el descarrilamiento de los cables, antidescarriladores, recoge cables, detectores de descarrilamiento y topes.

Recogedor de cable es un elemento de acero ASTM 572 Gr 50 que debe permitir el paso de la pinza desembragable independientemente del movimiento del tren de rodillos. La



profundidad de garganta debe ser mínimo de 27 mm como se especifica en la norma europea EN 12930.

Se utilizara acero inoxidable AISI 410 o equivalente para los elementos sometidos a fatiga evitando los efectos de la corrosión.

Los rodamientos y cojinetes deben garantizar un funcionamiento mínimo de 25 000 horas.

Los balancines deben ser ensamblados de tal forma que se garantice la alineación entre las poleas.

### **Materiales**

- Suministro tren de 10 poleas a tracción  $d=550$

### **Mano de Obra**

- No aplica

### **Equipos y Herramientas**

- No aplica

### **Medición y forma de pago.-**

El suministro se medirá en UNIDADES, siempre y cuando se verifique que los materiales estén conforme a la norma vigente (EN 12929-1 o equivalente), contengan los certificados de material entregados por el fabricante de acuerdo a la norma que se especifica para cada material y el respectivo control de calidad realizado mediante radiografía industrial certificada del 100% del lote de poleas, para validar la calidad de las mismas, de tal manera que cumplan con las especificaciones mínimas estipuladas en los términos de referencia y satisfagan a la Fiscalización.

El pago se realizará al precio unitario establecido en el contrato y comprende la compensación total por la provisión, transporte, y almacenamiento previo al montaje, y todas las demás actividades y materiales necesarios para la completa ejecución de la obra aprobado por la Fiscalización.

TP-008

**Rubro** ENSAMBLE Y MONTAJE TREN DE 10 POLEAS A TRACCIÓN D=550

**Unidad** U

### **Definición**

Cosiste en la colocación de un tren de 10 poleas o rodillos completamente armado, en la parte superior de la piona denominada ménsula.

Este tren de poleas permite el paso del cable por la parte superior e inferior del soporte de esta forma el cable genera tanto una reacción de compresión y tracción en el tren de poleas.

### **Descripción**

El sistema de tren de poleas debe ser ensamblado y montado para soportar la carga del cable portador tractor y de cada una de las cabinas que forman parte del sistema. Este montaje se realiza conforme a la norma UNE-EN 13223 o similares.

Una vez suministrado todo el sistema se requiere realizar el ensamble del tren de poleas. El ensamble consiste en tomar los elementos suministrados y armar el tren de poleas.

### **Poleas.-**

Las poleas armadas contienen anillos de sujeción, una línea de caucho acorde a las características señaladas en la descripción técnica del suministro, rodamientos, pernos de sujeción. Este ensamble se realiza utilizando la prensa hidráulica, torcómetro y equipos de herramienta menor.

### **Estructuras.-**

El sistema de tren de poleas consta de una estructura de soporte que tiene la función de contener todo el tren de poleas colocadas en la ménsula de en la parte superior de las pilonas.

Para las soldaduras regirá el Structural Welding Code de la American Welding Society (AWS), particularmente WPS previamente calificados según la norma AWS D.1.1. Anexo H, capítulo 3 numerales 3.2.1, 3.3, 3.7 y capítulo 4.

Los electrodos deben cumplir con los siguientes parámetros:

Propiedades mecánicas

	Límite de fluencia MPa (ksi)	Límite de rotura MPa (ksi)	Elongación %	Charpy V-muesca J(ft- lbf) @ -29°C (-20°F)
Requerimientos – AWS E7018	400 (58) min.	490 (70) min.	22 min.	27 (20) min.

	% C	%Mn	%Si	%P	%S	%NI
Requerimientos – AWS E7018	0.15 máx.	1.6 máx.	0.75 máx.	0.035 máx.	0.035 máx.	0.30 máx.

Finalizado el ensamble se realiza el montaje del sistema para esto se realiza lo siguiente:  
Para elevar el sistema de poleas se requiere de una grúa telescópica móvil que toma el tren de poleas desde el suelo y lo coloca en la ménsula.

Durante el montaje también se colocan todos los sistemas de seguridad como: anti-descarriladores, recoge cables, topes. Además de sistemas de control y cableado que permiten detectar el descarrilamiento.

### Materiales

Se necesita como mínimo para el montaje los siguientes elementos:

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
DISCO DE CORTE 7 1/2"	U	4,00
KIT DE GALVANIZADO EN FRÍO (SPRAY)	U	1,00
GRATA	U	4,00
DISCO DE DESBASTE	U	4,00
ELECTRODO AWS E7018	KG	20,00

### Mano de Obra

Se necesita como mínimo la siguiente mano de obra:

1 TÉCNICO MECÁNICO DE BALANCINES
3 MECÁNICO DE ENSAMBLE
3 AYUDANTE DE MECÁNICO
1 SOLDADOR ASME

### Equipos y Herramientas

Los equipos y herramientas mínimos necesarios para el montaje son los siguientes:

- EQUIPO DE METROLOGÍA
- HERRAMIENTA MENOR PARA PROCESOS MECÁNICOS
- GRÚA (ALQUILER)
- PRENSA HIDRAULICA
- SOLDADORA ELÉCTRICA 300A
- TORCÓMETRO DIGITAL

### Medición y forma de pago.-



La medición se realizará por unidad de tren de poleas ensambladas, colocadas en la parte superior de las pilonas, montado en la estructura de acuerdo a lo establecido en los términos de referencia.

El pago se realizará al precio unitario establecido en el contrato y comprende la compensación total por el transporte, montaje, y todas las demás actividades necesarias para la completa ejecución de la obra aprobado por la Fiscalización.

TP-009

**Rubro** SUMINISTRO TREN DE 10 POLEAS A COMPRESION D=420

**Unidad** U

### Definición

El tren de poleas o rodillos es un sistema utilizado para dirigir y sostener el cable tractor-portador a lo largo de la línea. Este sistema, en cada una de las pilonas, debe ajustarse a la trayectoria e impedir que el cable se separe de las poleas.

### Descripción

El mínimo de elementos que constituyen el tren de diez poleas del tipo compresión, con un peso total de 1 225 kg, son los siguientes:

DENOMINACIÓN	MATERIAL	RECUBRIMIENTO	DIMENSIONES	OBSERVACIONES	CANT.
Sujeción Ménsula 2	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90		Según plano	1
Tuerca hexagonal	DIN 267 PARTE 4	Galvanizado	M20	DIN 934	6
Arandela plana		Galvanizado	A21 M20	DIN 125	6
Sujeción Ménsula 3	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90		Según plano	1
Guía de Riel	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	30x30x800	Según plano	2
Guía de Riel	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	30x30x400	Según plano	2
Bocín	Bronce SAE-64	Ninguno	60Dx40	Según plano	2
Bocín	Bronce SAE-64	Ninguno	70Dx40	Según plano	6
Placa Sujeción	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	10x38x100	Según plano	1
Perno U-bolt	Acero al carbono	Galvanizado	M12x110 D=70	DIN 3570	1
Placa Sujeción	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	10x32x100	Según plano	2
Perno U-bolt	Acero al carbono	Galvanizado	M12x100 D=60	DIN 3570	2
Arandela plana		Galvanizado	A17 M16	DIN 125	15
Perno U-bolt	Acero al carbono	Galvanizado	M12x100 D=50	DIN 3570	1
Perno Hexagonal	ISO 8.8	Galvanizado	M16 x 50	DIN 933	15
Perno Hexagonal	ISO 8.8	Galvanizado	M8 x 25	DIN 933	10
Placa Sujeción	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	10x80x100	Según plano	1
Perno U-bolt	Acero al carbono	Galvanizado	M11x120 D=70	DIN 3570	1
Placa Sujeción	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	10x100x100	Según plano	1
Tuerca hexagonal	DIN 267 PARTE 4	Galvanizado	M16	DIN 934	25
Perno Hexagonal	ISO 8.8	Galvanizado	M12 x 35	DIN 933	9
Perno Hexagonal	ISO 8.8	Galvanizado	M12 x 30	DIN 933	4
Perno Hexagonal	ISO 8.8	Galvanizado	M24 x 120	DIN 933	4
Perno Hexagonal de Sujeción	ISO 8.8	Galvanizado	D=20 X 500	DIN 933	6
Placa eje	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	10x40x140	Según plano	2

Eje Balance	Acero Inox AISI 410	Ninguno	D=70x370	Según plano	1
Camisa	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	d=70x280	Según plano	1
Sujeción Ménsula 1	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90		Según plano	1
Tope	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	30X365X485	Según plano	1
Eje Soporte	Acero Inox AISI 410	Ninguno	D=70X533	Según plano	1
Camisa	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	d=70x505	Según plano	1
Eje Balance	Acero Inox AISI 410	Ninguno	D=60x313	Según plano	1
Tubo Rectangular	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	TR 220x220 L=3521	Según plano	1
Camisa	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	d=60x220	Según plano	1
Protección de Descarrilamiento	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90		Según plano	3
Tope	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	30x230x305	Según plano	1
Placa	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	10x130x170	Según plano	1
Eje Balance	Acero Inox AISI 410	Ninguno	D=50x543	Según plano	1
Camisa	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	d=50x495	Según plano	1
Tubo Rectangular	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	TR 100x180 L=2120 e=10mm	Según plano	1
Eje Balance	Acero Inox AISI 410	Ninguno	D=70x433	Según plano	1
Camisa	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	d=70x400	Según plano	1
Bocín	Bronce SAE-64	Ninguno	50Dx40	Según plano	10
Tuerca hexagonal	DIN 267 PARTE 4	Galvanizado	M12	DIN 934	18
Arandela plana		Galvanizado	A13 M12	DIN 125	18
Perno U-bolt	Acero al carbono	Galvanizado	M12x80 D=50	DIN 3570	4
Guía de Riel	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	30x30x200	Según plano	4
Tope	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	20x40x320	Según plano	4
Polea	Duraluminio 7075	Ninguno	D=458/d=420 x 125	Según plano	10
Eje Polea	Acero Inox AISI 410	Ninguno	D=30x190	Según plano	10
Placa Polea Adelante	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	12.5x150x970	Según plano	5
Placa Polea Atras	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	12.5x150x750	Según plano	5
Recoge cable	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90		Según plano	5
Placa	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	15x195x265	Según plano	5
Eje Balance	Acero Inox AISI 410	Ninguno	D=50x304	Según plano	4
Tubo Rectangular	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	80x160x1492	Según plano	2
Placa perfil	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	485X220X15	Según plano	4
Camisa	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	D=80/d=50X275	Según plano	4

El elemento polea consta de los siguientes componentes:

DENOMINACIÓN	UNIDAD	CANT.
Rodamiento de bolas 6309-2rs1/c3. D=120/d=55x29	U	20
Disco de protección de duraluminio 7075. Según plano.	U	20
Anillo de la polea. Duraluminio 7075. Según plano.	U	10

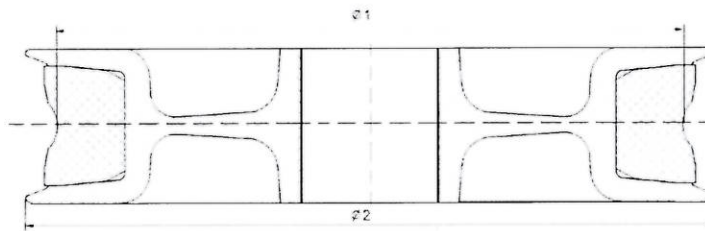


Anillo de retención acero al carbono. D=420	U	10
Línea de caucho D=420/d=330x78	U	10
Anillo de seguridad 45x2.5. Din 475	U	20
Camisa polea. Acero A572 gr50. Según plano.	U	10

El detalle de los elementos mencionados se describe en el plano de conjunto QC-OR-PL-MEC-TP-006.

Las poleas deben ser fabricadas de una aleación de aluminio-cobre , con revestimiento blando ( caucho o material sintético similar) que no dañe la superficie del cable, como se especifica en la norma europea EN 13223, este material debe tener un módulo de elasticidad que no supere los 5 000 N/mm<sup>2</sup>.

Según la norma europea EN12930, el revestimiento debe contener una garganta que asegure el Guiado del cable. La profundidad total de la garganta  $(\varnothing 2 - \varnothing 1)/2$  debe ser de mínimo 18 mm.



$\varnothing 2$  = diámetro externo de la polea

$\varnothing 1$  = diámetro del revestimiento

El Acero ASTM 572 GRADO 50 se requiere para la fabricación de estructuras y elementos adicionales como: placas de soporte, anti-descarriladores, soportes para los detectores de descarrilamiento y topes, que se utilizan para completar el ensamble de los elementos. Todos los elementos anteriormente mencionados se deben galvanizar para garantizar su vida útil, de ser necesario es posible el maquinado posterior para conservar tolerancias mínimas. Las uniones se realizarán mediante tornillos galvanizados o de un material anticorrosivo.

Recogedor de cable es un elemento de acero ASTM 572 Gr 50 que debe permitir el paso de la pinza desembragable independientemente del movimiento del tren de rodillos. La profundidad de garganta debe ser mínimo de 27 mm como se especifica en la norma europea EN 12930.

Para los elementos sometidos a fatiga como los ejes se utilizará acero inoxidable AISI 410 o equivalente para disminuir los efectos de la corrosión.

Los rodamientos deben garantizar un funcionamiento mínimo de 25 000 horas.

### **Materiales**

- Suministro tren de 10 poleas a compresión D=420.

### **Mano de Obra**

- No aplica

### **Equipos y Herramientas**

- No aplica

### **Medición y forma de pago.-**

El suministro se medirá en UNIDADES, siempre y cuando se verifique que los materiales estén conforme a la norma vigente (EN 12929-1 o equivalente), contengan los certificados de material entregados por el fabricante de acuerdo a la norma que se especifica para cada material y el respectivo control de calidad realizado mediante radiografía industrial certificada del 100% del lote de poleas, para validar la calidad de las mismas, de tal manera que cumplan con las especificaciones mínimas estipuladas en los términos de referencia y satisfagan a la Fiscalización.

El pago se realizará al precio unitario establecido en el contrato y comprende la compensación total por la provisión, transporte, y almacenamiento previo al montaje, y todas las demás actividades y materiales necesarios para la completa ejecución de la obra aprobado por la Fiscalización.

TP-010	<b>Rubro</b>	ENSAMBLE Y MONTAJE TREN DE 10 POLEAS A COMPRESION D=420
	<b>Unidad</b>	U

### **Definición**

Cosiste en la colocación de un tren de 10 poleas o rodillos completamente armado, en la parte superior de la piona denominada ménsula.

Este tren de poleas permite el paso del cable por la parte superior e inferior del soporte de esta forma el cable genera tanto una reacción de compresión y tracción en el tren de poleas.

### Descripción

El sistema de tren de poleas debe ser ensamblado y montado para soportar la carga del cable portador tractor y de cada una de las cabinas que forman parte del sistema. Este montaje se realiza conforme a la norma UNE-EN 13223 o similares.

Una vez suministrado todo el sistema se requiere realizar el ensamble del tren de poleas. El ensamble consiste en tomar los elementos suministrados y armar el tren de poleas.

### Poleas.-

Las poleas armadas contienen anillos de sujeción, una línea de caucho acorde a las características señaladas en la descripción técnica del suministro, rodamientos, pernos de sujeción. Este ensamble se realiza utilizando la prensa hidráulica, torcómetro y equipos de herramienta menor.

### Estructuras.-

El sistema de tren de poleas consta de una estructura de soporte que tiene la función de contener todo el tren de poleas colocadas en la ménsula de en la parte superior de las pilonas.

Para las soldaduras regirá el Structural Welding Code de la American Welding Society (AWS), particularmente WPS previamente calificados según la norma AWS D.1.1. Anexo H, capítulo 3 numerales 3.2.1, 3.3, 3.7 y capítulo 4.

Los electrodos deben cumplir con los siguientes parámetros:

### Propiedades mecánicas

	Límite de fluencia MPa (ksi)	Límite de rotura MPa (ksi)	Elongación %	Charpy V-muesca J(ft- lbf) @ -29°C (-20°F)
Requerimientos – AWS E7018	400 (58) min.	490 (70) min.	22 min.	27 (20) min.

	% C	%Mn	%Si	%P	%S	%NI
Requerimientos – AWS E7018	0.15 máx.	1.6 máx.	0.75 máx.	0.035 máx.	0.035 máx.	0.30 máx.



Finalizado el ensamble se realiza el montaje del sistema para esto se realiza lo siguiente:  
Para elevar el sistema de poleas se requiere de una grúa telescópica móvil que toma el tren de poleas desde el suelo y lo coloca en la ménsula.

Durante el montaje también se colocan todos los sistemas de seguridad como: anti-descarriladores, recoge cables, topes. Además de sistemas de control y cableado que permiten detectar el descarrilamiento.

### **Materiales**

Se necesita como mínimo para el montaje los siguientes elementos:

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
DISCO DE CORTE 7 1/2"	U	4,00
KIT DE GALVANIZADO EN FRÍO (SPRAY)	U	1,00
GRATA	U	4,00
DISCO DE DESBASTE	U	4,00
ELECTRODO AWS E7018	KG	20,00

### **Mano de Obra**

Se necesita como mínimo la siguiente mano de obra:

1 TÉCNICO MECÁNICO DE BALANCINES
3 MECÁNICO DE ENSAMBLE
3 AYUDANTE DE MECÁNICO
1 SOLDADOR ASME

### **Equipos y Herramientas**

Los equipos y herramientas mínimos necesarios para el montaje son los siguientes:

- EQUIPO DE METROLOGÍA
- HERRAMIENTA MENOR PARA PROCESOS MECÁNICOS
- GRÚA (ALQUILER)
- PRENSA HIDRAULICA
- SOLDADORA ELÉCTRICA 300A
- TORCÓMETRO DIGITAL

### **Medición y forma de pago.-**

La medición se realizará por unidad de tren de poleas ensambladas, colocadas en la parte superior de las pilonas, montado en la estructura de acuerdo a lo establecido en los términos de referencia.



El pago se realizará al precio unitario establecido en el contrato y comprende la compensación total por el transporte, montaje, y todas las demás actividades necesarias para la completa ejecución de la obra aprobado por la Fiscalización.

TP-011

**Rubro** SUMINISTRO TREN DE 8 POLEAS A TRACCIÓN D=550

**Unidad** U

### Definición

El tren de poleas o rodillos es un sistema utilizado para dirigir y sostener el cable tractor-portador a lo largo de la línea. Este sistema, en cada una de las pylonas, debe ajustarse a la trayectoria e impedir que el cable se separe de las poleas.

### Descripción

El mínimo de elementos que constituyen el tren de ocho poleas del tipo tracción, con un peso total de 1 179 kg, son los siguientes:

DENOMINACIÓN	MATERIAL	RECUBRIMIENTO	DIMENSIONES	OBSERVACIONES	CANT.
Sujeción Ménsula 3	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90		Según plano	1
Sujeción Ménsula 1	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90		Según plano	2
Sujeción Ménsula 2	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90		Según plano	1
Polea	Duraluminio 7075	Ninguno	D=590/d=550	Según plano	8
Tuerca hexagonal	DIN 267 PARTE 4	Galvanizado	M12	DIN 934	4
Arandela plana		Galvanizado	A13-M12	DIN 6340	4
Placa Sujeción	DIN 267 PARTE 4	Galvanizado	10x120x150	Según plano	2
Perno U-bolt	Acero al carbono	Galvanizado	M12x190x85	DIN 3570	2
Bocín	DIN 267 PARTE 4	Galvanizado	D=70x40	Según plano	2
Bocín	Bronce SAE-64	Ninguno	D=85x40	Según plano	4
Tuerca hexagonal	DIN 267 PARTE 4	Galvanizado	M5	DIN 934	16
Perno hexagonal	ISO 8.8	Galvanizado	M5 x 40	DIN 933	16
Tuerca hexagonal	DIN 267 PARTE 4	Galvanizado	M20	DIN 934	14
Arandela plana		Galvanizado	A 21- M20	DIN 125	14
Perno hexagonal	ISO 8.8	Galvanizado	M12 x 30	DIN 933	10
Perno hexagonal	ISO 8.8	Galvanizado	M24 x 120	DIN 933	4
Perno hexagonal de Sujeción	ISO 8.8	Galvanizado	M20x500	DIN 933	6
Guía de Riel	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	30x30x1000	Según plano	2
Placa eje	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	10x40x140	Según plano	2
Eje Soporte	Acero Inox AISI 410	Ninguno	D=70x355	Según plano	1
Camisa	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	70Dx265	Según plano	1
Tope	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	30x135x390	Según plano	2
Protección de	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90		Según plano	2



Descarrilamiento					
Guía de Riel	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	30x30x200	Según plano	4
Bocín	Bronce SAE-64	Ninguno	D=60x40	Según plano	8
Tuerca hexagonal	DIN 267 PARTE 4	Galvanizado	M16	DIN 934	8
Arandela plana		Galvanizado	A17-M16	DIN 6340	8
Perno U-bolt	ISO 8.8	Galvanizado	M16x110x60	DIN 933	4
Placa Sujeción	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	10x90x120	Según plano	4
Tope	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	30x100x290	Según plano	4
Eje Balance	Acero Inox AISI 410	Ninguno	D=60x352	Según plano	4
Tubo rectangular	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	TR 100x180 L=1600	Según plano	2
Camisa	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	60Dx220	Según plano	4
Recoge cable	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90		Según plano	4
Eje Polea	Acero Inox AISI 410	Ninguno	D=30x202.5	Según plano	8
Placa polea	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	15x145x820	Según plano	8
Eje Balance	Acero Inox AISI 410	Ninguno	D=85x451	Según plano	2
Camisa	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	85Dx420	Según plano	2
Tubo rectangular	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	TR 300X200 L=3062	Según plano	1

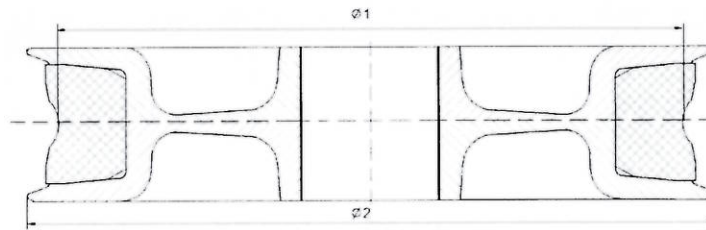
El elemento polea consta de los siguientes componentes:

DENOMINACIÓN	UNIDAD	CANT.
Rodamiento de bolas 6311-2rs1/c3. D=120/d=55x29	U	16
Disco de protección de duraluminio 7075. Según plano.	U	16
Anillo de la polea. Duraluminio 7075. D=590x17.7	U	8
Anillo de retención acero al carbono. D=550	U	8
Línea de caucho D=550/d=550x100	U	8
Anillo de seguridad 55x2. Din 475	U	16
Camisa polea. Acero A572 gr50. Según plano.	U	8

El detalle de los elementos mencionados se describe en el plano de conjunto QC-OR-PL-MEC-TP-003

Las poleas deben ser fabricadas de una aleación de aluminio-cobre, con revestimiento blando (caucho o material sintético similar) que no dañe la superficie del cable, como se especifica en la norma europea EN 13223, este material debe tener un módulo de elasticidad que no supere los 5 000 N/mm<sup>2</sup>.

Según la norma europea EN12930, el revestimiento debe contener una garganta que asegure el Guiado del cable. La profundidad total de la garganta  $(\phi 2 - \phi 1)/2$  debe ser de mínimo 18 mm.



$\varnothing 2$  = diámetro externo de la polea

$\varnothing 1$  = diámetro del revestimiento

El Acero ASTM 572 GRADO 50 se requiere para la fabricación de estructuras y elementos adicionales como: placas de soporte, anti-descarriladores, soportes para los detectores de descarrilamiento y topes, que se utilizan para completar el ensamble de los elementos. Todos los elementos anteriormente mencionados se deben galvanizar para garantizar su vida útil, de ser necesario es posible el maquinado posterior para conservar tolerancias mínimas. Las uniones se realizarán mediante tornillos galvanizados o de un material anticorrosivo.

Recogedor de cable es un elemento de acero ASTM 572 Gr 50 que debe permitir el paso de la pinza desembragable independientemente del movimiento del tren de rodillos. La profundidad de garganta debe ser mínimo de 27 mm como se especifica en la norma europea EN 12930.

Para los elementos sometidos a fatiga como los ejes se utilizará acero inoxidable AISI 410 o equivalente para disminuir los efectos de la corrosión.

Los rodamientos 6311-2RS1/C3 D=100/d=45 x 25 deben garantizar un funcionamiento mínimo de 25 000 horas.

### **Materiales**

- Suministro tren de 12 poleas a compresión D=420.

### **Mano de Obra**

- No aplica

### **Equipos y Herramientas**

- No aplica

### **Medición y forma de pago.-**

El suministro se medirá en UNIDADES, siempre y cuando se verifique que los materiales estén conforme a la norma vigente (EN 12929-1 o equivalente), contengan los certificados de material entregados por el fabricante de acuerdo a la norma que se especifica para cada material y el respectivo control de calidad realizado mediante radiografía industrial certificada del 100% del lote de poleas, para validar la calidad de las mismas, de tal manera que cumplan con las especificaciones mínimas estipuladas en los términos de referencia y satisfagan a la Fiscalización.

El pago se realizará al precio unitario establecido en el contrato y comprende la compensación total por la provisión, transporte, y almacenamiento previo al montaje, y todas las demás actividades y materiales necesarios para la completa ejecución de la obra aprobado por la Fiscalización.

TP-012

**Rubro** ENSAMBLE Y MONTAJE TREN DE 8 POLEAS A TRACCIÓN D=550

**Unidad** U

### **Definición**

Cosiste en la colocación de un tren de 8 poleas o rodillos completamente armado, en la parte superior de la piona denominada ménsula.

Este tren de poleas permite el paso del cable por la parte superior e inferior del soporte de esta forma el cable genera tanto una reacción de compresión y tracción en el tren de poleas.

### **Descripción**

El sistema de tren de poleas debe ser ensamblado y montado para soportar la carga del cable portador tractor y de cada una de las cabinas que forman parte del sistema. Este montaje se realiza conforme a la norma UNE-EN 13223 o similares.

Una vez suministrado todo el sistema se requiere realizar el ensamble del tren de poleas.

El ensamble consiste en tomar los elementos suministrados y armar el tren de poleas.

### **Poleas.-**



Las poleas armadas contienen anillos de sujeción, una línea de caucho acorde a las características señaladas en la descripción técnica del suministro, rodamientos, pernos de sujeción. Este ensamble se realiza utilizando la prensa hidráulica, torcómetro y equipos de herramienta menor.

### Estructuras.-

El sistema de tren de poleas consta de una estructura de soporte que tiene la función de contener todo el tren de poleas colocadas en la ménsula de en la parte superior de las pilonas.

Para las soldaduras regirá el Structural Welding Code de la American Welding Society (AWS), particularmente WPS previamente calificados según la norma AWS D.1.1. Anexo H, capítulo 3 numerales 3.2.1, 3.3, 3.7 y capítulo 4.

Los electrodos deben cumplir con los siguientes parámetros:

### Propiedades mecánicas

	Límite de fluencia MPa (ksi)	Límite de rotura Mpa (ksi)	Elongación %	Charpy V-muesca J(ft- lbf) @ -29°C (-20°F)
Requerimientos – AWS E7018	400 (58) min.	490 (70) min.	22 min.	27 (20) min.

	% C	%Mn	%Si	%P	%S	%NI
Requerimientos – AWS E7018	0.15 máx.	1.6 máx.	0.75 máx.	0.035 máx.	0.035 máx.	0.30 máx.

Finalizado el ensamble se realiza el montaje del sistema para esto se realiza lo siguiente:

Para elevar el sistema de poleas se requiere de una grúa telescópica móvil que toma el tren de poleas desde el suelo y lo coloca en la ménsula.

Durante el montaje también se colocan todos los sistemas de seguridad como: anti-descarriladores, recoge cables, topes. Además de sistemas de control y cableado que permiten detectar el descarrilamiento.

### Materiales

Se necesita como mínimo para el montaje los siguientes elementos:

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
DISCO DE CORTE 7 1/2"	U	4,00
KIT DE GALVANIZADO EN FRÍO (SPRAY)	U	1,00
GRATA	U	4,00

DISCO DE DESBASTE	U	4,00
ELECTRODO AWS E7018	KG	20,00

### Mano de Obra

Los equipos y herramientas mínimos necesarios para el montaje son los siguientes:

1 TÉCNICO MECÁNICO DE BALANCINES
3 MECÁNICO DE ENSAMBLE
3 AYUDANTE DE MECÁNICO
1 SOLDADOR ASME

### Equipos y Herramientas

Se usa básicamente los siguientes elementos:

- EQUIPO DE METROLOGÍA
- HERRAMIENTA MENOR PARA PROCESOS MECÁNICOS
- GRÚA (ALQUILER)
- PRENSA HIDRAULICA
- SOLDADORA ELÉCTRICA 300 <sup>a</sup>
- TORCÓMETRO DIGITAL

### Medición y forma de pago.-

La medición se realizará por unidad de tren de poleas ensambladas, colocadas en la parte superior de las pilonas, montado en la estructura de acuerdo a lo establecido en los términos de referencia.

El pago se realizará al precio unitario establecido en el contrato y comprende la compensación total por el transporte, montaje, y todas las demás actividades necesarias para la completa ejecución de la obra aprobado por la Fiscalización.

TP-013

**Rubro** SUMINISTRO TREN DE 6 POLEAS A TRACCIÓN D=550

**Unidad** U

### Definición

El tren de poleas o rodillos es un sistema utilizado para dirigir y sostener el cable tractor-portador a lo largo de la línea. Este sistema, en cada una de las pilonas, debe ajustarse a la trayectoria e impedir que el cable se separe de las poleas.

### Descripción

El mínimo de elementos que constituyen el tren de seis poleas del tipo tracción, con un peso total de 869 kg, son los siguientes:

DENOMINACIÓN	MATERIAL	RECUBRIMIENTO	DIMENSIONES	OBSERVACIONES	CANT.
Arandela plana		Galvanizado	A21-M20	DIN 125	6
Guía de Riel	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	30x30x180	Según plano	2
Guía de Riel	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	30x30x900	Según plano	1
Arandela plana		Galvanizado	A17-M16	DIN 6340	4
Sujeción Ménsula 3	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90		Según plano	1
Arandela plana		Galvanizado	A13-M12	DIN 6340	4
Bocín	Bronce SAE-64	Ninguno	D=80/d=70 x 80	Según plano	2
Sujeción Ménsula 2	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90		Según plano	1
Perno hexagonal-Sujeción	ISO 8.8	Galvanizado	D=20x500	DIN 933	6
Placa Sujeción	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	10x50x100	Según plano	1
Tuerca hexagonal	DIN 267 PARTE 4	Galvanizado	M16	DIN 934	4
Perno U-bolt	Acero al carbono	Galvanizado	M16x110 D=60	DIN 3570	2
Placa Sujeción	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	10x90x100	Según plano	1
Placa Sujeción	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	10x100x150	Según plano	1
Perno U-bolt	Acero al carbono	Galvanizado	M12x130 D=60	DIN 3570	1
Perno hexagonal	ISO 8.8	Galvanizado	M12 x 30	DIN 933	4
Tuerca hexagonal	DIN 267 PARTE 4	Galvanizado	M12	DIN 934	4
Placa Sujeción	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	10x120x150	Según plano	1
Perno U-bolt	Acero al carbono	Galvanizado	M12x165 D=85	DIN 3570	1
Perno hexagonal	ISO 8.8	Galvanizado	M12 x 35	DIN 933	6
Perno hexagonal	ISO 8.8	Galvanizado	M24 x 120	DIN 933	4
Tuerca hexagonal	DIN 267 PARTE 4	Galvanizado	M20	DIN 934	12
Bocín	Bronce SAE-64	Ninguno	D=95/d=85x140	Según plano	1
Guía de Riel	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	30x30x280	Según plano	1
Placa eje	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	10x40x140	Según plano	2



Eje Soporte	Acero Inox AISI 410	Ninguno	D=70x355	Según plano	1
Protección de descarrilamiento	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90		Según plano	2
Tope 3	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	30x245x270	Según plano	1
Bocín	Bronce SAE-64	Ninguno	D=70/d=60x80	Según plano	6
Tuerca hexagonal	DIN 267 PARTE 4	Galvanizado	M5	DIN 934	12
Perno hexagonal	ISO 8.8	Galvanizado	M5 x 40	DIN 933	12
Tope 2	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	30x100x290	Según plano	2
Eje Balance 3	Acero Inox AISI 410	Ninguno	D=60x352	Según plano	2
Tubo rectangular	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	TR 100 X 180 L=1600 e=10mm	Según plano	1
Camisa 4	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	D=100/d=60 x 220	Según plano	2
Polea	Duraluminio 7075	Ninguno	D=590/d=550	Según plano	6
Tope 1	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	30x135x390	Según plano	1
Camisa 3	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	D=120/d=70 x 265	Según plano	1
Recoge cable	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90		Según plano	3
Eje Polea	Acero Inox AISI 410	Ninguno	D=30x207.5	Según plano	6
Placa Polea	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	15x145x820	Según plano	6
Eje Balance 2	Acero Inox AISI 410	Ninguno	D=60x595	Según plano	1
Camisa 2	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	D=110/d=60 x 570	Según plano	1
Tubo rectangular	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	TR 250 X 150 L=2328 e=10mm	Según plano	1
Eje Balance 1	Acero Inox AISI 410	Ninguno	D=85x400.5	Según plano	1
Camisa 1	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	D=125/d=85 x 375	Según plano	1
Sujeción Ménsula 1	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90		Según plano	2

El elemento polea consta de los siguientes componentes:

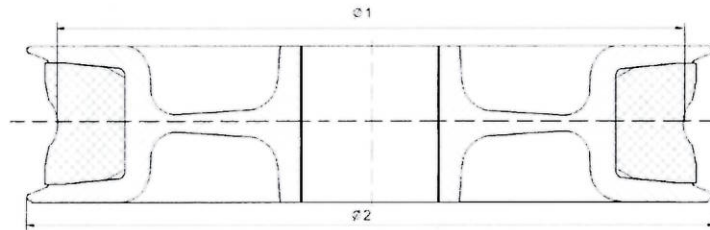
DENOMINACIÓN	UNIDAD	CANT.
Rodamiento de bolas 6311-2rs1/c3. D=120/d=55x29	U	12
Disco de protección de duraluminio 7075. Según plano.	U	12
Anillo de la polea. Duraluminio 7075. D=590x17.7	U	6
Anillo de retención acero al carbono. D=550	U	6
Línea de caucho D=550/d=550x100	U	6
Anillo de seguridad 55x2. Din 475	U	12
Camisa polea. Acero A572 gr50. Según plano.	U	6

El detalle de los elementos mencionados se describe en el plano de conjunto QC-OR-PL-MEC-TP-002

Las poleas deben ser fabricadas de una aleación de aluminio-cobre , con revestimiento blando ( caucho o material sintético similar) que no dañe la superficie del cable, como se

especifica en la norma europea EN 13223, este material debe tener un módulo de elasticidad que no supere los 5 000 N/mm<sup>2</sup>.

Según la norma europea EN12930, el revestimiento debe contener una garganta que asegure el guiado del cable. La profundidad total de la garganta  $(\varnothing 2 - \varnothing 1)/2$  debe ser de mínimo 18 mm.



$\varnothing 2$  = diámetro externo de la polea

$\varnothing 1$  = diámetro del revestimiento

El Acero ASTM 572 GRADO 50 se requiere para la fabricación de estructuras y elementos adicionales como: placas de soporte, anti-descarriladores, soportes para los detectores de descarrilamiento y topes, que se utilizan para completar el ensamble de los elementos. Todos los elementos anteriormente mencionados se deben galvanizar para garantizar su vida útil, de ser necesario es posible el maquinado posterior para conservar tolerancias mínimas. Las uniones se realizarán mediante tornillos galvanizados o de un material anticorrosivo.

Recogedor de cable es un elemento de acero ASTM 572 Gr 50 que debe permitir el paso de la pinza desembragable independientemente del movimiento del tren de rodillos. La profundidad de garganta debe ser mínimo de 27 mm como se especifica en la norma europea EN 12930.

Para los elementos sometidos a fatiga como los ejes se utilizará acero inoxidable AISI 410 o equivalente para disminuir los efectos de la corrosión.

Los rodamientos 6311-2RS1/C3 D=100/d=45 x 25 deben garantizar un funcionamiento mínimo de 25 000 horas.

### **Materiales**

- Suministro tren de 12 poleas a compresión D=420.

### **Mano de Obra**

- No aplica

### Equipos y Herramientas

- No aplica

### Medición y forma de pago.-

El suministro se medirá en UNIDADES, siempre y cuando se verifique, que los materiales estén conforme a la norma vigente (EN 12929-1 o equivalente), contengan los certificados de material entregados por el fabricante de acuerdo a la norma que se especifica para cada material y el respectivo control de calidad realizado mediante radiografía industrial certificada del 100% del lote de poleas, para validar la calidad de las mismas, de tal manera que cumplan con las especificaciones mínimas estipuladas en los términos de referencia y satisfagan a la Fiscalización.

El pago se realizará al precio unitario establecido en el contrato y comprende la compensación total por la provisión, transporte, y almacenamiento previo al montaje, y todas las demás actividades y materiales necesarios para la completa ejecución de la obra aprobado por la Fiscalización.

TP-014	<b>Rubro</b>	ENSAMBLE Y MONTAJE TREN DE 6 POLEAS A TRACCIÓN D=550
	<b>Unidad</b>	U

### Definición

Cosiste en la colocación de un tren de 6 poleas o rodillos completamente armado, en la parte superior de la piona denominada ménsula.

Este tren de poleas permite el paso del cable por la parte superior e inferior del soporte de esta forma el cable genera tanto una reacción de compresión y tracción en el tren de poleas.

### Descripción

El sistema de tren de poleas debe ser ensamblado y montado para soportar la carga del cable portador tractor y de cada una de las cabinas que forman parte del sistema. Este montaje se realiza conforme a la norma UNE-EN 13223 o similares.



Una vez suministrado todo el sistema se requiere realizar el ensamble del tren de poleas. El ensamble consiste en tomar los elementos suministrados y armar el tren de poleas.

### **Poleas.-**

Las poleas armadas contienen anillos de sujeción, una línea de caucho acorde a las características señaladas en la descripción técnica del suministro, rodamientos, pernos de sujeción. Este ensamble se realiza utilizando la prensa hidráulica, torcómetro y equipos de herramienta menor.

### **Estructuras.-**

El sistema de tren de poleas consta de una estructura de soporte que tiene la función de contener todo el tren de poleas colocadas en la ménsula de en la parte superior de las pilonas.

Para las soldaduras regirá el Structural Welding Code de la American Welding Society (AWS), particularmente WPS previamente calificados según la norma AWS D.1.1. Anexo H, capítulo 3 numerales 3.2.1, 3.3, 3.7 y capítulo 4.

Los electrodos deben cumplir con los siguientes parámetros:

#### Propiedades mecánicas

	Límite de fluencia MPa (ksi)	Límite de rotura MPa (ksi)	Elongación %	Charpy V-muesca J(ft- lbf) @ -29°C (-20°F)
Requerimientos – AWS E7018	400 (58) min.	490 (70) min.	22 min.	27 (20) min.

	% C	%Mn	%Si	%P	%S	%NI
Requerimientos – AWS E7018	0.15 máx.	1.6 máx.	0.75 máx.	0.035 máx.	0.035 máx.	0.30 máx.

Finalizado el ensamble se realiza el montaje del sistema para esto se realiza lo siguiente:

Para elevar el sistema de poleas se requiere de una grúa telescópica móvil que toma el tren de poleas desde el suelo y lo coloca en la ménsula.

Durante el montaje también se colocan todos los sistemas de seguridad como: anti-descarriladores, recoge cables, topes. Además de sistemas de control y cableado que permiten detectar el descarrilamiento.

### **Materiales**

Se necesita como mínimo para el montaje los siguientes elementos:

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
DISCO DE CORTE 7 1/2"	U	4,00
KIT DE GALVANIZADO EN FRÍO (SPRAY)	U	1,00
GRATA	U	4,00
DISCO DE DESBASTE	U	4,00
ELECTRODO AWS E7018	KG	20,00

### Mano de Obra

Se necesita como mínimo la siguiente mano de obra:

1 TÉCNICO MECÁNICO DE BALANCINES
2 MECÁNICO DE ENSAMBLE
2 AYUDANTE DE MECÁNICO
1 SOLDADOR ASME

### Equipos y Herramientas

Los equipos y herramientas mínimos necesarios para el montaje son los siguientes:

- EQUIPO DE METROLOGÍA
- HERRAMIENTA MENOR PARA PROCESOS MECÁNICOS
- GRÚA (ALQUILER)
- PRENSA HIDRAULICA
- SOLDADORA ELÉCTRICA 300A
- TORCÓMETRO DIGITAL

### Medición y forma de pago.-

La medición se realizará por unidad de tren de poleas ensambladas, colocadas en la parte superior de las pilonas, montado en la estructura de acuerdo a lo establecido en los términos de referencia.

El pago se realizará al precio unitario establecido en el contrato y comprende la compensación total por el transporte, montaje, y todas las demás actividades necesarias para la completa ejecución de la obra aprobado por la Fiscalización.

TP-015

**Rubro** SUMINISTRO TREN DE 4 POLEAS A TRACCIÓN D=550

**Unidad** U

### Definición

El tren de poleas o rodillos es un sistema utilizado para dirigir y sostener el cable tractor-portador a lo largo de la línea. Este sistema, en cada una de las pylonas, debe ajustarse a la trayectoria e impedir que el cable se separe de las poleas.

### Descripción

El mínimo de elementos que constituyen el tren de cuatro poleas del tipo tracción, con un peso total de 331 kg, son los siguientes:

DENOMINACIÓN	MATERIAL	RECUBRIMIENTO	DIMENSIONES	OBSERVACIONES	CANT.
Tuerca hexagonal	DIN 267 PARTE 4	Galvanizado	M20	DIN 934	4
Arandela plana		Galvanizado	A 21 - M20	DIN 125	4
Perno hexagonal	ISO 8.8	Galvanizado	M8 x 50	DIN 933	2
Tuerca hexagonal	DIN 267 PARTE 4	Galvanizado	M16	DIN 934	4
Arandela plana		Galvanizado	A17-M16	DIN 125	4
Guía de Riel	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	30x30x200	Según plano	2
Placa Sujeción 2	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	10x90x100	Según plano	1
Placa Sujeción 1	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	10x50x100	Según plano	1
Perno U-bolt	Acero al carbono	Galvanizado	M16x110 D=60	DIN 3570	2
Bocín	Bronce SAE-64	Ninguno	D=70/d=60 x L=80	Según plano	4
Tope	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	100x290x30	Según plano	2
Eje Balance	Acero Inox AISI 410	Ninguno	D=60x352	Según plano	2
Tubo Rectangular	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	TR 100x180x1600 e=10mm	Según plano	1
Camisa	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	D=100/d=60 x 220	Según plano	2
Recoge cable	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90		Según plano	2
Polea	Duraluminio 7075	Ninguno	D=590/d=550	Según plano	4
Eje Polea	Acero Inox AISI 410	Ninguno	D=30x207.5	Según plano	4
Placa Polea	Acero A572 Gr50	Galvanizado G90	15x145x820	Según plano	4

El elemento polea consta de los siguientes componentes:

DENOMINACIÓN	UNIDAD	CANT.
Rodamiento de bolas 6311-2rs1/c3. D=120/d=55x29	U	8
Disco de protección de duraluminio 7075. Según plano.	U	8
Anillo de la polea. Duraluminio 7075. D=590x17.7	U	4

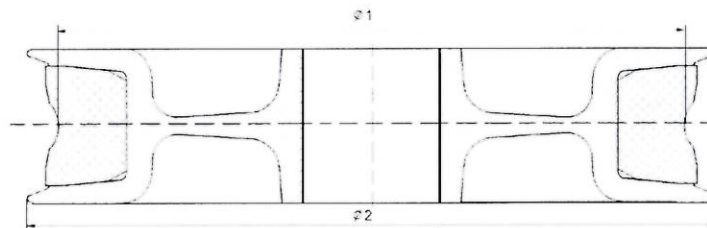


Anillo de retención acero al carbono. D=550	U	4
Línea de caucho D=550/d=550x100	U	4
Anillo de seguridad 55x2. Din 475	U	8
Camisa polea. Acero A572 gr50. Según plano.	U	4

El detalle de los elementos mencionados se describe en el plano de conjunto QC-OR-PL-MEC-TP-001

Las poleas deben ser fabricadas de una aleación de aluminio-cobre , con revestimiento blando ( caucho o material sintético similar) que no dañe la superficie del cable, como se especifica en la norma europea EN 13223, este material debe tener un módulo de elasticidad que no supere los 5 000 N/mm<sup>2</sup>.

Según la norma europea EN12930, el revestimiento debe contener una garganta que asegure el Guiado del cable. La profundidad total de la garganta  $(\varnothing 2 - \varnothing 1)/2$  debe ser de mínimo 18 mm.



$\varnothing 2 =$  diámetro externo de la polea

$\varnothing 1 =$  diámetro del revestimiento

El Acero ASTM 572 GRADO 50 se requiere para la fabricación de estructuras y elementos adicionales como: placas de soporte, anti-descarriladores, soportes para los detectores de descarrilamiento y topes, que se utilizan para completar el ensamble de los elementos. Todos los elementos anteriormente mencionados se deben galvanizar para garantizar su vida útil, de ser necesario es posible el maquinado posterior para conservar tolerancias mínimas. Las uniones se realizarán mediante tornillos galvanizados o de un material anticorrosivo.

Recogedor de cable es un elemento de acero ASTM 572 Gr 50 que debe permitir el paso de la pinza desembragable independientemente del movimiento del tren de rodillos. La

profundidad de garganta debe ser mínimo de 27 mm como se especifica en la norma europea EN 12930.

Para los elementos sometidos a fatiga como los ejes se utilizará acero inoxidable AISI 410 o equivalente para disminuir los efectos de la corrosión.

Los rodamientos 6311-2RS1/C3 D=100/d=45 x 25 deben garantizar un funcionamiento mínimo de 25 000 horas.

### **Materiales**

- Suministro tren de 12 poleas a compresión D=420.

### **Mano de Obra**

- No aplica

### **Equipos y Herramientas**

- No aplica

### **Medición y forma de pago.-**

El suministro se medirá en UNIDADES, siempre y cuando se verifique, que los materiales estén conforme a la norma vigente (EN 12929-1 o equivalente), contengan los certificados de material entregados por el fabricante de acuerdo a la norma que se especifica para cada material y el respectivo control de calidad realizado mediante radiografía industrial certificada del 100% del lote de poleas, para validar la calidad de las mismas, de tal manera que cumplan con las especificaciones mínimas estipuladas en los términos de referencia y satisfagan a la Fiscalización.

El pago se realizará al precio unitario establecido en el contrato y comprende la compensación total por la provisión, transporte, y almacenamiento previo al montaje, y todas las demás actividades y materiales necesarios para la completa ejecución de la obra aprobado por la Fiscalización.

TP-016

**Rubro** ENSAMBLE Y MONTAJE TREN DE 4 POLEAS A TRACCIÓN D=550

**Unidad** U

### **Definición**

Cosiste en la colocación de un tren de 4 poleas o rodillos completamente armado, en la parte superior de la piona denominada ménsula.

Este tren de poleas permite el paso del cable por la parte superior e inferior del soporte de esta forma el cable genera tanto una reacción de compresión y tracción en el tren de poleas.

### Descripción

El sistema de tren de poleas debe ser ensamblado y montado para soportar la carga del cable portador tractor y de cada una de las cabinas que forman parte del sistema. Este montaje se realiza conforme a la norma UNE-EN 13223 o similares.

Una vez suministrado todo el sistema se requiere realizar el ensamble del tren de poleas. El ensamble consiste en tomar los elementos suministrados y armar el tren de poleas.

### Poleas.-

Las poleas armadas contienen anillos de sujeción, una línea de caucho acorde a las características señaladas en la descripción técnica del suministro, rodamientos, pernos de sujeción. Este ensamble se realiza utilizando la prensa hidráulica, torcómetro y equipos de herramienta menor.

### Estructuras.-

El sistema de tren de poleas consta de una estructura de soporte que tiene la función de contener todo el tren de poleas colocadas en la ménsula de en la parte superior de las pilonas.

Para las soldaduras regirá el Structural Welding Code de la American Welding Society (AWS), particularmente WPS previamente calificados según la norma AWS D.1.1. Anexo H, capítulo 3 numerales 3.2.1, 3.3, 3.7 y capítulo 4.

Los electrodos deben cumplir con los siguientes parámetros:

### Propiedades mecánicas

	Límite de fluencia MPa (ksi)	Límite de rotura MPa (ksi)	Elongación %	Charpy V-muesca J(ft- lbf) @ -29°C (-20°F)
Requerimientos – AWS E7018	400 (58) min.	490 (70) min.	22 min.	27 (20) min.

	% C	%Mn	%Si	%P	%S	%NI
Requerimientos – AWS E7018	0.15 máx.	1.6 máx.	0.75 máx.	0.035 máx.	0.035 máx.	0.30 máx.



Finalizado el ensamble se realiza el montaje del sistema para esto se realiza lo siguiente:  
Para elevar el sistema de poleas se requiere de una grúa telescópica móvil que toma el tren de poleas desde el suelo y lo coloca en la ménsula.

Durante el montaje también se colocan todos los sistemas de seguridad como: anti-descarriladores, recoge cables, topes. Además de sistemas de control y cableado que permiten detectar el descarrilamiento.

### Materiales

Se necesita como mínimo para el montaje los siguientes elementos:

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
DISCO DE CORTE 7 1/2"	U	4,00
KIT DE GALVANIZADO EN FRÍO (SPRAY)	U	1,00
GRATA	U	4,00
DISCO DE DESBASTE	U	4,00
ELECTRODO AWS E7018	KG	20,00

### Mano de Obra

Se necesita como mínimo la siguiente mano de obra:

1 TÉCNICO MECÁNICO DE BALANCINES
2 MECÁNICO DE ENSAMBLE
2 AYUDANTE DE MECÁNICO
1 SOLDADOR ASME

### Equipos y Herramientas

Los equipos y herramientas mínimos necesarios para el montaje son los siguientes:

- EQUIPO DE METROLOGÍA
- HERRAMIENTA MENOR PARA PROCESOS MECÁNICOS
- GRÚA (ALQUILER)
- PRENSA HIDRAULICA
- SOLDADORA ELÉCTRICA 300A
- TORCÓMETRO DIGITAL

### Medición y forma de pago.-

La medición se realizará por unidad de tren de poleas ensambladas, colocadas en la parte superior de las pilonas, montado en la estructura de acuerdo a lo establecido en los términos de referencia.

El pago se realizará al precio unitario establecido en el contrato y comprende la compensación total por el transporte, montaje, y todas las demás actividades necesarias para la completa ejecución de la obra aprobado por la Fiscalización.

## 4. NORMAS CONSULTADAS

- [1] AENOR, «UNE-EN-12929-1; Requisitos de seguridad de las instalaciones de transporte por cable destinadas a personas. Requisitos generales. Parte I Requisitos aplicables a todas las instalaciones.» de *Sección 12: Tensión y guiado del cable.*, AENOR, 2015, p. 48.
- [2] AENOR, «UNE-EN-13223, Requisitos de seguridad de las instalaciones de transporte por cable destinados a personas. Sistemas de accionamiento y otros equipos mecánicos,» de *Sección 18.1.3 Trenes de rodillos para cable tractor y portador-tractor.*, AENOR, 2015.
- [3] AENOR, «UNE-EN-12930; Requisitos de seguridad de las instalaciones de transporte por cable destinados a personas. Cálculos,» de *Sección 7.6 Cables portante-tractores de los teleféricos.*, AENOR, 2015.
- [4] AENOR, «UNE-13223, Requisitos de seguridad de las instalaciones de transporte por cable destinadas a personas. Sistemas de accionamiento y otros equipos mecánicos,» de *Sección 18.1 Guiado de cables móviles.*, AENOR, 2015.
- [5] AENOR, «UNE-EN-13223; Requisitos de seguridad de las instalaciones de transporte por cable destinadas a personas. Sistemas de accionamiento y otros equipos mecánicos,» de *Sección 15: Cojinetes.*, AENOR, 2015.
- [6] AENOR, «UNE-EN-13223; Requisitos de seguridad de las instalaciones de transporte por cable destinados a personas. Sistemas de accionamiento y otros equipos mecánicos,» de *Sección 18.1.5 Antidescarriladores para cables portadores-tractores.*, AENOR, 2015.
- [7] AENOR, «UNE-EN-12930; Requisitos de seguridad de las instalaciones de transporte por cable destinadas a personas. Cálculos,» de *Sección: 10.9 Acciones accidentales*, AENOR, 2015.
- [8] AENOR, «UNE-EN-12929-1; Requisitos de seguridad de las instalaciones de transporte por cables. Requisitos generales. Parte I Requisitos aplicables a todas las instalaciones,» de *Sección: 14.5 Materiales.*, AENOR, 2015.

## 5. ANEXOS

A continuación se describe una tabla resumen de las pilonas, tren de balancines y plano correspondiente:

REF. PILONAS	UBICACIÓN	DESC. PILONAS		TIPO DE TREN DE POLEAS	CÓDIGO PLANO
	Abscisado (m)	Altura (m)	Ángulo de Inclinación (°)		
P01	0+009.000	9,73	0	C12D420	QC-OR-TT-MEC-TP-007
P02	0+032.840	10,96	0	T10D550	QC-OR-TT-MEC-TP-004
P03	0+171.072	20	0	T10D550	QC-OR-TT-MEC-TP-004
P04	0+382.645	28	0	T10D550	QC-OR-TT-MEC-TP-004
P05	0+631.777	29,7	0	T10D550	QC-OR-TT-MEC-TP-004
P06	0+797.950	23,89	0	T6D550	QC-OR-TT-MEC-TP-002
P07	0+883.410	21,25	0	T10D550	QC-OR-TT-MEC-TP-004
P08	0+968.490	6,16	0	C12D420	QC-OR-TT-MEC-TP-007
P09	1+033.900	11,23	0	C12D420	QC-OR-TT-MEC-TP-007
P10	1+070.300	16,39	0	T6D550	QC-OR-TT-MEC-TP-002
P11	1+145.300	23,3	2,86	T6D550	QC-OR-TT-MEC-TP-002
P12	1+359.100	32,1	0	T10D550	QC-OR-TT-MEC-TP-004
P13	1+543.300	31,16	0	T8D550	QC-OR-TT-MEC-TP-003
P14	1+760.000	28,72	0	T10D550	QC-OR-TT-MEC-TP-004
P15	1+991.700	27,55	0	T8D550	QC-OR-TT-MEC-TP-003
P16	2+101.205	32,84	0	T8D550	QC-OR-TT-MEC-TP-003
P17	2+338.268	24,41	0	C8D420/T8D550	QC-OR-TT-MEC-TP-008
P18	2+660.400	5,92	5,71	T12D550	QC-OR-TT-MEC-TP-005
P19	2+728.900	8,49	0	C12D420	QC-OR-TT-MEC-TP-007
P20	2+762.600	10,52	11,31	C10D420	QC-OR-TT-MEC-TP-601
P21	2+828.700	26,37	14,04	T6D550	QC-OR-TT-MEC-TP-002
P22	2+953.190	21,72	14,04	T6D550	QC-OR-TT-MEC-TP-002
P23	3+083.070	14,36	11,31	T10D550	QC-OR-TT-MEC-TP-004
P24	3+159.000	15,06	-2,86	T12D550	QC-OR-TT-MEC-TP-005
P25	3+227.800	26,56	0	T8D550	QC-OR-TT-MEC-TP-003
P26	3+460.000	22,77	0	C8D420/T8D550	QC-OR-TT-MEC-TP-008



P27	3+608.200	24,7	0	T10D550	QC-OR-TT-MEC-TP-004
P28	3+676.060	9,16	0	C8D420/T8D550	QC-OR-TT-MEC-TP-008

### Lista de planos entregados

HOJA	CÓDIGO	CONTENIDO
1/104	QC-OR-PL-MEC-TP-001	Tren de 4 poleas tracción. Plano de conjunto.
2/104	QC-OR-PL-MEC-TP-101	Placa polea
3/104	QC-OR-PL-MEC-TP-102	Eje polea
4/104	QC-OR-PL-MEC-TP-103	Ensamble de la polea
5/104	QC-OR-PL-MEC-TP-104	Recoge-cable
6/104	QC-OR-PL-MEC-TP-105	Camisa 1
7/104	QC-OR-PL-MEC-TP-106	Tubo rectangular 1
8/104	QC-OR-PL-MEC-TP-107	Eje de balance 1
9/104	QC-OR-PL-MEC-TP-108	Elemento de sujeción (tope) 1
10/104	QC-OR-PL-MEC-TP-109	Detalle del bocín
11/104	QC-OR-PL-MEC-TP-110	Placa de sujeción 2
12/104	QC-OR-PL-MEC-TP-111	Placa de sujeción 1
13/104	QC-OR-PL-MEC-TP-112	Guía de riel
14/104	QC-OR-PL-MEC-TP-002	Tren de 6 poleas tracción. Plano de conjunto.
15/104	QC-OR-PL-MEC-TP-201	Sujeción ménsula 1
16/104	QC-OR-PL-MEC-TP-202	Camisa 4
17/104	QC-OR-PL-MEC-TP-203	Eje de balance 3
18/104	QC-OR-PL-MEC-TP-204	Tubo rectangular 2
19/104	QC-OR-PL-MEC-TP-205	Camisa 2
20/104	QC-OR-PL-MEC-TP-206	Eje balance 2
21/104	QC-OR-PL-MEC-TP-207	Camisa 3
22/104	QC-OR-PL-MEC-TP-208	Tope 2
23/104	QC-OR-PL-MEC-TP-209	Sujeción ménsula 3
24/104	QC-OR-PL-MEC-TP-210	Sujeción ménsula 2
25/104	QC-OR-PL-MEC-TP-211	Tope 3
26/104	QC-OR-PL-MEC-TP-212	Protector de descarrilamiento
27/104	QC-OR-PL-MEC-TP-213	Eje soporte
28/104	QC-OR-PL-MEC-TP-214	Placa eje
29/104	QC-OR-PL-MEC-TP-215	Placa de sujeción 3
30/104	QC-OR-PL-MEC-TP-216	Placa de sujeción 4
31/104	QC-OR-PL-MEC-TP-003	Tren de 8 poleas tracción. Plano de conjunto.
32/104	QC-OR-PL-MEC-TP-301	Tubo Rectangular 3

33/104	QC-OR-PL-MEC-TP-302	Camisa 5
34/104	QC-OR-PL-MEC-TP-303	Eje Balance 4
35/104	QC-OR-PL-MEC-TP-004	Tren de 10 poleas tracción. Plano de conjunto.
36/104	QC-OR-PL-MEC-TP-401	Camisa 6
37/104	QC-OR-PL-MEC-TP-402	Placa Sujeción 5
38/104	QC-OR-PL-MEC-TP-403	Tubo Rectangular 4
39/104	QC-OR-PL-MEC-TP-404	Eje Balance 5
40/104	QC-OR-PL-MEC-TP-405	Camisa 7
41/104	QC-OR-PL-MEC-TP-406	Placa Sujeción 6
42/104	QC-OR-PL-MEC-TP-407	Placa perfil 1
43/104	QC-OR-PL-MEC-TP-005	Tren de 12 poleas tracción. Plano de conjunto.
44/104	QC-OR-PL-MEC-TP-501	Tubo Rectangular 5
45/104	QC-OR-PL-MEC-TP-502	Placa perfil 2
46/104	QC-OR-PL-MEC-TP-006	Tren de 10 poleas compresión. Plano de conjunto.
47/104	QC-OR-PL-MEC-TP-601	Tubo Rectangular 6
48/104	QC-OR-PL-MEC-TP-602	Eje Balance 6
49/104	QC-OR-PL-MEC-TP-603	Placa 1
50/104	QC-OR-PL-MEC-TP-604	Recoge cable 1
51/104	QC-OR-PL-MEC-TP-605	Placa Polea Atrás
52/104	QC-OR-PL-MEC-TP-606	Placa Polea Adelante
53/104	QC-OR-PL-MEC-TP-607	Eje Polea 1
54/104	QC-OR-PL-MEC-TP-608	Polea 1
55/104	QC-OR-PL-MEC-TP-609	Tope 4
56/104	QC-OR-PL-MEC-TP-610	Camisa 8
57/104	QC-OR-PL-MEC-TP-611	Eje Balance 7
58/104	QC-OR-PL-MEC-TP-612	Tubo Rectangular 7
59/104	QC-OR-PL-MEC-TP-613	Camisa 9
60/104	QC-OR-PL-MEC-TP-614	Eje Balance 8
61/104	QC-OR-PL-MEC-TP-615	Placa 2
62/104	QC-OR-PL-MEC-TP-616	Tope 5
63/104	QC-OR-PL-MEC-TP-617	Camisa 10
64/104	QC-OR-PL-MEC-TP-618	Tubo Rectangular 8
65/104	QC-OR-PL-MEC-TP-619	Eje Balance 9
66/104	QC-OR-PL-MEC-TP-620	Camisa 11
67/104	QC-OR-PL-MEC-TP-621	Eje Balance 10
68/104	QC-OR-PL-MEC-TP-622	Tope 6
69/104	QC-OR-PL-MEC-TP-623	Camisa 12



70/104	QC-OR-PL-MEC-TP-624	Placa Sujeción 7
71/104	QC-OR-PL-MEC-TP-625	Placa Sujeción 8
72/104	QC-OR-PL-MEC-TP-626	Placa Sujeción 9
73/104	QC-OR-PL-MEC-TP-627	Placa Sujeción 10
74/104	QC-OR-PL-MEC-TP-628	Camisa 13
75/104	QC-OR-PL-MEC-TP-629	Placa perfil 3
76/104	QC-OR-PL-MEC-TP-630	Placa perfil 4
77/104	QC-OR-PL-MEC-TP-007	Tren de 12 poleas Compresión. Plano de conjunto.
78/104	QC-OR-PL-MEC-TP-701	Camisa 14
79/104	QC-OR-PL-MEC-TP-702	Tubo Rectangular 9
80/104	QC-OR-PL-MEC-TP-703	Camisa 15
81/104	QC-OR-PL-MEC-TP-704	Eje Balance 11
82/104	QC-OR-PL-MEC-TP-705	Tope 7
83/104	QC-OR-PL-MEC-TP-706	Placa Perfil 5
84/104	QC-OR-PL-MEC-TP-008	Tren de 8 poleas T/C. Plano de conjunto.
85/104	QC-OR-PL-MEC-TP-801	Placa 3
86/104	QC-OR-PL-MEC-TP-802	Tubo Rectangular 10
87/104	QC-OR-PL-MEC-TP-803	Placa 4
88/104	QC-OR-PL-MEC-TP-804	Eje Balance 12
89/104	QC-OR-PL-MEC-TP-805	Camisa 16
90/104	QC-OR-PL-MEC-TP-806	Eje Balance 13
91/104	QC-OR-PL-MEC-TP-807	Camisa 17
92/104	QC-OR-PL-MEC-TP-808	Tubo Rectangular 11
93/104	QC-OR-PL-MEC-TP-809	Placa 5
94/104	QC-OR-PL-MEC-TP-810	Placa de Sujeción 11
95/104	QC-OR-PL-MEC-TP-811	Tope 8
96/104	QC-OR-PL-MEC-TP-812	Eje Resorte
97/104	QC-OR-PL-MEC-TP-813	Placa eje 1
98/104	QC-OR-PL-MEC-TP-814	Eje Balance 14
99/104	QC-OR-PL-MEC-TP-815	Placa de Sujeción 12
100/104	QC-OR-PL-MEC-TP-816	Camisa 18
101/104	QC-OR-PL-MEC-TP-817	Tubo Rectangular 12
102/104	QC-OR-PL-MEC-TP-818	Placa 6
103/104	QC-OR-PL-MEC-TP-819	Eje Balance 15
104/104	QC-OR-PL-MEC-TP-820	Placa de Sujeción 13