

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR



PROYECTO FIN DE CARRERA

**ADAPTACIÓN DE UN VEHÍCULO
INDUSTRIAL EN UN VEHÍCULO
FERROVIARIO**

Autor del proyecto: Alberto Cuevas Torres
Director del proyecto: Daniel García-Pozuelo Marcos
Marzo 2015

0- Índice

0. INDICE.....	3
1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. SITUACIÓN ACTUAL.....	5
3. OBJETIVOS.....	6
4. REFORMAS.....	7
5. DETALLES TÉCNICOS.....	9
5.1. Castillete.....	9
5.2. Grúa.....	12
5.3. Sistema de Rodadura.....	14
5.4. Sistema Hidráulico.....	15
5.5. Sistema Eléctrico.....	16
5.6. Autómata Industrial.....	17
6. CÁLCULO DE MATERIALES.....	18
6.1. Castillete.....	18
6.1.1 Plataforma Centrada.....	18
6.1.2 Plataforma Desplazada.....	21
6.1.3 Barandillas.....	22
6.1.4 Columnas Guía.....	24
6.1.5 Cilindros de Elevación.....	25
6.2. Sistema de Rodadura.....	27
6.2.1 Resistencia del Eje.....	27
6.2.2 Resistencia de los Pasadores.....	30
6.2.3 Cálculo del Rodaje.....	32
6.2.3.1 Motor Hidráulico.....	33
6.2.3.2 Cálculo del Eje-Fijo.....	36
6.2.3.3 Dimensionado de los Cilindros.....	39
6.3. Sistema Hidráulico.....	43
6.4. Sistema Eléctrico.....	48
6.5. Autómata Industrial.....	55
7. CARACTERÍSTICAS DEL VEHÍCULO DEFINITIVO.....	65
8. PRESUPUESTO.....	68
9. CONCLUSIONES.....	70
10. MEJORAS FUTURAS.....	72
11. BIBLIOGRAFÍA.....	73
12. ANEXOS.....	75

1- Introducción

En los últimos años España ha realizado grandes inversiones en la construcción de vías de ferrocarril tanto de AVE, conocidas por todos, como de trayectos de corto y medio alcance, estas obras tienen una inversión de capital muy alta, por lo que se intentará buscar una solución para abaratar los costes.

El objetivo de este proyecto es fabricar un vehículo que cumpla la demanda de forma más económica que los existentes cumpliendo los objetivos y plazos en la construcción de catenarias de vía.

Actualmente se utilizan dresinas o minidresinas para realizar estos trabajos teniendo un coste muy elevado.

Para lograr esto se realizará una transformación en un camión comercial de carretera al cual se le aplicará una serie de modificaciones, para el desarrollo de su trabajo y circulación por la vía, asemejándolo a una dresina. En primer lugar se deberá adaptar dicho camión para la circulación por las vías férreas, el siguiente paso será el desarrollo de una plataforma elevadora, castillete a partir de este momento, para poder realizar los trabajos en la catenaria.

Este vehículo será bimodal pudiendo así circular por carretera o por vía, por lo que podrán realizar trabajos de catenaria aunque las vías no estén colocadas acortando así el plazo de ejecución de dichas obras. Además en los lugares donde se utilicen los tranvías podrán trabajar como camión de carretera.

Al disponer de un vehículo alternativo y más económico las empresas podrán disponer de una flota de trabajo más amplia con una inversión menor pudiendo así realizar más trabajos y/o en un plazo inferior y conseguirán así abaratar las obras.

Dado que este vehículo se utilizará para trabajos en vía donde el camión no encontrará ninguna ayuda de otro vehículo y su misión será la de colocación de postes y trabajos en ellos, sería conveniente que este vehículo disponga de una grúa comercial para facilitar dicho trabajo.

Para el transporte de los postes y demás herramientas y materiales se le colocará una caja en el espacio sobrante entre el castillete y la grúa, pudiendo así transportar el material que necesiten o que consideren oportuno.

2- Situación Actual

Como ya hemos mencionado anteriormente en la actualidad los vehículos encargados de la colocación de catenaria en vía son dresinas, la cual se muestra a continuación en la figura 1:



Figura 1: Dresina Plasser de electrificación [1]

Las dresinas tienen un peso superior a un camión de carretera, es cierto que también disponen de una masa máxima autorizada (MMA) superior pero para los trabajos de catenaria no se necesitan grandes cargas.

Están preparadas para remolcar plataformas tanto por la parte delantera como por la parte trasera, disponen de una grúa y un castillete para realizar los trabajos, disponen de diferentes motores pero lo cierto es que suelen estar sobre unos 200-250 CV y pueden alcanzar unas velocidades aproximadas a los 100 Km/h, pero para el trabajo que se realizará la velocidad no es un gran factor dado que solo se tendrá que desplazar de un poste a otro y la mayoría de las ocasiones no necesitará realizar grandes desplazamientos.

Entre el castillete y la grúa tiene espacio para el transporte de materiales y/o herramientas que se usará a la hora de realizar los trabajos pertinentes. Disponen de alumbrado ferroviario tanto en la parte delantera como en la trasera, encendiendo las blancos en el sentido de la marcha y las rojas en la parte trasera.

El transporte de este vehículo de un lugar de trabajo a otro se puede realizar o bien por vía, consiguiendo sus correspondientes permisos y en un plazo mayor, pudiéndose también desplazar por carretera como transporte especial pero en este caso se utiliza un camión especial con el cargo económico que ello conlleva.

Por lo tanto, parece obvio buscar una solución que cumpla con todos los requisitos mencionados con anterioridad y que no tenga un coste tan elevado como dichas dresinas.

3- Objetivos

Para poder hacer competencia a este tipo de vehículos se deberá realizar las modificaciones oportunas para que se pueda realizar el mismo uso sin proporcionar ninguna desventaja y satisfacer así la demanda del sector.

Se pretenderá rebajar el coste del vehículo para poder proporcionar una mayor flota de estos a las empresas encargadas del montaje ferroviario, manteniendo las propiedades de los vehículos actuales para ello se deberá cumplir los siguientes objetivos:

- Se diseñará un castillete para alcanzar la catenaria y realizar el trabajo.
- Se deberá acoplar una grúa comercial para el movimiento de las cargas en la vía.
- Se colocará un sistema de alumbrado ferroviario y se acoplará en el camión para cumplir con la normativa de circulación.
- Se colocará una caja en el espacio sobrante para el transporte de materiales y/o herramientas.
- Se diseñará un sistema eléctrico y neumático para el remolcado de otros vehículos averiados, de plataformas de carga y/o para remolcar el vehículo en caso de avería
- Para la circulación por las vías, se deberá adaptar dicho vehículo.
- Se insertará un autómata en el sistema para proporcionar un mayor control del mismo proporcionando así una mayor seguridad laboral a los operarios.

Se deberán superar todos estos objetivos o no conseguirá darle el uso deseado al proyecto, cada uno de los puntos mencionados anteriormente son importantes para cumplir las normas de circulación o no se podrá comercializar este vehículo.

Una vez conseguidos dichos objetivos se deberá realizar una comparativa para conseguir el objetivo principal, que es abaratar el costo de la maquinaria ferroviaria.

4- Reformas

Para realizar esta modificación se usará un camión comercial de la marca Volvo, aunque es posible adaptarla a cualquier otro modelo de características similares. El modelo podrá dejarse a elección del cliente, tomando como referencia la tipología del vehículo mostrada en la figura 2:



Figura 2: Camión Volvo FL [2]

La principal modificación será la colocación de la plataforma elevable, para ello se deberá calcular la resistencia de las estructuras, el peso de estas para poder dimensionar los cilindros de elevación, etc. Lo más importante es la modificación de la morfología del camión es decir del espacio para poder incorporar dicho castillete.

Lo siguiente más obvio será la adaptación del vehículo para su circulación por las vías férreas, para ello se diseñará un sistema de tracción del vehículo sobre la vía, el cual estará compuesto por dos ejes, cada uno con dos ruedas ferroviarias, que se desplegarán y se recogerán dependiendo de por donde se circule. Para conseguir esta modificación se deberán calcular la resistencia de los ejes, se dimensionará el motor hidráulico que permitirá el desplazamiento del vehículo en ambas direcciones, los cilindros para desplegar y recoger dichos ejes, etc.

Además del acoplamiento de dichas ruedas se deberán acoplar unos actuadores neumáticos con zapatas, los cuales compondrán el sistema de frenado evitando así el sobreesfuerzo de los motores hidráulicos. Dado que el sistema de frenado de un camión es neumático, estos actuadores se conectarán directamente al circuito de frenado del vehículo, evitando así diseñar la instalación neumática.

El camión deberá estar preparado para remolcar y ser remolcado en caso de avería por lo que se realizará una modificación que consistirá únicamente en colocar un circuito neumático con cabezas de acoplamiento en la parte trasera y delantera, conectado al calderín del camión. Con este sistema se podrá remolcar a plataformas transmitiendo el aire de los calderines del camión a los del vehículo que va a ser remolcado, pudiendo así desfrenarlo. Para ser remolcado y remolcar se necesitará un enganche, tanto en la parte delantera como trasera, donde se acoplará una lanza para tirar o empujar al vehículo.

En el caso de ser remolcados, simplemente se deberá desconectar los frenos y a través de la lanza de remolcado se tirará o se empujará al vehículo.

En esta última modificación, al tratarse de un sistema de remolcado comercial, como el de un remolque convencional, lo realizará la propia casa donde se compre el vehículo por lo que este ya vendrá con el sistema de remolcado integrado.

Otra modificación importante es la instalación de luces de vía, puesto que todo vehículo ferroviario debe disponer de ellas para indicar su posición, Esto se conseguirá colocando dos focos rojos y dos focos blancos tanto en la parte delantera como en la trasera. Se encenderán los blancos delanteros y rojos traseros cuando el camión circule en su sentido natural y al revés cuando circule en dirección contraria. Este sistema de luces de se conectará directamente a las baterías del camión.

En el caso de que el camión deba remolcar un vehículo, es el propio vehículo remolcador el que debe suministrar electricidad al vehículo remolcado para que este último pueda utilizar sus luces de vía, por lo que, tanto en la parte trasera como delantera se deberá colocar un enchufe.

Se instalará una grúa de carga que sirva como apoyo al trabajo, pudiendo levantar tanto postes como cualquier tipo de material que se necesitase. La elección de dicha grúa corre a cargo del cliente, pudiendo este seleccionar una grúa de más o menos capacidad de carga y/o de una marca u otra según sus preferencias.

La grúa se colocara en la parte posterior del camión y el castillete justo detrás de la cabina, por lo que el tamaño de la caja dependerá del espacio útil que quede entre ambas.

El montaje tanto de la grúa como de la caja se realizará en una empresa externa indicándoles en todo momento que tipo de grúa y caja se desea. A la hora de instalar dicha caja el carroceros será conocedor de la necesidad de instalar un sobrechasis sobre el bastidor, dado que en un chasis de un vehículo no se pueden realizar soldaduras. Por lo tanto el camión ya dispondrá de grúa, caja y sobrechasis.

Toda grúa lleva instalada un depósito de aceite hidráulico para su funcionamiento. Es ahí donde se colocará una llave de tres vías, pudiendo así alimentar bien a dicha grúa o bien al castillete.

Por último, para aportar un mayor control sobre la seguridad laboral de los operarios que manipulen el vehículo, se implantará un autómatas industrial con el fin de controlar todos los movimientos y evitar los que puedan provocar accidentes.

5- Detalles Técnicos

5.1-Castillete

La modificación más importante que se realizará en el camión será la incorporación del castillete elevable mediante un sistema hidráulico donde se usarán cilindros de elevación.

Estos cilindros deben de ser de doble efecto para poder bajar la plataforma retirando el aceite de ellos y que no descieran por su propio peso.

Para dar estabilidad al conjunto, dado que estos cilindros tendrán que levantar un peso considerable a una gran altura, colocaremos dos tubos guías uno al lado de cada cilindro para repartir así el esfuerzo.

En la parte superior utilizaremos tres bastidores:

- 1- El superior será la zona de trabajo y por lo tanto tendrá una superficie plana y lisa de unos 5m² aproximadamente, para ello se colocará una madera de carroceros antideslizante capaz de soportar las condiciones ambientales tales como la lluvia. Esta madera irá atornillada al bastidor superior y será el lugar de trabajo de los operarios.
- 2- El intermedio se utilizará para que el bastidor superior pueda desplazarse lateralmente para acercarse a los postes que hay en los laterales de la vía. Este desplazamiento será aproximadamente de un metro hacia cada lado y se utilizará un motor hidráulico colocado en la parte inferior de los bastidores que hará girar un mecanismo de piñones en contacto con una cadena que desplazará el bastidor superior hacia un lado u otro dependiendo del sentido de giro del motor. Por lo tanto el bastidor intermedio deberá llevar unas guías por las cuales se desplazarán las ruedas que le colocaremos al bastidor superior y así se conseguirá el desplazamiento lateral para las labores de trabajo en postes.
- 3- El bastidor inferior se utilizará de unión entre el conjunto de guías/cilindros y la plataforma de trabajo. Esta unión se realiza mediante tornillos para que pueda ser desmontada en un futuro para la reparación o sustitución por golpes o averías. Dado que se va a trabajar no solo en obras nuevas si no también en reparaciones de vías en uso y por lo tanto se podría producir un accidente con la tensión del cable se colocarán unos aisladores de nylon entre la plataforma y los cilindros del camión para evitar así que al tocar el castillete con el cable, el camión entero sufra una descarga eléctrica.

Para disponer de una superficie de trabajo totalmente segura y proteger a los operarios de caídas a distinto nivel, se diseñarán unas barandillas de 1 metro de altura. Como el camión también circulará por carretera, estas barandillas deberán ser abatibles respetando así el galibo de carretera de 3.40 metros.

Cuando los operarios se suban al castillete, serán los encargados de izar las cuatro barandillas (2 en los laterales, 1 en la parte frontal y otra en la parte posterior) y formar el espacio de trabajo. Una vez izadas deben quedar totalmente ancladas y para ello se colocarán unos cierres en las esquinas de las barandillas.

Para evitar la caída de objetos pequeños, se colocarán unas láminas de aluminio que ocupen los espacios entre el bastidor superior y dichas barandillas una vez estén izadas.

Por otro lado para poder acceder a la parte superior se colocará una escalera entre la caja del camión y la parte superior del castillete de tal forma que los operarios puedan acceder a esta única y exclusivamente cuando el castillete este en la posición más baja, evitando así caídas a distinto nivel.

El castillete deberá ir unido al chasis de una forma que permita separarlo del camión de manera sencilla por si se requiere en algún momento futuro, bien para una reparación u otro final. Para ello se utilizarán dos tubos estructurales los cuales se soldarán a los tubos guías formando así un cuerpo completo y con una base plana.

Estos tubos tendrán unos taladros pasantes por los cuales se introducirán unos tirantes y se colocarán unas placas de metal, también con taladros pasantes, en la parte superior e inferior de dichos tubos. Una vez introducidos los tirantes por los taladros pasantes, se atornillarán consiguiendo así apretar el conjunto del castillete al chasis del camión.

Todo este conjunto se diseñará para soportar una carga de 1000 kg cuando los bastidores estén centrados y de 500 kg cuando los bastidores estén desplazados.

El castillete deberá presentar una forma parecida a la mostrada a continuación en la figura 3:

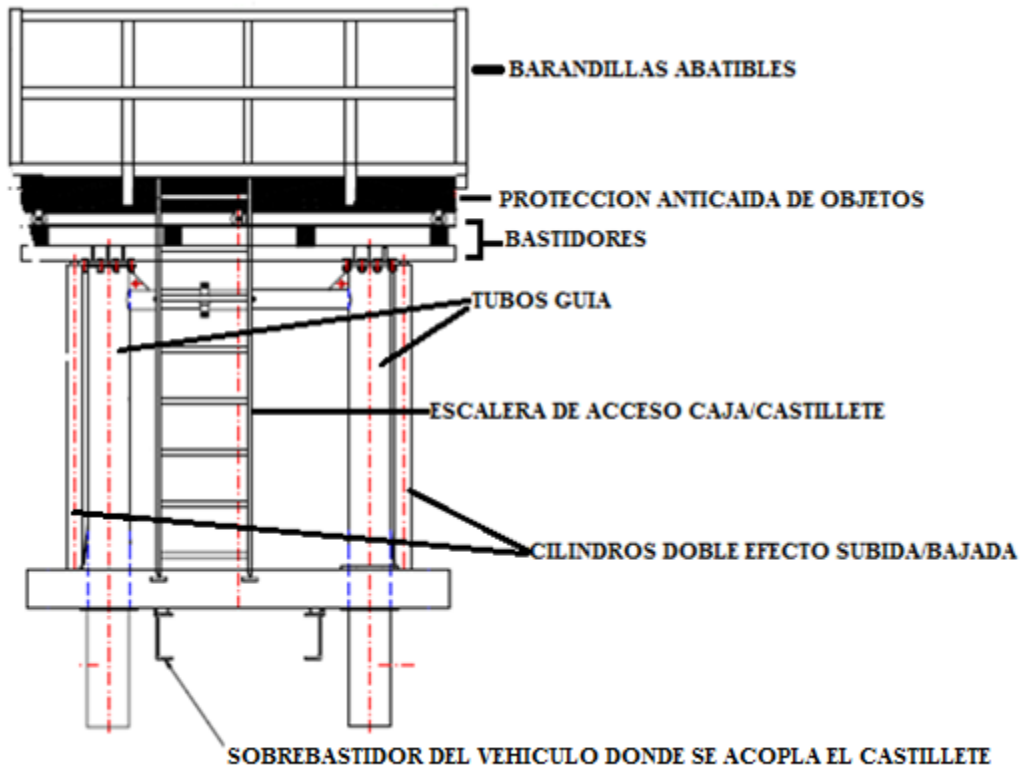


Figura 3: Dibujo orientativo del castillete

5.2-Grúa

El trabajo de la grúa es de la manipulación tanto de postes como de cualquier otro tipo de material que se necesite a la hora de trabajar, por lo que no es necesaria una grúa de gran tonelaje.

En este caso, se colocara una grúa que pueda levantar una carga de dos mil kilogramos en su punto medio y se elegirá la marca PALFINGER.

El modelo será una PALFINGER PK18002-EH y dentro de la misma serie se elegirá, entre los distintos modelos existentes, el modelo PK 18002-EH C. la cual tiene unas dimensiones como las mostradas a continuación en la figura 4:

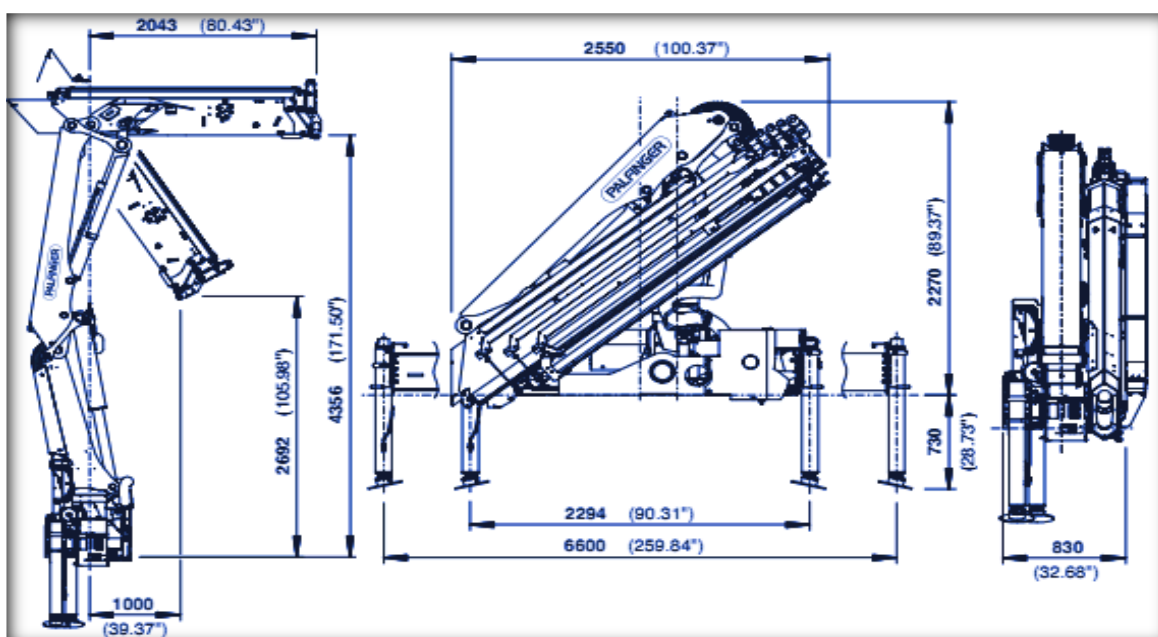


Figura 4: Dimensiones PALFINGER PK 18002-EH C [3]

La instalación de dicha grúa o de cualquier otro modelo, con la misma tipología, será instalada por el fabricante.

Según la normativa UNE-EN 12077-2 [16], la empresa encargada del montaje de la grúa, en este caso el fabricante, es el responsable de asegurar que se realiza una prueba de estabilidad y emitir el Certificado correspondiente. En caso de que esta grúa afecte a la estabilidad del vehículo en algún punto, esta deberá ser limitada para evitar el vuelco.

Por parte de la grúa no será necesario realizar los cálculos de estabilidad del vehículo.

El diagrama de capacidad del modelo seleccionado se muestra a continuación en la figura 5:

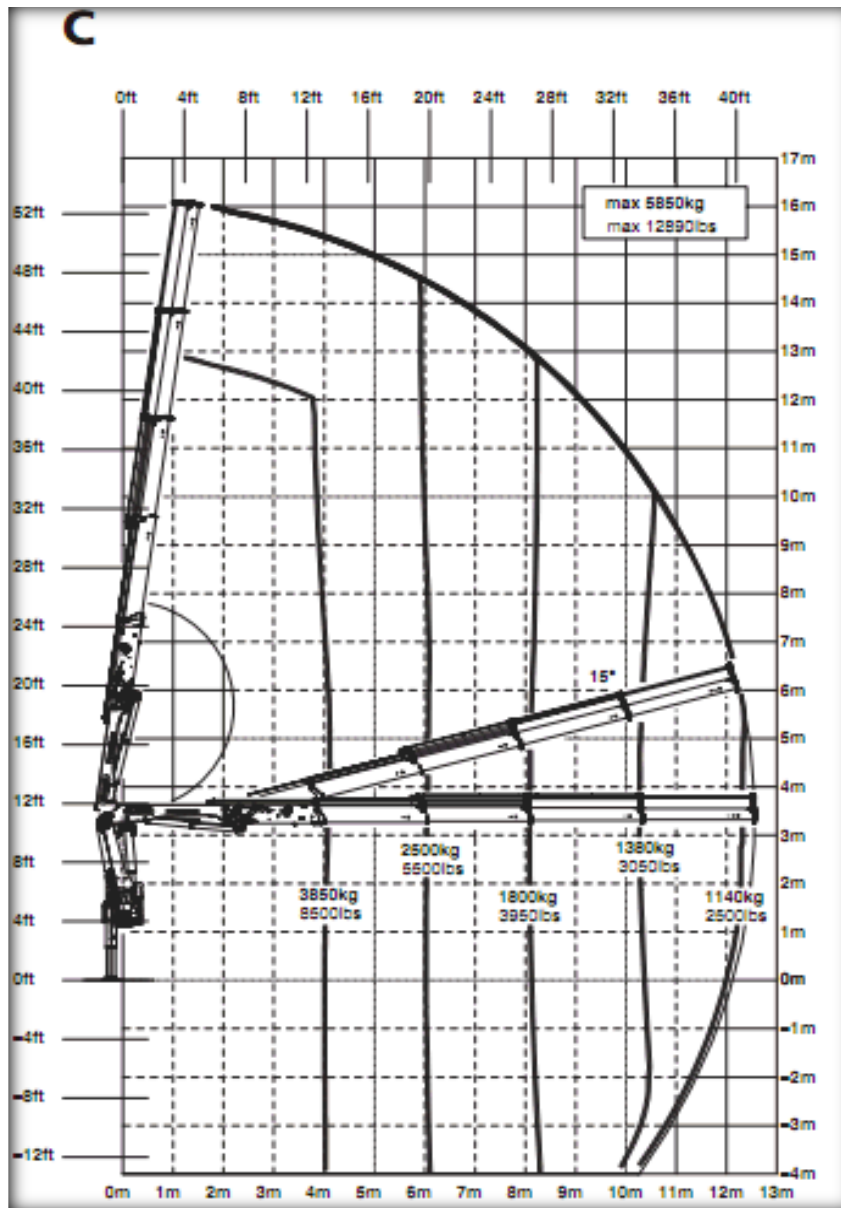


Figura 5: Diagrama de Capacidades PK 18002 EH-C [3]

Con estas características se cumplirán todas las expectativas puesto que ni se levantarán grandes cargas ni se trabajará en grandes distancias.

5.3-Sistema de Rodadura

Este apartado será la parte más crítica de toda la adaptación, dado que en él se diseñará la parte de rodadura, es decir, el sistema de tracción del vehículo sobre la vía, será el punto de unión entre el vehículo y las vías férreas.

Para poder superar este objetivo se estudiará la implantación de dos ejes ferroviarios, estos ejes serán hidráulicos, es decir, podrán bajar y subir dependiendo de la utilización que se le quiera dar al camión en cada momento. Cuando el camión circule por las vías férreas se deberán desplegar ambos ejes para encarrilarlo y cuando el camión circule por carretera se recogerán. Esta función se realizará mediante cilindros hidráulicos los cuales deberán ser calculados para soportar la MMA (Masa Máxima Autorizada) del camión.

El camión podrá circular en ambas direcciones por lo que las ruedas deberán girar en un sentido u otro. Esto se conseguirá mediante la incorporación de motores hidráulicos que transmitan el movimiento a las ruedas en el sentido deseado.

El avance de las ruedas se proporcionará mediante dichos motores, y cuando estos no reciban la señal de avance, obviamente las ruedas dejarán de avanzar. Para contrarrestar la fuerza de arrastre de las ruedas sobre los motores y evitar así sobreesfuerzos en ellos, se incorporará un sistema de frenado mediante actuadores neumáticos que comprimirán unas zapatas sobre las ruedas.

Los actuadores neumáticos irán conectados directamente al circuito neumático de los frenos del camión.

Ambos ejes se colocarán en la parte posterior de cada eje de carretera y sujetos al chasis del camión. Estos ejes llevarán una instalación hidráulica para el abastecimiento tanto de los cilindros de los ejes como de los motores de las ruedas.

5.4-Sistema hidráulico

Prácticamente todas las adaptaciones funcionarán mediante un sistema hidráulico. En esta adaptación se deberán tener en cuenta los sistemas hidráulicos de la grúa, del castillete y del sistema de rodadura.

La grúa será instalada por el fabricante que se escoja, por lo tanto ya vendrá instalada y también tendrá instalado el depósito de aceite hidráulico a partir del cual se obtendrá el aceite para el funcionamiento de las otras dos adaptaciones.

Al sistema de rodadura se le aplicará una mayor importancia dado que es el punto clave para el desplazamiento por la vía, por lo tanto tendrá conexión directa al depósito de aceite. Sin embargo, para proporcionar una mayor seguridad y que no se puedan utilizar a la par la grúa y el castillete, se colocará una llave de tres vías manual mediante la cual se alimentará a la grúa o al castillete, asegurando así el abastecimiento de aceite.

En el sistema hidráulico de la grúa no se colocará ningún dispositivo a parte de la citada llave de tres vías, puesto que vendrá preparada para su uso de fábrica. Mientras que tanto en el castillete como en el sistema de rodadura se diseñará todo el sistema para su correcto y seguro funcionamiento, con sus electroválvulas, válvulas antirretorno, etc.

El circuito oleohidráulico por el que circula el aceite a alta presión se constituirá por tuberías flexibles tanto las que alimentan al motor hidráulico que realiza los movimientos laterales del castillete, de los motores hidráulicos de avance del rodamen como los que alimentan a los distintos elementos que forman el circuito hidráulico tales como válvulas, distribuidores...etc. y de tubería rígida de acero en las canalizaciones generales que se disponen en el bastidor fijo del castillete y de los ejes.

Las uniones entre estas se realizarán mediante racorería adecuada a las condiciones de servicio toda ella metálica, para evitar la aparición de presiones muy elevadas y por ello para evitar que los elementos hidráulicos trabajen a una presión superior de la que realmente pueden trabajar se intercalará una válvula de máxima de 100 bares.

Con el fin de evitar peligros en caso de producirse una rotura en servicio de las mismas también se adoptaran las siguientes medidas:

- Las fijaciones en todo el circuito serán sólidas mediante abrazaderas
- Se colocará en toda la instalación racores, tuberías y válvulas de 400 bares de presión dejando un rango de seguridad bastante amplio.

5.5-Sistema Eléctrico

Todas las modificaciones eléctricas que se realizarán obtendrán la tensión de las baterías del camión, por lo que cualquier componente que se añada deberá funcionar con 24 V, que es la tensión que proporcionan dichas baterías.

El vehículo circulará por las vías férreas y por lo tanto deberá cumplir con la normativa entre las cuales está la de disponer de un alumbrado específico para su circulación. Este sistema estará compuesto por dos luces blancas y dos rojas tanto en la parte delantera como en la trasera del camión. Por lo tanto se diseñará un sistema de alumbrado de luces de vía.

Además de dichos focos para la circulación se deberá colocar, también en ambos lados, un enchufe de vía para transmitir la corriente en caso de remolcar o ser remolcados y así el vehículo remolcado poder usar sus luces de vía.

En el ámbito de la seguridad, se deberán colocar rotativos y avisadores acústicos tanto para indicar el movimiento del castillete como para indicar que el camión circula hacia detrás. En la parte del castillete se usarán dos rotativos colocados en el bastidor inferior, uno en cada esquina para poder visualizarlos desde cualquier punto y un avisador acústico protegido de golpes. En el caso de la circulación en el sentido opuesto al normal, se colocará un rotativo y un avisador acústico en la parte trasera del camión, protegidos también de posibles de golpes.

Para la alimentación del sistema hidráulico se usarán electroválvulas, las cuales se accionan eléctricamente por lo que esta será otra instalación que se deberá diseñar para poder alimentar hidráulicamente a los cilindros del castillete y de los ejes ferroviarios.

En el caso de la grúa ya vendrá implementada del taller que instale la grúa por lo que no se deberá añadir ningún sistema para su funcionamiento.

5.5-Automata Industrial

Con el fin de conseguir siempre una mayor seguridad proporcionando la menor cantidad de riesgos a los operarios se diseñará un control de todos los movimientos del vehículo a través de un autómata industrial, será un dispositivo sencillo sin muchas complicaciones que dificulten y encarezcan su incorporación.

Actualmente existen muchos tipos de autómatas que serían aptos para controlar este sistema pero se elegirá un autómata PL7 por motivos de conocimientos y simplicidad, para diseñar este autómata se deberán elegir las entradas y salidas mediante ceros y unos. Prácticamente todas estas señales serán aportadas por finales de carrera los cuales marcarán la posición de uso o no de un sistema.

La señal más obvia de todas será el estado del camión, el cual puede estar preparado para circular por carretera o por vía, esta señal se conseguirá con un conector de activación manual, pudiendo así utilizar las modificaciones de vía o no.

Las señales que serán aportadas por finales de carrera serán las más obvias como el estado de ambos ejes, el estado del castillete, y de la grúa. Estos sistemas solo podrán tener dos opciones o en uso o recogidos. Con este sistema aportaremos mayor seguridad dado que no se podrá usar el castillete mientras la grúa no esté recogida y viceversa, aunque mediante la llave de tres vías, no se podían usar los dos a la vez, con este sistema evitamos que al estar desplegado uno de los dos usemos el otro.

El resto de señales serán el estado del freno de mano, un limitador de peso del castillete para evitar sobreesfuerzos en el sistema si se sobrepasasen los 1000 kg para los que está diseñado y los pulsadores de movimiento de castillete.

Para completar el diseño del autómata aparte de definir las entradas y salidas del sistema se deberá diseñar en primer lugar un diagrama de estados que abarque todos los estados y no incida en bucles. A continuación el diagrama de contactos y las transiciones de un estado a otro.

6- Cálculo de Materiales

6.1-Castillete

6.1.1 Plataforma Centrada

Como ya dijimos anteriormente la plataforma de trabajo soportará un peso de 1000kg cuando se encuentre centrada.

La estructura del bastidor deberá presentar una forma parecida a la mostrada a continuación en la figura 3:

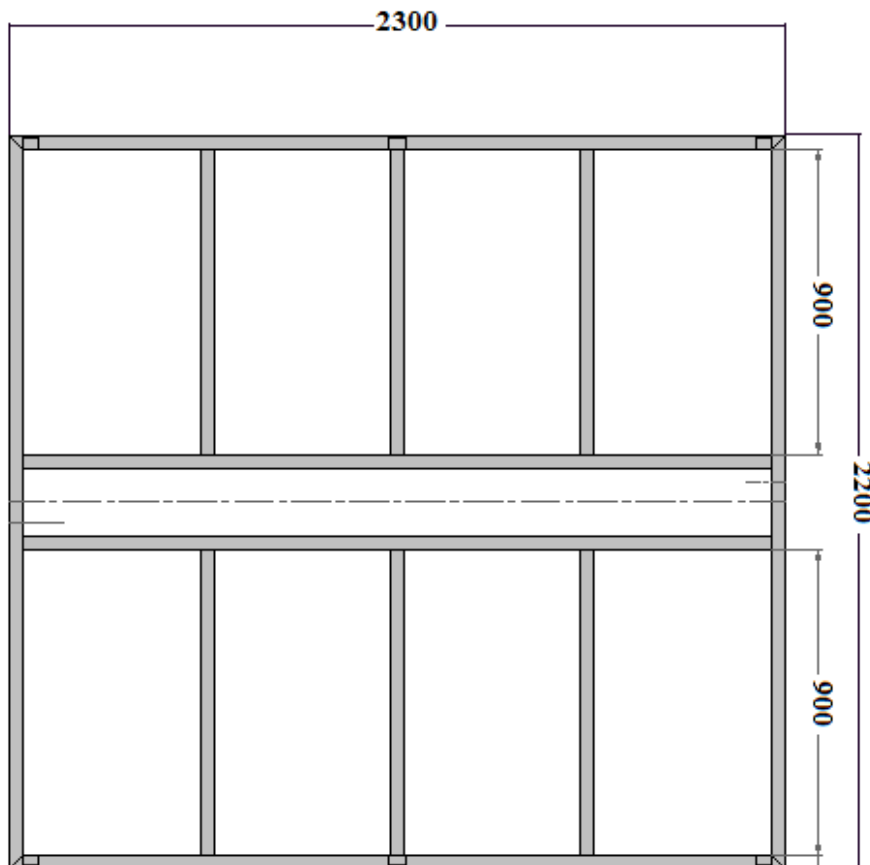


Figura 6: Dibujo orientativo del bastidor

Este bastidor llevará una madera de carroceros para tener una superficie lisa, plana y antideslizante adecuada para el trabajo de los operarios. La superficie de la zona de trabajo será $2.2\text{m} \times 2.3\text{m} = 5\text{m}^2$

Se empleará tubo estructural rectangular [7] conformado en frío con calidad S 275 JOH que, según la tabla 1 del Anexo 1, tiene un límite elástico de 275 N/MM^2 .

Para calcular el peso que soportará el bastidor previamente se definirán los siguientes conceptos: [4]

M_{FL} es el momento de flexión máximo, como se puede observar en el dibujo anterior la viga está apoyada en sus dos extremos por lo que realizaremos el caso más restrictivo, es decir con la carga apoyada en el centro del tubo:

$$M_{FL} = \frac{P.L}{4}$$

$[\sigma]$ es el esfuerzo admisible de flexión

$$[\sigma] = \frac{\text{Limite elastico}}{X}$$

Siendo X=coeficiente de seguridad $1.5 < X < 2.5$ por lo tanto usamos $X=2$

σ es el esfuerzo de flexión producto de la carga

$$\sigma = \frac{MFL}{W_{xx}}$$

W_{xx} es el módulo de resistencia elástico en el eje x

Criterios de cálculo:

- Se repartirán los 1000kg entre los cuatro tubos colocados en el eje X, por lo que cada tubo tendrá que soportar 250kg. Los tubos colocados en el eje Y se considerarán de refuerzo y no se tendrán en cuenta en los cálculos, proporcionando así una mayor resistencia al conjunto.

$$M_{FL} = \frac{P.L}{4} = \frac{250kg * 220cm}{4} = 13750 \text{ kg*cm}$$

- El esfuerzo admisible de flexión tiene que ser superior al esfuerzo de flexión producto de la carga

$$\sigma = \frac{MFL}{W_{xx}} \ll [\sigma] = \frac{\text{Limite elastico}}{X}$$

- El límite elástico es un dato del material y tiene un valor de 275 N/MM²

$$[\sigma] = \frac{275 \text{ N/MM}^2}{2} = \frac{2750 \text{ KG/CM}^2}{2} = 1375 \text{ KG/CM}^2$$

Por lo tanto:

$$\sigma = \frac{MFL}{W_{xx}} = \frac{13750kg*cm}{W_{xx}} \ll 1375 \text{ KG/CM}^2$$

$$W_{xx} \gg \frac{13750kg*cm}{1375 \text{ KG/CM}^2} \gg 10 \text{ cm}^3$$

Según la **tabla 2 del Anexo 1**, se obtienen dos opciones a comparar: [7]

- $W_{XX} = 15,6 \text{ cm}^3$
- $W_{XX} = 15 \text{ cm}^3$

La primera corresponde a un tubo 70*50*4 cuyo peso es de 6,71kg/m.

La segunda corresponde a un tubo 80*60*2,5 cuyo peso es de 5,17kg/m.

Por lo tanto, se escogerá la segunda opción para reducir el peso del conjunto.

El tubo seleccionado es estructural rectangular de 80mm*40mm con una pared de 2,5mm y un peso de 5,17kg/m, teniendo en cuenta se utilizarán tres bastidores prácticamente iguales se calcula la longitud de este y se multiplica por tres.

El peso del bastidor será:

- 6 tramos de 0,90m = 5,40m
- 4 tramos de 2,18m = 8,72m
- 2 tramos de 2,2m = 4,4 m

Un total de 18,5 metros, multiplicados por 5,17 kg/m hacen un total de 95.64kg≈96kg.

$$P_{\text{bastidor}} = 96\text{KG}$$

$$P_{\text{3 bastidores}} = 96\text{KG} * 3 = 288 \text{ kg}$$

6.1.2 Plataforma Desplazada

La plataforma se desplaza un metro a cada lado prácticamente la mitad de su longitud por lo que el diagrama de fuerzas [5] se muestra a continuación en la figura 4:

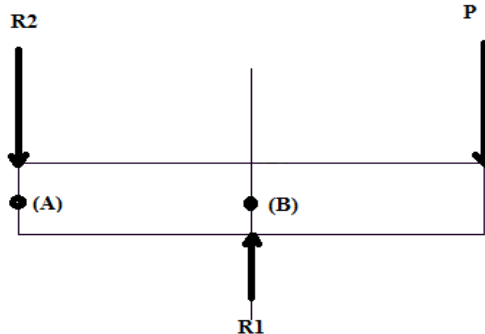


Figura 7: diagrama de fuerzas de la plataforma desplazada.

Siendo:

- (B) ,El punto a partir del cual la plataforma está suspendida
- (A) ,El lado opuesto al que se realiza la fuerza
- (P) ,La fuerza, que en este caso es un peso

Por lo tanto para que el sistema sea un sistema estable:

$$\Sigma F=0 \text{ es decir}$$

$$R1-R2-P=0$$

$$R1=P+R2$$

Por otro lado el sumatorio de momentos en el punto B será igual a cero

$$\Sigma M_B = 0$$

$$M_p - M_{R2} = 0 // P*(L/2)-R2*(L/2) =0$$

$$P=R2$$

Despejando esta ecuación en la obtenida anteriormente:

$$R1=2*R2$$

En el punto **6.1.1 Plataforma Centrada**, se obtuvo que el peso máximo que soporta el bastidor es de 1000kg por lo que el valor máximo que alcanzará $R1=1000\text{kg}$

$$R2=P=500\text{KG}$$

La plataforma desplazada soportará una carga máxima de 500kg.

Parece bastante obvio que una carga de 500 kg desplazada medio metro de su centro no desestabilizará un cuerpo de 18 Tn, por lo tanto, no es necesario realizar el cálculo de estabilidad del vehículo debido al desplazamiento del castillete.

Aunque no se realice el cálculo de estabilidad, si se deberá avisar al fabricante de la grúa para que cuando realice la limitación de esta tenga en cuenta que puede tener una carga de 500 kg desplazada medio metro en el mismo sentido que la grúa. Esta limitación de la grúa con el castillete desplazado es simplemente por seguridad, debido a que si el castillete estuviese desplazado el sistema no dejaría que funcionase la grúa.

6.1.3 Barandillas

La estructura de una barandilla deberá soportar el peso que pueda ejercer una persona al caerse contra ella, teniendo en cuenta que una persona normal pesa unos 70/80 kg, al caerse accidentalmente ejercerá una fuerza mayor. Por lo tanto las barandillas se dimensionarán para soportar 200 kg cada una.

La estructura de las barandillas deberá presentar una forma parecida a la mostrada a continuación en la figura 5:

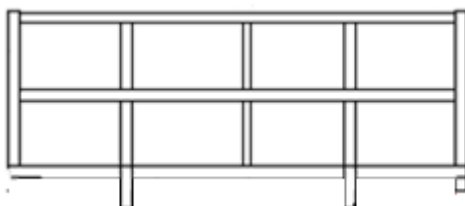


Figura 8: Dibujo orientativo de las barandillas

Se empleará el mismo tubo estructural, cuyo límite elástico era de 275 N/MM^2 , siendo los conceptos los mismos: [4]

$$M_{FL} = \frac{P.L}{4}$$

$$[\sigma] = \frac{\text{Limite elastico}}{X}$$

$$\sigma = \frac{MFL}{W_{xx}}$$

Los criterios de cálculo son los siguientes:

- Se repartirán los 200 kg entre los tres tubos colocados en el eje X, por lo que cada tubo tendrá que soportar 66.67 kg. Los tubos colocados en el eje Y se consideran de refuerzo y no se tienen en cuenta en los cálculos, proporcionando así una mayor resistencia al conjunto.

$$M_{FL} = \frac{P.L}{4} = \frac{200kg * 220cm}{4} = 3666.7 \text{ kg*cm}$$

$$M_{FL} = \frac{P.L}{4} = \frac{200kg*230cm}{4} = 3833.3 \text{ kg*cm}$$

Se calcula los dos largos de los laterales y se observa que evidentemente el lado más largo presenta un momento de flexión superior, por lo tanto se elige este para realizar los cálculos dado que es el más restrictivo.

- El esfuerzo admisible de flexión tiene que ser superior al esfuerzo de flexión producto de la carga

$$\sigma = \frac{MFL}{W_{xx}} \ll [\sigma] = \frac{\text{Limite elastico}}{X}$$

El límite elástico es un dato del material y tiene un valor de 275 N/MM²

$$[\sigma] = \frac{275 \text{ N/MM}^2}{2} = \frac{2750 \text{ KG/CM}^2}{2} = 1375 \text{ KG/CM}^2$$

Por lo tanto:

$$\sigma = \frac{MFL}{W_{xx}} = \frac{3833.3kg*cm}{W_{xx}} \ll 1375 \text{ KG/CM}^2$$

$$W_{xx} \gg \frac{3833.3kg*cm}{1375 \text{ KG/CM}^2} \gg 2.78 \text{ cm}^3$$

Según la **tabla 2 del Anexo 1**, se obtienen dos opciones a comparar: [7]

- $W_{xx} = 6,14 \text{ cm}^3$
- $W_{xx} = 5,13 \text{ cm}^3$

La primera corresponde a un tubo 60*40*2 cuyo peso es de 2,93kg/m.

La segunda corresponde a un tubo 50*30*3 cuyo peso es de 3,30kg/m.

Por lo tanto se elige la primera opción para reducir el peso del conjunto y además aportar mayor resistencia.

El tubo seleccionado es estructural rectangular de 60mm * 40mm con una pared de 2 mm y un peso de 2,93kg/m, teniendo en cuenta se utilizarán cuatro barandillas prácticamente iguales, se calcula la longitud de esta y se multiplica por cuatro.

El peso de la barandilla es:

- 3 tramos de 2,30m = 6,90 m
- 8 tramos de 0,50m = 4 m

Un total de 10,90 metros que se multiplican por 2,93 kg/m y hacen un total de 32kg

$$P_{\text{barandilla}} = 32\text{KG}$$

$$P_{4\text{barandillas}} = 32\text{KG} * 4 = 128 \text{ kg}$$

6.1.4 Columnas Guía.

El último conjunto que influirá en mayor relevancia en el peso de la estructura serán las columnas guías, que junto a los bastidores y barandillas formarán el conjunto completo que deberán levantar los cilindros de elevación.

Las columnas guías serán dos y simplemente son dos tubos redondos estructurales colocados por fuera del bastidor del camión. Como se puede apreciar en la **Tabla 3 del Anexo 1** estos tubos presentan un módulo resistente (W_{XX}) muy elevado, además el peso que soportarán será relativamente pequeño, cerca de 1000 kg. Por lo que no se considera necesario realizar el cálculo de resistencia de estas columnas y simplemente se elige una columna que tenga un módulo resistente elevado.

Por lo tanto, las columnas guías tendrán un diámetro exterior de 219.1mm y un espesor de 12.5mm. Según la **Tabla 3 del Anexo 1** el peso por metro de este tubo es de 63,7 kg/m. y un $W_{XX}=397 \text{ cm}^3$. [7]

Dado que las columnas tendrán un largo de 2,5 m:

$$P_{\text{COLUMNA}} = 2.50\text{m} \times 63,7 \text{ kg/m} = 159.25 \text{ kg}$$

$$P_{\text{COLUMNAS}} = 180.35 \text{ kg} \times 2 = 318.5 \text{ kg}$$

6.1.5 Cilindros de elevación.

El castillete deberá soportar una carga de 1000 kg, suficiente para poder trabajar en la parte superior tres personas con sus herramientas correspondientes.

Conociendo el peso que deben levantar los cilindros, se calculará el peso total del castillete, simplemente se deberán sumar los pesos de los apartados anteriores. Por lo tanto el peso total del conjunto será:

$$P_{3 \text{ bastidores}} = 96\text{KG} * 3 = 288 \text{ kg}$$

$$P_{4 \text{ barandillas}} = 32\text{KG} * 4 = 128 \text{ kg}$$

$$P_{\text{COLUMNAS}} = 180.35 \text{ kg} * 2 = 318.5 \text{ kg}$$

$$P_{\text{TOTAL}} = 734.5 \text{ KG}$$

Sumando a estos pesos varios como pueden ser la tornillería, los nylon de aislamiento, el motor y su soporte y otros conceptos se tomará el peso total del conjunto a levantar como 1000kg.

$$P_{\text{TOTAL}} = 1000 \text{ KG}$$

Sumado esto a los 1000 kg que deberá soportar el castillete, los cilindros deben de levantar 2000 kg.

$$\text{Carga total a levantar} = 2000\text{kg}$$

$$\text{Cantidad de cilindros} = 2 \text{ unidades}$$

Al no existir fuerzas perpendiculares a los tubos guías, excepto la del aire, la fuerza de fricción se puede considerar nula, y cada cilindro deberá levantar 1000 kg.

Para calcular el diámetro de la camisa de los cilindros se utilizará la siguiente fórmula:

$$\mathbf{F=P.A}$$

Dónde:

- **F**= Fuerza que debe ejercer el cilindro, es decir el peso a levantar.
- **P**= Presión a la que trabaja el sistema hidráulico.
- **A**= Área del cilindro

Por lo tanto, y sabiendo que $F= 1000 \text{ kg}$; y $P= 100\text{bares}=100 \text{ kg/cm}^2$:

- $\mathbf{F= P. A} \rightarrow 1000\text{kg}=100 \text{ kg/cm}^2 \cdot \mathbf{A}$
- $\mathbf{A= \frac{\pi d^2}{4}} \rightarrow d= \sqrt{\frac{4.A}{\pi}} \rightarrow d= 3.57 \text{ cm}= 35.7\text{mm}$

Una vez conocida el diámetro mínimo del cilindro, se deberá consultar la **Tabla 2 del Anexo 2** donde se encuentra la siguiente información: [10]

TIPO MDR		X	Y	A	B	C _{e10}	D	E	F	G	J	K	L _{H8}	R	S	T	V	W
R-032	016	1/4"G.	12x125	106	30	16	16	20	13	50	52	26	12	35	26	2	32	40
R-040	022 028	3/8"G.	16x150	128	35	20	20	25	16	62	62	32	16	41	25	2	40	50
R-050	028 036	3/8"G.	20x150	136	41	25	25	28	20	64	74	40	20	46	29	2	41	60

Figura 9: recorte de la información del anexo 2

En la figura anterior, se obtiene que con un diámetro de 40 mm en la camisa, el vástago tendrá un diámetro de 28 mm:

$$\phi\text{Camisa} = 40 \text{ mm}$$

$$\phi\text{Vástago} = 28 \text{ mm}$$

Por otro lado, el tipo de fijación elegida será el tipo BC y la longitud de la carrera de 2000 mm.

Por lo que el castillete deberá presentar una forma parecida a la mostrada a continuación en la figura 7:

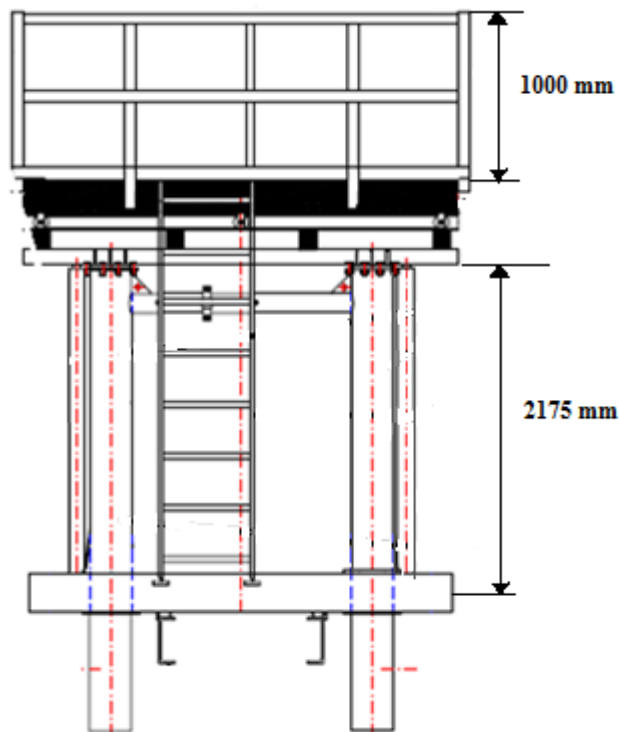


Figura 10: Dibujo orientativo del castillete

6.2-Sistema de Rodadura

En este apartado se diseñará el sistema rodadura, es decir, la tracción del vehículo sobre la vía. Para conseguir este objetivo se estudiará la implantación de dos ejes hidráulicos, colocados ambos en la parte posterior de cada eje, que permitirán que el vehículo se desplace por la vía férrea cuando estén desplegados y se recogerán para la circulación por carretera.

Se diseñarán las partes más importantes del eje, siendo estas el eje, los elementos de dicho eje y por último se dimensionarán los cilindros que permitirán este accionamiento.

6.2.1 Resistencia del eje

En este apartado se calculará la resistencia del eje a flexión para un ancho internacional (distancia entre ruedas 1435 mm), además se calculará también la cortadura y aplastamiento de los pasadores que unen dicho puente al camión.

El eje estará formado por un tubo estructural rectangular como el que se muestra en la **Figura 1 del Anexo 1** [7] y se unirá al chasis del camión mediante dos pasadores, uno en cada parte de este. Por lo que el eje con las sujeciones deberá presentar una forma parecida a la mostrada a continuación en la figura 11:

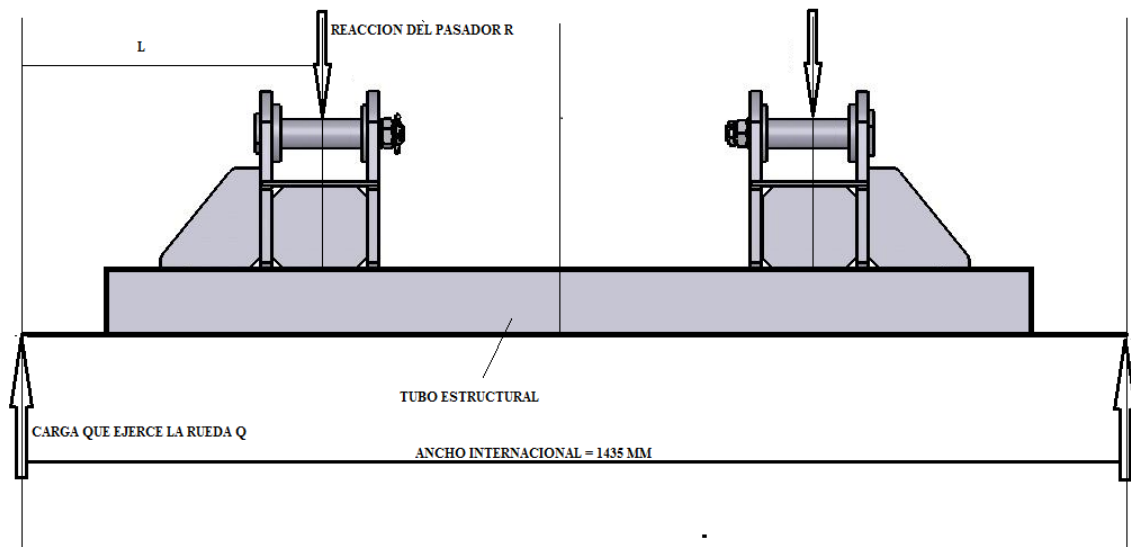


Figura 11: Dibujo orientativo del eje

DATOS DE PARTIDA:

- Carga en la rueda: **Q = 6500 KG.**
- Reacción en los pasadores: **R= 6500 kg.**
- Distancia desde la rueda hasta el pasador: **L= mm.**
- Diámetro de los pasadores: **D= mm.**
- Ancho del alojamiento de los pasadores: **a= mm.**
- Resistencia del tubo estructural: 275 MPA.(**Tabla 1 del Anexo 1**)

Los datos que faltan se irán calculando sobre el apartado.

Para calcular la resistencia del eje previamente se definirán los siguientes conceptos: [4]

M_{FL} es el momento de flexión máximo, como se puede observar en la figura 11 el eje tendrá un punto de apoyo y una carga (Q) a una determinada longitud (L) que intentará flexionarlo, es decir con la carga a una distancia del punto de apoyo:

$$M_{flector} : \text{Momento originado por la carga; } M_{flector} = P * L = Q * 9,81 * L$$

[σ] es el esfuerzo admisible de flexión

$$\sigma_{PUENTE} = \frac{M_{flector}}{W_{Material}}$$

$W_{Material}$: Módulo resistente del perfil

Criterios de cálculo:

- Al ser Ancho Internacional la distancia entre las dos cargas que se ejercen es de 1435 mm. De los datos técnicos del camión [2] se obtiene que el ancho de las vigas del chasis de este que son de 30 mm y que están separadas una distancia entre centros de 788 mm.

Por lo tanto L se obtiene dividiendo entre dos la resta del ancho internacional y la distancia entre centros del chasis es decir:

$$L = \frac{1435 - 788}{2} = 323.5mm$$

Por lo tanto: $M_{flector} = 6500 \times 9.81 \times 0.3235 = 20627.97Nm \approx 20.628Nm$

El esfuerzo admisible de flexión tiene que ser superior al esfuerzo de flexión producto de la carga:

$$\sigma = \frac{MFL}{W_{XX}} \ll [\sigma] = \frac{\text{Limite elastico}}{X}$$

El límite elástico es un dato del material y tiene un valor de 275 N/MM²

$$[\sigma] = \frac{275 \text{ N/MM}^2}{2} = \frac{2750 \text{ KG/CM}^2}{2} = 1375 \text{ KG/CM}^2$$

$$\sigma = \frac{MFL}{W_{xx}} = \frac{20628 \text{ Nm}}{W_{xx}} \ll 1375 \text{ kg/cm}^2$$

$$20628 \text{ Nm} \ll 1375 \text{ kg/cm}^2 \times W_{xx}$$

$$W_{xx} \gg \frac{20628 \text{ Nm}}{1375 \text{ kg/cm}^2} = \frac{210347 \text{ kg.cm}}{1375 \text{ kg/cm}^2} = 152,98 \text{ cm}^3 \approx 153 \text{ cm}^3$$

Conversión de Nm a Kg.cm $\rightarrow 20628 \text{ Nm} \times 0,0980665 \times \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} = 210347,06 \text{ kg.cm}$

Según la **Tabla 2 del Anexo 1** se obtiene: [7]

- $W_{xx} = 214 \text{ cm}^3$

Este dato corresponde a un tubo rectangular estructural de 180 x 100 x 10 con un peso de 38,8kg/m.

$$\sigma_{PUENTE} = \frac{M_{flector}}{W_{Material}} = \frac{20628 \text{ Nm}}{214 \text{ cm}^3} = \frac{20628000 \text{ mm}}{214000 \text{ mm}^3} = 96,40 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{seguridad} = \frac{\sigma_{material}}{\sigma_{puente}} = \frac{275 \text{ MPa}}{96,40 \text{ N/mm}^2}$$

Para realizar la división debemos igualar las unidades sabiendo que 1MPa = 1 N/mm²

$$\sigma_{seguridad} = \frac{\sigma_{material}}{\sigma_{puente}} = \frac{275 \text{ MPa}}{96,40 \text{ MPa}} = 2,85 \gg 1$$

El coeficiente de seguridad obtenido está muy por encima de 1, prácticamente es tres veces superior, por lo que podemos asegurar que el puente será capaz de soportar las cargas que le transmitan las ruedas.

6.2.2 Resistencia de los pasadores

Como ya se explica en el apartado anterior el ancho del chasis del vehículo es de 30 mm por lo tanto el ancho de alojamiento de los pasadores, $a = 30$ mm

En este apartado se diseñaran los pasadores mediante los cuales se unirán los ejes al camión, estos pasadores deberán tener un diámetro lo suficientemente grande para soportar las cargas, mediante las siguientes formulas: [4]

$$\text{Área del pasador: } A_{Pasador} = \frac{\Pi * D^2}{4}$$

$$\text{Área total de apoyo: } A_{Apoyo} = 2 * (D * a)$$

$$\text{Tensión de cortadura en pasador: } \tau_{Pasador} = \frac{R * 9,81}{N^{\circ}_{planos_cortadura} * A_{Pasador}}$$

$$N^{\circ} \text{ planos de cortadura} = 2$$

$$\text{Tensión de compresión en el apoyo: } \sigma_{apoyo} = \frac{R * 9,81}{A_{Apoyo}}$$

$$\text{Coeficiente de seguridad pasador: } C_s = \frac{\sigma_{material} / 2}{\tau_{Pasador}}$$

$$\text{Coeficiente de seguridad apoyo: } C_s = \frac{\sigma_{material}}{\sigma_{apoyo}}$$

En la **Tabla 1** que se muestra a continuación se exponen la resistencia de distintos tipos de materiales que se pueden utilizar para un pasador:

ACERO PASADOR

	f_y	f_u
S235	215 MPa	360 MPa
S275	255 MPa	410 MPa
S355	335 MPa	470 MPa
S450	410 MPa	550 MPa
A37b	220 MPa	370 MPa
A42b	240 MPa	420 MPa
A52b	350 MPa	520 MPa

Tabla 1: Resistencia de materiales usados para pasadores

Para estos pasadores se elegirá el S275 que tiene un $\sigma_{material} = 255$ MPa

$$\tau_{Pasador} = \frac{R * 9,81}{N^{\circ}_{planos_cortadura} * A_{Pasador}} = \frac{63765 KN}{2x \frac{\Pi * D^2}{4}} = \frac{63765 KN}{\frac{\Pi x D^2}{2}}$$

$$Cs = \frac{\frac{255MPa}{2}}{\frac{63765KN}{\frac{\pi D^2}{2}}} = \frac{127,5MPa}{\frac{40593,96KN}{D^2 mm}} =$$

Para realizar la división debemos igualar las unidades sabiendo que 1MPa = 1 N/mm²

$$Cs = \frac{127,5MPa}{\frac{40593,96MPa}{D^2}} = \frac{127,5MPa}{40593,96MPa} \times D^2 \gg 1$$

$$Cs = 0.0031 \times D^2 \gg 1 \rightarrow D^2 \gg 1/0,0031 \rightarrow D^2 \gg 323$$

$$D \gg 17,97 \text{ mm}$$

Realizando una aproximación se considera que D tiene que ser entre 2.5 y 3 veces superior a 18mm por lo tanto se elige un diámetro de pasador D = 50 mm.

Por lo tanto tendremos los siguientes resultados:

$$\text{Área del pasador: } A_{Pasador} = \frac{\pi * D^2}{4} = \frac{\pi * 50^2}{4} = 1963,5mm^2$$

$$\text{Área total de apoyo: } A_{Apoyo} = 2 * (D * a) = 2 * (50 * 30) = 3000mm^2$$

Tensión de cortadura en pasador:

$$\tau_{Pasador} = \frac{R * 9,81}{N^{\circ} \text{ planos_cortadura} * A_{Pasador}} = \frac{6500 * 9,81}{2 * 1963,5} = 16,23MPa$$

$$\text{Tensión de compresión en el apoyo: } \sigma_{apoyo} = \frac{R * 9,81}{A_{Apoyo}} = \frac{6500 * 9,81}{3000mm^2} = 21,26 \text{ MPa}$$

$$\text{Coeficiente de seguridad pasador: } Cs = \frac{\sigma_{material} / 2}{\tau_{Pasador}} = 7,86$$

$$\text{Coeficiente de seguridad apoyo: } Cs = \frac{\sigma_{material}}{\sigma_{apoyo}} = 11,99$$

Los coeficientes de seguridad obtenidos en el pasador y en el apoyo son muy superiores a 1, el dimensionado del pasador y del apoyo se considera correcto.

6.2.3 Cálculo de Rodaje

A continuación se calculará la resistencia de los elementos más importantes que componen el conjunto del rodaje. Comprobando que cumplen los requisitos de seguridad.

La composición del rodaje presentará una estructura similar a la mostrada a continuación en la figura 12:

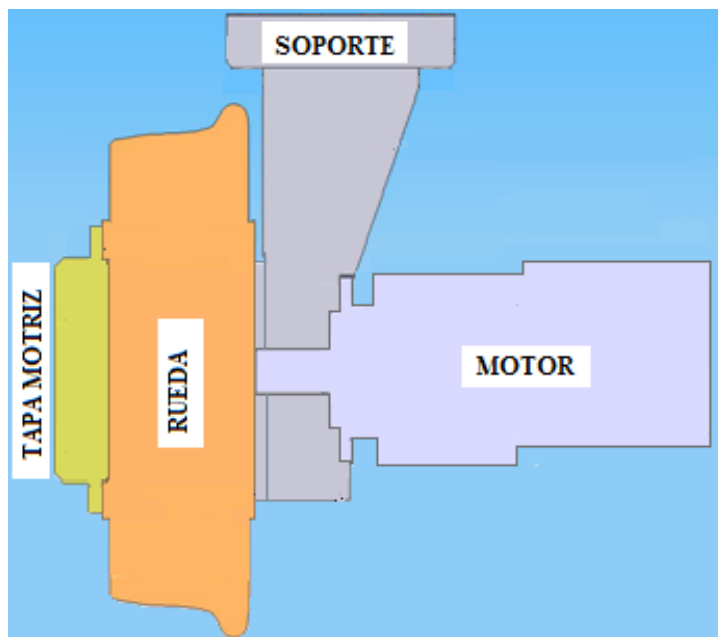


Figura 12: Dibujo orientativo del rodaje.

Como se puede comprobar en la imagen anterior el conjunto se compone:

- Motor hidráulico: con el cual se transmite el giro a la rueda.
- Soporte: unión entre el eje y la rueda.
- Rueda: parte principal para el desplazamiento por la vía
- Tapa motriz: esta tapa está unida a la rueda con la finalidad de hacer girarla.

6.2.3.1 Motor Hidráulico

Como se ve en la **Figura 12** el motor tiene un eje, este eje será estriado, el cual se introduce en el interior de un palier para poder transmitir el movimiento de dicho eje hasta la tapa motriz, consiguiendo así el movimiento de la rueda.

Por lo tanto lo primero que se deberá seleccionar es el motor hidráulico y a partir de su eje de salida se irá diseñando los demás componentes, entre todos los motores de Danfoss, se elegirá el OMT que según el catálogo del fabricante [6] “el eje de salida gira sobre rodamientos cónicos que permiten elevadas fuerzas tanto axiales como radiales”.

El modelo de entre los distintos OMT se elegirá más adelante dependiendo de la necesidad. En el **Anexo 3** se pueden ver las características del motor seleccionado así como las variantes de eje de salida estriado. [6]

A continuación se diseñara el palier, como ya se conoce el estriado del eje de salida, dicho palier llevará por la parte interior el mismo estriado para que se acople perfectamente al eje del motor. En el otro lado llevará el mismo estriado que el eje de salida, por la parte exterior, por lo que la tapa motriz se acoplará al palier igual que este se acopla al eje de salida. Por lo tanto los 4 estriados serán iguales.

Por lo que ya se conocen las características del palier tanto en la parte del eje del motor como en el acople con la tapa motriz, por lo que procederá a evaluar la seguridad que tiene el palier para transmitir el par que dará movimiento a las ruedas, y la del estriado que lo transmite a la estas. [4]

DATOS DE PARTIDA:

- Diámetro interior: **d= 40 mm.**
- Diámetro exterior: **D=60 mm.** (se estudiará con 20mm de pared)
- Resistencia del material: **900 MPa.**
- Par torsor a transmitir: **1000 Nm.** (dado que el eje delantero soporta una carga de 10000 kg aplicaremos esta fuerza a una sola rueda, que será el caso más extremo)

- Dimensiones del estriado del palier:
 - Numero de estrías: **Z=16.**
 - Longitud del estriado: **L=56 mm.**
 - Altura de la estría: **h= 6,25 mm.**
 - Espesor de la estría: **e= 4.5 mm.**

Como se necesita un motor capaz de transmitir un par continuo de 1000 Nm o lo que es lo mismo 100 daNm, entre todos los OMT, el único que cumple esta característica que es el OMT 500 el cual proporciona un par continuo de 109 daNm.

CÁLCULOS DE TORSION:

El modulo resistente en una sección circular es:

$$W = \frac{\Pi * \left(\frac{D^4 - d^4}{32}\right)}{\frac{D}{2}} = \frac{\Pi * \left(\frac{60^4 - 40^4}{32}\right)}{\frac{60}{2}} = 10833\Pi = 34034 \text{ mm}^3$$

La tensión tangencial máxima originada será:

$$\tau = \frac{M}{W} = \frac{1000Nm}{34034mm^3} = 29.38 \frac{N}{mm^2} = 29.38MPa$$

La tensión tangencial que soporta el material es:

$$\tau_{material} = \frac{\sigma_{material}}{2} = \frac{900MPa}{2} = 450MPa$$

Por lo tanto el coeficiente de seguridad es:

$$C_s = \frac{\tau_{material}}{\tau} = \frac{450MPa}{29.38MPa} = 15.32 \gg 1$$

CÁLCULOS DEL ESTRIADO.

El par que pasa desde el reductor a través del palier hasta la tapa que transmite el par a la rueda se hace a través del estriado mecanizado en dicho palier. Las estrías se calcularán a cortadura y a aplastamiento entre las caras de contacto.

- Fuerza tangencial a transmitir por la unión:

$$F_T = \frac{M}{d + h/2} = \frac{1000Nm}{40 + 6.25/2} = \frac{1000Nm}{43.125mm} = \frac{1000Nm}{0.043m} = 23,2KN$$

- Área resistente a cortadura:

$$A_{\text{cortadura}} = Z * L * e = 16 * 56 * 4.5 = 4032 \text{mm}^2$$

- Área resistente a aplastamiento:

$$A_{\text{aplastamiento}} = Z * L * h = 16 * 56 * 6.25 = 5600 \text{mm}^2$$

- Tensión tangencial de cortadura:

$$\tau_{\text{cortadura}} = \frac{F_T}{A_{\text{CORTADURA}}} = \frac{23.2 \text{KN}}{4032 \text{mm}^2} = 5.75 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 5.75 \text{MPa}$$

- Tensión normal de aplastamiento:

$$\sigma_{\text{aplastamiento}} = \frac{F_T}{A_{\text{aplastamiento}}} = \frac{23.2 \text{KN}}{5600 \text{mm}^2} = 4.14 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 4.14 \text{MPa}$$

- Coeficientes de seguridad:

$$C_s = \frac{\tau_{\text{material}}}{\tau_{\text{cortadura}}} = \frac{450 \text{MPa}}{5.75 \text{MPa}} = 78.26 \gg 1$$

$$C_s = \frac{\sigma_{\text{material}}}{\sigma_{\text{aplastamiento}}} = \frac{900 \text{MPa}}{4.14 \text{MPa}} = 217.4 \gg 1$$

Los coeficientes de seguridad obtenidos son muy superiores a 1, por lo tanto el palier soporta los esfuerzos a los que se encuentra sometido en un par de trabajo constante. Dado que los coeficientes de seguridad son tan superiores a uno, no es necesario calcular el punto más crítico que es la cresta del par donde se trabaja con un par de 160 daNm.

6.2.3.2 Cálculo del Eje-Fijo

el siguiente paso será diseñar el EJE-FIJO, el cual es la unión entre todas las partes, por su interior irá dicho palier que transmite el movimiento del eje del motor hasta la tapa motriz que mueve la rueda. El eje estará unido a la rueda ferroviaria por rodamientos y atornillada al soporte del conjunto. Dicho eje presentará una forma parecida a la mostrada a continuación en la figura 13:

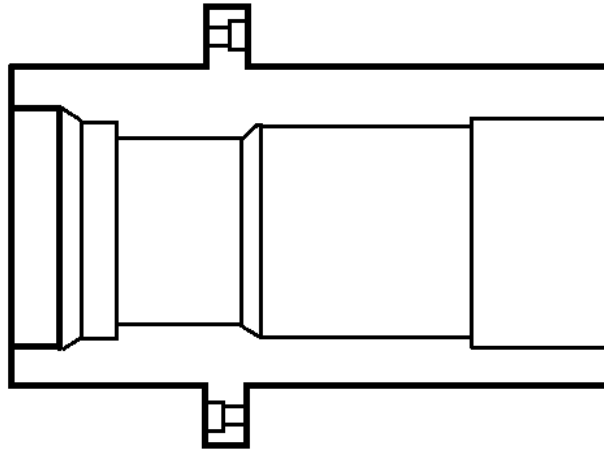


Figura 13: Dibujo orientativo del EJE-FIJO.

El tamaño de dicho eje se irá obteniendo según las necesidades de acople, por la parte más corta se acoplará el soporte y llevará en su interior el eje estriado del motor. Según lo calculado en el apartado anterior la longitud de dicho eje es de 82 mm por lo tanto esa será la distancia desde el inicio del eje fijo hasta la zona de tornillos.

Por el otro lado deberá tener espacio para atravesar la rueda y acoplar la tapa motriz, esta tapa irá roscada al eje fijo 30 mm, sumado esto a los 130 mm de ancho que tendrá la rueda en la parte de acople del eje hacen un total de 160 mm de longitud.

En la parte de los tornillos tendrá 30 mm siendo estos tornillos pasantes que se roscarán en el soporte.

Por lo tanto sumando todas las medidas tenemos que el eje fijo tiene una longitud de 272 mm.

El eje se encuentra sometido a flexión debido a la carga que se ejerce en la rueda y la distancia entre la rueda y la unión de dicho eje al soporte que lo sustenta.

DATOS DE CÁLCULO:

- Carga máxima a considerar sobre una rueda: **Q=10.000 kg** (igual que en el palier)
- Distancia desde el punto de unión al soporte hasta el punto medio de los rodamientos: **L=95 mm.**
- Diámetro interior del eje : **(según el rodamiento que coloquemos)**
- Diámetro exterior del eje: **(según el rodamiento que coloquemos)**
- Resistencia del material : **322MPa (ST52-TRATADO)**

Para calcular el diámetro interior se deberá partir del apartado anterior donde el diámetro exterior del palier era de 60 mm, por lo tanto se buscará un rodamiento capaz de soportar grandes cargas radiales tanto dinámicas como estáticas. Se elige por tanto un rodamiento de rodillos cilíndricos de la familia NU partiendo de la base de que su diámetro interior debe ser 60 mm.

Por lo tanto se utilizará el NU1012-M, el cual cumple con todos los requisitos mencionados con anterioridad y que tiene un diámetro exterior de 90 mm. Las características de este rodamiento se pueden ver en el **Anexo 3.** [9]

Una vez conocido el diámetro interior se deberá calcular un diámetro exterior que soporte la carga, por lo que de momento se deja este dato en una variable y posteriormente se calculará. [4]

- Diámetro interior del eje : **d=95 mm**
- Diámetro exterior del eje: **D= x mm.**

Cálculos

$$\sigma_{eje} = \frac{M_{FLECTOR}}{W_{SECCION}}$$

$M_{FLECTOR}$: Momento originado por la carga; $M_{flector} = Q * 9,81 * L$

$W_{SECCION}$: Módulo resistente de sección; $W_{SECCION} = \frac{2\Pi * (D^4 - d^4)}{64 * D}$

$$M_{FLECTOR} = 10.000 * 9.81 * 0.095 = 9319,5 \text{ Nm.} = 9.319.000,5 \text{ Nmm}$$

Para calcular $W_{SECCION}$ se probará con varios D empezando por 120,140 y 160 en caso de no obtener un buen resultado se usará un D mayor.

$$1. W_{SECCION} = \frac{2\Pi * (120^4 - 95^4)}{64 * 120} = 103.009,3 \text{ mm}^3$$

$$2. W_{SECCION} = \frac{2\Pi * (140^4 - 95^4)}{64 * 140} = 212.274,5 \text{ mm}^3$$

$$3. W_{SECCION} = \frac{2\Pi * (160^4 - 95^4)}{64 * 160} = 352.146,4 \text{ mm}^3$$

Los datos son bastante diferentes, por lo tanto a partir de este módulo resistente se calculará el coeficiente de seguridad:

$$1. \sigma_{eje} = \frac{M_{FLECTOR}}{W_{SECCION}} = \frac{9.319.000,5}{103.009,3} = 90,47 \text{ MPa}$$

$$2. \sigma_{eje} = \frac{M_{FLECTOR}}{W_{SECCION}} = \frac{9.319.000,5}{212.274,5} = 43,90 \text{ MPa}$$

$$3. \sigma_{eje} = \frac{M_{FLECTOR}}{W_{SECCION}} = \frac{9.319.000,5}{352.146,4} = 26,46 \text{ MPa}$$

$$\circ C_s = \frac{\sigma_{MATERIAL}}{\sigma_{EJE}} \gg 1$$

$$1. C_s = \frac{\sigma_{MATERIAL}}{\sigma_{EJE}} = \frac{322 \text{ MPa}}{90,47 \text{ MPa}} = 3,56$$

$$2. C_s = \frac{\sigma_{MATERIAL}}{\sigma_{EJE}} = \frac{322 \text{ MPa}}{43,90 \text{ MPa}} = 7,33$$

$$3. C_s = \frac{\sigma_{MATERIAL}}{\sigma_{EJE}} = \frac{322 \text{ MPa}}{26,46 \text{ MPa}} = 12,17$$

Los tres cumplen el coeficiente de seguridad aunque se descarta el diámetro de 120 mm y se utilizará el intermedio, por lo tanto:

- Diámetro exterior del eje: **D= 140 mm.**

En este caso se buscará un rodamiento con un diámetro interior igual a 140mm, este rodamiento deberá soportar igualmente grandes cargas tanto radiales como axiales. Se utilizarán rodamientos de rodillos cónicos y serán dos, puesto que este tipo de rodamientos solo absorben cargas axiales en un sentido y por tanto es necesario un segundo rodamiento montado simétricamente para el guiado en sentido contrario.

Por lo tanto se colocarán dos rodamientos de rodillos cónicos 32928XU, con un diámetro exterior igual a 190 mm. Las características se pueden ver en el **Anexo 3**. [9]

6.2.3.3 Dimensionado de los cilindros

Una vez calculadas todas las partes que se le van a acoplar al vehículo, se realizará el cálculo de reacciones en el eje delantero y en el eje trasero, para ver si el vehículo puede soportar todos estos elementos que se le van a incorporar sobre su chasis. El vehículo al que se le instalarán es un camión Volvo FL de 18 toneladas cuyas características están en el **Anexo 3**:

En la **Figura 6 del Anexo 3** se aprecia que la capacidad de carga por eje del vehículo sobre el eje delantero es de 7.1 tonelada y sobre el eje trasero 11.5 toneladas, además se aprecia que la distancia entre ejes tiene diferentes variantes pudiendo elegir la que más convenga, para iniciar este cálculo se elegirá una distancia de 4500 mm pudiendo variarla después. [2]

Los pesos de los ejes según fabricante son los siguientes: [2]

P1 (peso eje delantero) = 4300 kg P2 (peso eje trasero)= 2500 KG

A continuación se explicarán los distintos componentes con sus pesos:

1. Psb:

En todo camión que se transforma se coloca un sobrechasis a partir del cual se van fijando los elementos que se añaden al camión, esto se debe a que un chasis no puede ser soldado. Por lo tanto este sobrechasis se fijará al chasis mediante tornillos.

Se colocará una UPN en cada lado del chasis, esta UPN será de 16, la cual pesa 18.8 kg/m según la **Tabla 4 del Anexo 1**. Y conociendo la distancia del chasis de 7 metros el peso será el siguiente: [8]

$$Psb = 18.8 \text{ kg/m} \times 7 \text{ m} = 131.6 \text{ kg cada sobrestador}$$

$$Psb = 131.6 \text{ kg} \times 2 = 263.2 \text{ kg}$$

Teniendo en cuenta que se deberá atornillar y colocar chapas de unión entre ambos chasis, utilizaremos un $Psb = 400 \text{ kg}$.

2. Pc:

Como ya se calculó anteriormente el peso del castillete es de 1000 kg y soporta un peso de otros 1000 kg por lo que, en el caso más extremo, el castillete tendrá un peso de 2000 kg,

$$Pc = 2000 \text{ kg.}$$

3. Pdd y Pdt:

El peso de cada rueda es de 400 kg lo que suman 800 kg sumándole los 50kg de ambos motores y los 40 del tubo lapeado que son los componentes que mayor peso tienen a simple vista, suman un total 890 kg. A este peso se tendrá que añadir los soportes de los pasadores, el eje fijo, el soporte, la tapa motriz, etc. Por lo que en total se tendrá un peso de 1300 kg aproximado.

$$Pdd = 1300 \text{ kg} = Pdt$$

4. Pg:

Según el manual del fabricante la grúa PALFINGER 18002 EH-C tiene un peso de 1890 kg [3]

5. Pcc:

El peso de la caja de carga es de 3000 kg.

Por lo tanto los elementos que se colocarán en el camión son los siguientes con sus correspondientes pesos.

- Psb: peso sobrestador 400 kg
- Pc: peso castillete con gatos 2400 kg
- Pdd: peso diplory delantero 1300 kg
- Pcc: peso caja de carga 3000 kg
- Pdt: peso diplory trasero 1300 kg
- Pg: peso grúa 1890 kg.

Una vez que se conocen todos los pesos de las modificaciones, se deberá obtener su centro de gravedad y la distancia en función del punto fijo que se elija para realizar el equilibrio de fuerzas y momentos. El punto del cual se partirá es el eje delantero del camión, las ruedas de goma, y se tendrá que ir viendo las distancias para calcular los momentos:

El punto de partida es el eje delantero y la distancia entre ejes es de 4500 mm (según el apartado anterior [2]) por lo tanto:

- A(distancia hasta el PC) = 1400 mm
- B(distancia hasta el eje delantero ferroviario)=1300 mm
- C(distancia hasta Pcc) = 4400 mm
- D(distancia hasta Psb) = 3600 mm
- E(distancia hasta el eje trasero de goma) = 4500 mm
- F(distancia hasta el eje trasero ferroviario) =5800 mm
- G(distancia hasta Pg)=6220 mm

Los dos puntos de apoyo que tiene el camión son las ruedas delanteras y las ruedas traseras (Rd y Rt) por lo tanto:

$$\Sigma F = 0 \quad \rightarrow \quad R_d + R_t = P_c + P_{dd} + P_{sb} + P_{cc} + P_{dt} + P_g + P_1 + P_2$$

$$\Sigma M_{R_d} = 0 \quad \rightarrow \quad (R_t * E) = (P_c * A) + (P_{dd} * B) + (P_{sb} * D) + (P_{cc} * C) + (P_{dt} * F) + (P_g * G) + (P_1 * 0) + (P_2 * E)$$

$$R_t = ((P_c * A) + (P_{dd} * B) + (P_{sb} * D) + (P_{cc} * C) + (P_{dt} * F) + (P_g * G) + (P_2 * E)) / E$$

$$R_t = 11.039 \text{ Kg.}$$

$$R_d = P_c + P_{dd} + P_{sb} + P_{cc} + P_{dt} + P_g + P_1 + P_2 - R_t = 5.651 \text{ kg.}$$

El eje delantero puede cargar 7.1 toneladas y el trasero 11.5 toneladas, por lo que teniendo en cuenta los resultados se comprueba que el vehículo soporta el peso de todos los elementos. Por lo tanto se pueden dimensionar los cilindros para levantar este peso.

Dado que el camión tiene una capacidad de 18 toneladas, las cuales se reparten de manera distinta en cada eje, se calcularán los cilindros como si cada eje tuviese que soportar el peso completo del camión, con esto se conseguirá que el vehículo vaya más sobredimensionado.

Por lo tanto si cada eje soporta y levanta 18 toneladas, cada cilindro deberá dimensionarse para 9 toneladas.

Para calcular el diámetro de la camisa de los cilindros se utilizará la siguiente fórmula:

$$F=P.A$$

Dónde:

- **F**= Fuerza que debe ejercer el cilindro, es decir el peso a levantar.
- **P**= Presión a la que trabaja el sistema hidráulico.
- **A**= Área del cilindro

Área o sección interior de los cilindros

$$F= P. A \rightarrow 9000 \text{ kg} = 100 \text{ kg/cm}^2 \cdot A$$

$$A= 9000 \text{ Kg} / 100 \text{ kg/cm}^2 = 90 \text{ cm}^2$$

$$A= \frac{\pi d^2}{4} \rightarrow d= \sqrt{\frac{4.A}{\pi}} \rightarrow d= 10.7 \text{ cm}= 107\text{mm}$$

Una vez conocida el diámetro mínimo del cilindro, se deberá consultar la **Tabla 2 del Anexo 2** donde se encuentra la siguiente información: [10]

TIPO MDR		X	Y	A	B	C c10	D	E	F	G	J	K	L HB	R	S	T	V	W
R-100	056 070	3/4"G.	42x2	189	70	50	50	55	40	84	135	80	40	76	45	3	52	115
R-125	070 090	3/4"G.	52x2	203	80	60	55	65	50	88	170	100	50	91	57	3	53	145
R-160	090 110	1" G.	68x3	255	100	80	70	75	63	112	218	128	63	116	72	3	67	185

Figura 14: Recorte de la información del anexo 2

En la figura anterior, se obtiene que con un diámetro de 125 mm en la camisa, el vástago tendrá un diámetro de 90 mm:

$$\phi\text{Camisa} = 125 \text{ mm}$$

$$\phi\text{Vástago} = 90 \text{ mm}$$

6.3-Sistema Hidráulico:

En este punto se diseñará el sistema hidráulico del vehículo para alimentar y proteger el sistema de rodadura, el del castillete y el de la grúa. Todos los componentes y sus características se pueden ver en el Anexo 4. [11]

El vehículo tendrá incorporado una llave de 3 vías, esta llave se usará para seleccionar el uso del castillete o de la grúa, se colocará cerca de esta última, instalada con tubería para transportar el aceite hidráulico desde la parte trasera hasta la frontal donde se encuentra el castillete. Las características de la llave se pueden ver en la **Figura 1 del Anexo 4.**

Un componente básico, en todo sistema hidráulico, son las válvulas antirretorno, las cuales liberan el paso en un sentido y lo bloquean en el contrario, protegiendo así el sistema y evitando el retroceso del aceite. Se colocarán tres válvulas antirretorno, una en la tubería de alimentación del castillete y otra en la alimentación del rodaje evitando así el retroceso del aceite al depósito y la tercera en la tubería de vuelta al depósito. Las características de la válvula antirretorno se pueden ver en la **Figura 2 del Anexo 4.**

Para poder seleccionar mediante pulsadores el funcionamiento de los movimientos del sistema, tanto el castillete como el sistema de rodadura, se necesitarán electroválvulas las cuales dejan pasar el aceite cuando reciben corriente eléctrica. Se usarán cuatro electroválvulas, que compondrán el bloque distribuidor, la primera para el manejo de los cilindros de elevación, la segunda para el movimiento lateral, la tercera para el sistema de rodadura y la cuarta para el movimiento de las ruedas. El sistema trabajará con 100 Bares y la tensión de las baterías es de 24 V, por lo tanto se deberán seleccionar unas electroválvulas con esas características, dichas características se pueden ver en la **Figura 3 del Anexo 4.**

Para regular la velocidad del desplazamiento, se colocará un regulador de caudal para darle al sistema el caudal justo, consiguiendo así una velocidad aproximada de 0.10 m/s tanto en la subida como en el descenso del castillete, por lo tanto, por eso se coloca solo en los cilindros de elevación. Este regulador se ajustará en fábrica y el sistema saldrá

predeterminado por lo que la velocidad no se podrá variar. Las características de este regulador se pueden ver en la **Figura 4 del Anexo 4**.

Para proteger el sistema hidráulico de picos de presión o de sobrefuerzos que se puedan producir en el sistema, se colocará una válvula de descarga, la cual está realmente compuesta por dos partes, la primera es la válvula de descarga utilizada para que cuando la presión suba a más de 120 bares, esta se abra y deje pasar el aceite al depósito y la segunda parte es una válvula de carga o precarga que se utilizará para que hasta que no se abra no comience a funcionar el sistema. Las características de esta válvula se muestran en la **Figura 5 del Anexo 4**.

Para evitar el descenso de los cilindros de elevación de forma accidental o por rotura, evitando así daños a los trabajadores, se colocará una válvula antirretorno pilotada simple. Son simples puesto que para el ascenso es innecesario dado que por el propio peso de los bastidores no se va a producir un ascenso involuntario. Las características de este tipo de válvulas se muestran en la **Figura 6 del Anexo 4**.

En caso de los cilindros del sistema de rodadura si se puede producir un descenso de ellos debido a su propio peso, por lo que en este caso se colocarán válvulas antirretorno pilotadas dobles. Las características de este tipo de válvulas se muestran en la **Figura 7 del Anexo 4**.

Para el desplazamiento lateral se colocará un motor hidráulico, dado que este motor tendrá que desplazar la suma del peso un bastidor más las barandillas y los 1000 kg que podrá soportar el castillete, es decir un total de 1300 kg, lo que equivale a 130 Nm y por lo tanto a 13 daNm. Por eso se elegirá un motor que tenga un par continuo mayor a 13 daNm o lo que es lo mismo se utilizará el motor hidráulico Danfoss OMP 200 el cual tiene un par continuo de 24 daNm. Las características de este motor se muestran en la **Figura 8 del Anexo 4**. [6]

A este motor se le deberá implantar un freno negativo, es decir un componente para evitar el desplazamiento lateral de forma involuntaria en curvas peraltadas o de forma involuntaria dado que mientras que el aceite no suelte dicho freno el motor no podrá desplazarse evitando así su accionamiento involuntario.

Puesto que el desplazamiento del motor podrá ser en ambos sentidos (derecha o izquierda) y el freno solo necesita una entrada de aceite, se colocará una válvula llamada selectora de circuito la cual alimentará al freno independientemente de por donde le llegue el aceite y además no dejará que se pase por el lado opuesto. Las características de esta válvula selectora se muestran en la **Figura 9 del Anexo 4**.

A todos estos componentes se añadirán los 2 cilindros de elevación del castillete, los 4 cilindros del sistema de rodadura y los 4 motores hidráulicos del sistema de rodadura. Al igual que el motor de desplazamiento del castillete, los motores hidráulicos del sistema de rodadura también se les acoplarán un freno negativo y una válvula selectora de circuito.

El esquema hidráulico resultante se muestra a continuación en la **Figura 15:**

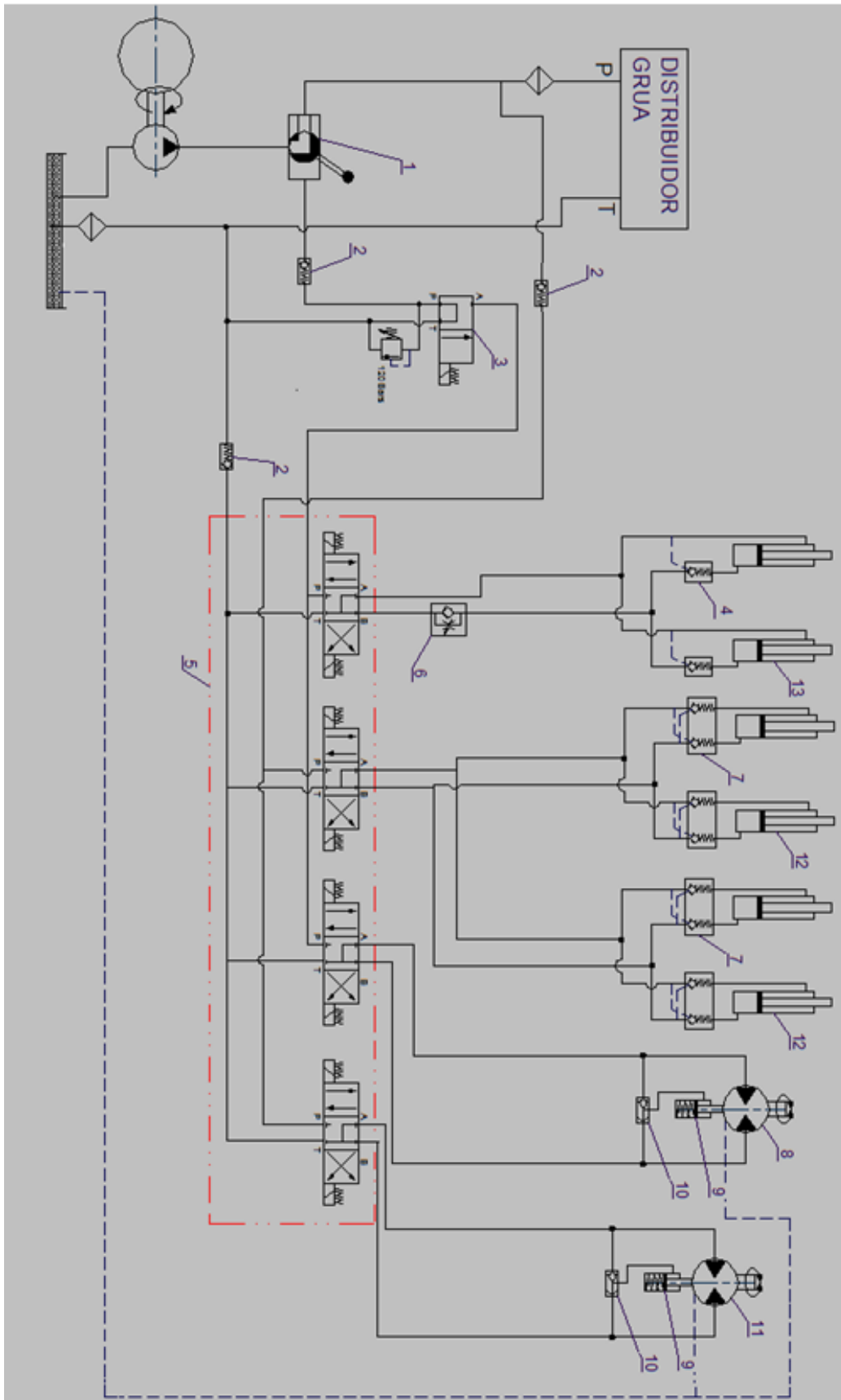


Figura 15: Esquema hidráulico

A continuación se muestra la leyenda del esquema hidráulico:

- 1- Llave de 3 vías manual
- 2- Llave antirretorno.
- 3- Válvula de descarga.
- 4- Válvulas antirretorno pilotadas simples.
- 5- Bloque distribuidor compuesto por 4 electroválvulas.
- 6- Regulador de caudal
- 7- Válvulas antirretorno pilotadas dobles.
- 8- Motor Danfoss OMP 200
- 9- Freno negativo del motor
- 10- Válvula selectora de circuito
- 11- Motor Danfoss OMT 500
- 12- Cilindros del sistema de rodadura
- 13- Cilindros de elevación del castillete

Con el fin de reducir espacio en el dibujo de la **Figura 15: Esquema hidráulico**, solo se ha dibujado un motor del sistema de rodadura pero en realidad son 4 motores los que tendrán, uno en cada rueda.

6.4-Sistema Eléctrico:

En este apartado se diseñará el sistema eléctrico del vehículo. Dado que la tensión se obtendrá de las baterías del camión, todo el sistema deberá funcionar a 24 V.

La primera modificación será la colocación de luces de vía. Como ya se comentó con anterioridad este sistema estará compuesto por dos luces blancas, dos rojas y un enchufe de vía tanto en la parte delantera como en la trasera.

La elección tanto de los focos se muestra en la **Figura 1 y Figura 2 del Anexo 5**, y el enchufe de vía se puede ver en **Figura 3 del Anexo 5**, donde se pueden ver los consumos de dichos focos. [12]

El foco blanco que se colocará es el 463.00 con una tensión de 24V y una potencia de 70W, mientras que el foco rojo que se colocará es el 581.00 con una tensión de 24V y una potencia de 21W. Por lo tanto cada vez que se enciendan las luces de vía tanto las de sentido normal como las de sentido inverso, se encenderán dos focos de 70W y dos focos de 21W conectados en paralelo, con lo cual tendremos una potencia de 182W con un voltaje de 24V. Por lo tanto:

- Aplicando la formula $I=P/V$ [14]
- Obtendremos una intensidad de 7.6 A

Se deberá colocar un fusible de 10 A entre la fuente y el sistema para garantizar así su protección.

El sistema se diseñará para que solo se enciendan las luces en un sentido y bajo ningún concepto puedan encenderse los 8 focos a la vez, por lo tanto se deberá colocar un pulsador que permita seleccionar las luces en un sentido o en otro pero nunca en ambos. Este pulsador es el selector XB4 BD33 el cual se muestra en la **Figura 4 del Anexo 5**. [13]

Por lo tanto el esquema eléctrico de las luces de vía será el mostrado a continuación en la **Figura 16**:

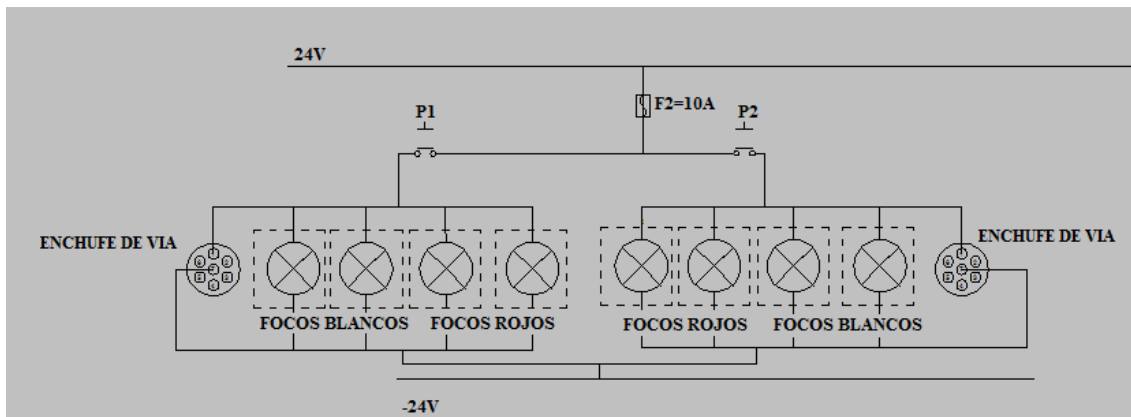


Figura 16: Esquema eléctrico luces de vía.

A continuación se muestra la leyenda del esquema eléctrico:

- 1- Pulsador Posición uno (P1): dirección normal
- 2- Pulsador Posición dos (P2): marcha atrás
- 3- Pulsador Posición intermedia: luces apagadas

La segunda modificación que se deberá realizar será para facilitar la visibilidad nocturna en la zona de trabajo del castillete, donde se instalarán cuatro focos blancos como los usados anteriormente. Estos se encenderán mediante un selector parecido al anterior pero en vez de tres posiciones simplemente con dos, una para encender los 4 focos y la otra que será la posición de reposo.

El selector que usaremos será el XB4 BD21 con conectores NA el cual se muestra en la **Figura 5 del Anexo 5**: [12]

En este caso se usarán cuatro focos de 70W cada uno conectados en serie por lo que en total tendremos un consumo de 280W con un voltaje de 24V, Por lo tanto:

- Aplicando la formula $I=P/V$ [14]
- Obtendremos una intensidad de 11.67 A

Se deberá colocar un fusible entre la fuente y el sistema de 15 A para garantizar así su protección.

Por lo tanto el esquema eléctrico de las luces de trabajo será el mostrado a continuación en la **Figura 17**:

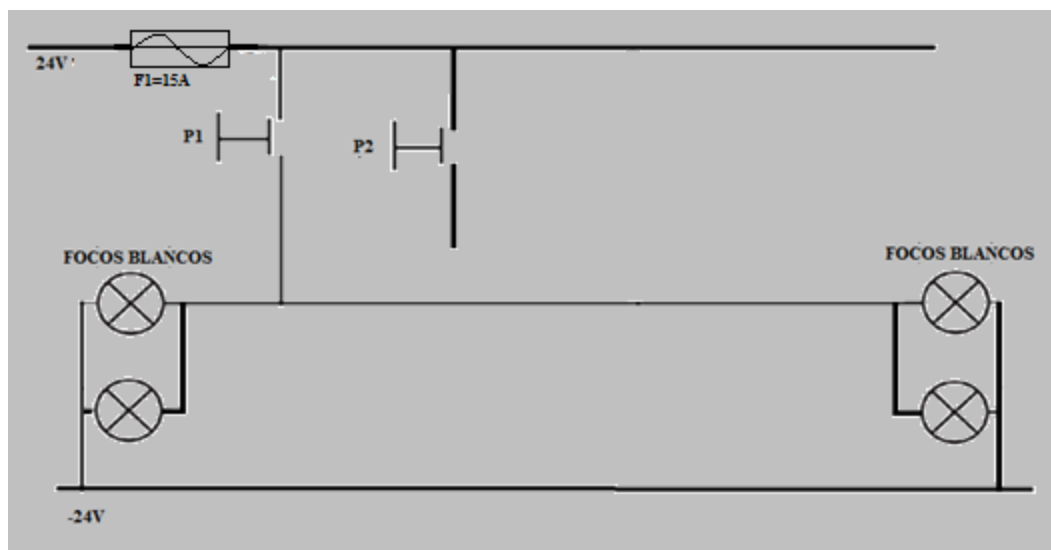


Figura 17 Esquema eléctrico luces de trabajo.

La siguiente configuración que se deberá diseñar será la alimentación de las electroválvulas para el movimiento de subida/bajada, de desplazamiento lateral, el accionamiento de los cilindros de los ejes y el de los motores del sistema de rodadura, Además de la válvula de precarga.

Estas cinco válvulas se accionan eléctricamente y su funcionamiento será de la siguiente forma:

1. En el caso del castillete se dispondrá de una botonera o caja de pulsadores con cuatro movimientos, dos para la subida y bajada cilindros de elevación y dos para el desplazamiento derecha o izquierda del castillete.
2. En el caso del sistema de rodadura, se dispondrá de cuatro pulsadores en la cabina, dos para accionar la bajada y subida de los ejes y otros dos para accionar los motores en un sentido o en el contrario.

Para el primer caso, el del movimiento del castillete se usará la caja de pulsadores colgantes con 4 pulsadores más una seta de parada de emergencia cuya referencia es XAC A4714 las características se muestran en la **Figura 6 del Anexo 5**. [13]

La conexión de la botonera con el sistema se realizará mediante los componentes mostrados a continuación en la **Figura 18**:



Figura 18: Componentes conexión de la botonera al sistema.

A continuación se muestra la leyenda de la Figura 18:

- El número 1 será la clavija donde termine la manguera que sale del mando, en su interior llevará el número 4.
- El número 2 será la clavija que lleve el cable hasta la caja principal, en su interior llevará el número 5.
- El número 3 es un prensaestopas por donde entrará la manguera del cable en el número 1 y en el número 2.

De esta forma cuando se quiera usar el castillete solo se deberá conectar el número 1 y el número 2, de esta forma las patillas del número 4 entrarán en los agujeros del número 5 y se conseguirá así que el mando esté conectado a la caja principal, alimentando a las electroválvulas del castillete.

Para el segundo caso, el del movimiento del sistema de rodadura simplemente se colocará los cuatro pulsadores en la cabina, estos pulsadores tienen la referencia XB4BA21 y sus características se muestran en la **Figura 7 del Anexo 5**.

Como medida de seguridad y simplemente para el caso de que se produzca un fallo bien en la botonera del castillete o en los pulsadores del sistema de rodadura, se colocará una caja estanca metálica en cuyo interior tendrá ocho pulsadores para accionar los ocho movimientos explicados anteriormente.

La caja metálica que se colocará será la mostrada a continuación en la **Figura 19**:



Figura 19: Caja metálica de emergencia.

En su interior se colocarán dos cajas de pulsadores de 4 agujeros cada una para poder accionar los ocho movimientos posibles del sistema.

Las cajas de pulsadores tienen la referencia XALG04 y sus características se muestran en la **Figura 8 del Anexo 5**. Los pulsadores que se colocarán en su interior son los mismos que se colocaron en la cabina cuya referencia era XB4BA21 y sus características se mostraban en la **Figura 7 del Anexo 5**. [13]

Continuando con el ámbito de la seguridad, todo sistema elevable deberá disponer de rotativos indicadores de movimiento y además una retroalarma o avisador acústico para indicar el movimiento. Se colocarán dos rotativos uno en cada esquina del bastidor inferior para ser vistos desde cualquier ángulo. Tanto los dos rotativos como el avisador acústico deberán tener una tensión de 24V.

Los rotativos que se colocarán serán los 52.00 y sus características se muestran en la **Figura 9 del Anexo 5**. El avisador acústico seleccionado es el 5900.00 y sus características se muestran en la **Figura 10 del Anexo 5**. [12]

En este caso el consumo de los rotativos y del avisador es de 70W cada uno conectados en serie por lo que en total tendremos un consumo de 210W con un voltaje de 24V, Por lo tanto:

- Aplicando la formula $I=P/V$ [14]
- Obtendremos una intensidad de 8.75 A

Se deberá colocar un fusible entre la fuente y el sistema de 10 A para garantizar así su protección.

Por lo tanto el esquema eléctrico será el mostrado a continuación en la **Figura 20**:

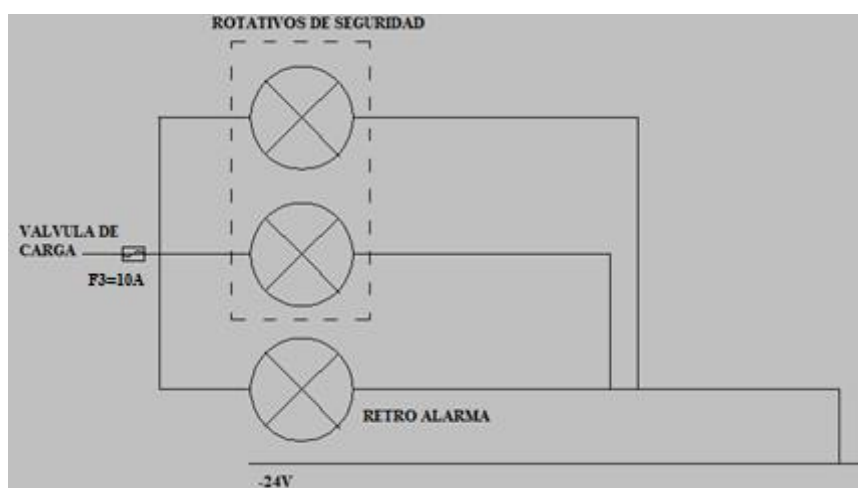


Figura 20: Esquema eléctrico de rotativos y avisador acústico.

El siguiente sistema de seguridad que se deberá implantar serán las setas de parada de emergencia las cuales se pulsan, en caso de emergencia por los operarios, para detener el movimiento.

En el caso de la grúa ya vendrán instaladas por lo que no se deberán añadir, pero en el caso del castillete se deberá diseñar un sistema que permita pulsar dicha seta de parada de emergencia a la mayor brevedad posible. Por lo tanto se colocarán tres, además de la que viene incorporada en el mando, se colocarán una a cada lado del castillete en la

parte inferior con acceso a ellas desde el pavimento, y la otra en la parte superior del castillete en las barandillas desplegadas. Las setas de parada de emergencia serán de $\frac{1}{4}$ de vuelta para poder desactivarlas una vez solucionado el problema con un simple giro y sus características se mostraran en la **Figura 11 del Anexo5**. [13]

Estas se intercalaran entre los 24V y la alimentación de las válvulas de tal forma que si se accionan (se corta el circuito) y por lo tanto el castillete quedará inmobilizado, además se colocará un fusible para la protección del sistema, por lo que el esquema eléctrico será el mostrado a continuación en la **Figura 21**:

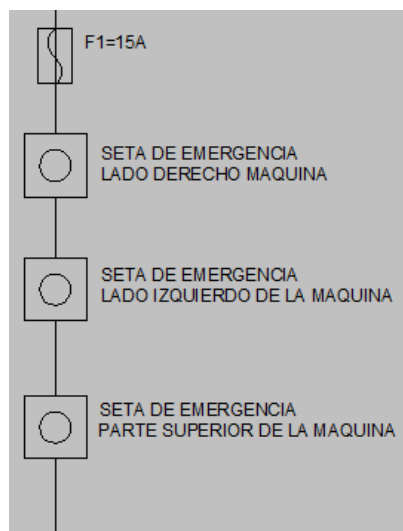


Figura 21: Esquema eléctrico setas de parada de emergencia.

6.5-Autómata Industrial:

Para el control de todo el sistema se deberá implantar un autómata industrial con el fin de controlar todos los movimientos, aportando mayor seguridad al sistema. En primer se definirá el autómata seleccionado que como ya se comentó anteriormente será el autómata PL7. [15]

Para programar dicho autómata, en primer lugar se deberán distinguir entre las entradas al sistema y las salidas del mismo, la mayoría de las entradas serán consecuencia lógica de los capítulos explicados anteriormente, otras serán nuevas variables implantadas por necesidad. A continuación se resumen las diferentes entradas:

- De forma directa se diferencian los sensores de posición de los ejes ferroviarios, tanto del delantero como del trasero. Este sensor marcará 1 cuando el eje este abajo y 0 cuando este subido.
- El castillete tiene una limitación de carga de 1000 kg por lo que para su funcionamiento dispone de un sensor de peso, un limitador de carga que marcará 1 cuando este sobrecargado y 0 cuando el peso sea inferior a 1000kg.
- El camión dispone de grúa y castillete por lo que se colocará un sensor de posición en ambos que marcará 1 cuando estén recogidos y 0 cuando estén desplegados.
- El funcionamiento del castillete depende de los pulsadores de subida, bajada, y desplazamiento lateral (derecha e izquierda), por lo que se dispone de cuatro entradas más, que marcarán 0 cuando no se pulsen y 1 cuando se active el pulsador.

Las entradas explicadas anteriormente son consecuencia lógica del sistema, pero además se definirán otras tres de ayuda, en primer lugar se debe diferenciar la posición modo carretera y modo vía, para ello se colocará un conector de dos posiciones con activación manual, con el cual solo podrá estar activo un modo u otro. En este caso marcará 1 cuando este activa la posición deseada y 0 cuando este desactivada, de esta forma una de las dos posiciones tendrá que estar activa siempre.

Para controlar cuando el camión está parado y cuando está andando se colocará un sensor en el freno de mano para saber cuándo este está puesto y cuando está quitado. Un camión se desfrena cuando le entra aire, de tal forma que si no tiene aire el freno se activa. Por lo tanto se colocará un presostato, que es un interruptor neumático que cuando tiene aire se cierra el circuito y la corriente circula, de esta forma cuando el freno de mano este puesto marcará 0 y cuando este quitado marcará 1.

Por lo tanto las entradas son las siguientes:

- **VIA:** %10.0 : CONECTOR EN MODO VIA
- **CARRETERA:** %10.01: CONECTOR EN MODO CARRETERA
- **E1:** % 10.2: SENSOR DE POSICION EJE FERROVIARIO DELANTERO
- **E2:** % 10.3 : SENSOR DE POSICION EJE FERROVIARIO TRASERO
- **FM :** %10.4: FRENO DE MANO
- **LM :%**10.5: LIMITADOR DE CARGA DEL CASTILLETE
- **C :** %10.6: SENSOR DE POSICION DEL CASTILLETE
- **G :** %10.7: SENSOR DE POSICION DE LA GRÚA
- **P1:**%10.8: PULSADOR SUBIDA DE CASTILLETE
- **P2:** %10.9: PULSADOR BAJADA DE CASTILLETE
- **P3:**%10.10: PULSADOR DESPLAZAMIENTO DERECHA CASTILLETE
- **P4:** % 10.11: PULSADOR DESPLAZAMIENTO IZQUIERDA CASTILLETE

Para simplificar las entradas se crean las siguientes variables internas que englobaran a varias de las entradas citadas anteriormente:

La primera será %10.12 y se llamará **CAMIÓN_ON_CARRETERA**, esta entrada estará activa cuando el camión esté preparado para circular por carretera, su valor será 1 cuando se cumplan las siguientes condiciones:

1. El conector estará en modo carretera.
2. Tanto el eje delantero como el trasero ferroviarios estarán recogidos.
3. El freno de mano estará quitado.
4. Tanto el castillete como la grúa estarán recogidos.

Mientras no se cumplan esas condiciones su valor será 0.

La segunda será %10.13 y se llamará **CAMIÓN_ON_VIA**, esta entrada es similar a la anterior pero para la circulación del camión por la vía, su valor será 1 cuando se cumplan las siguientes condiciones:

1. El conector estará en modo vía.
2. Tanto el eje delantero como el trasero ferroviarios estarán desplegados.
3. El freno de mano estará quitado.
4. Tanto el castillete como la grúa estarán recogidos.

Al igual que la anterior mientras no se cumplan estas condiciones su valor será 0.

La tercera será %10.14 y se llamará **CASTILLETE_PREPARADO**, esta entrada nos indicará que el castillete está listo para ser utilizado, su valor será 1 cuando se cumplan las siguientes condiciones:

1. El conector estará en modo vía.
2. El freno de mano estará puesto.
3. La carga del castillete será inferior a 1000 kg.
4. La grúa estará recogida.

Mientras no se cumplan estas condiciones su valor será 0.

Por lo tanto, quedarán las siguientes entradas:

CAMIÓN_ON_CARRETERA:%10.12: se activará solamente cuando el camión esté preparado para circular por carretera.

CAMIÓN_ON_VIA:%10.13: se activará solamente cuando el camión esté preparado para circular por la vía férrea.

CASTILLETE_PREPARADO: %10.14: se activara solamente cuando el castillete esté listo para su funcionamiento.

En cuanto a las salidas, en primer lugar se tendrán las cuatro lógicas del movimiento del castillete (subida, bajada desplazamiento derecha y desplazamiento izquierda). Además tendrá la activación de los dispositivos de seguridad, los dos rotativos y el avisador acústico.

La última salida será la señal que permita circular al camión tanto por vía como por carretera y mientras esa señal no sea uno el camión no podrá avanzar.

Por lo tanto las salidas serán las siguientes:

- **O1:**%Q0.1: ACTIVA LA ELECTROVALVULA DE SUBIDA DE LOS CILINDROS DE ELEVACION.
- **O2:**%Q0.2: ACTIVA LA ELECTROVALVULA DE BAJADA DE LOS CILINDROS DE ELEVACION.
- **O3:**%Q0.3: ACTIVA LA ELECTROVALVULA DE DESPLAZAMIENTO DEL MOTOR HACIA LA DERECHA
- **O4:**%Q0.4: ACTIVA LA ELECTROVALVULA DE DESPLAZAMIENTO DEL MOTOR HACIA LA IZQUIERDA.
- **O5:**%Q0.5: ACTIVA EL SENSOR ACUSTICO Y LUMINOSO DE MOVIMIENTO DEL CASTILLETE
- **O6:** %Q0.6: SEÑAL QUE PERMITE CIRCULAR AL CAMIÓN.

Una vez definidas las entradas y salidas del sistema el primer paso para configurar el autómeta es realizar el diagrama de estados, el cual se muestra a continuación en la **Figura 21.** [15]

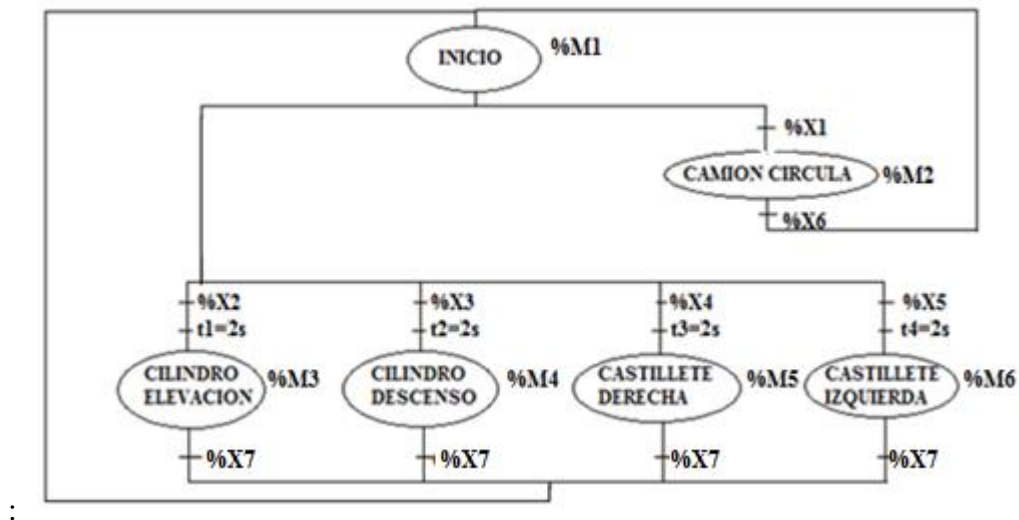


Figura 22: Diagrama de estados del autómeta.

Se definen los siguientes estados:

- **INICIO** (%M1): este es el estado inicial y el sistema volverá a él después de cada movimiento del castillete o desplazamiento del camión.
- **CAMIÓN CIRCULA** (%M2): En este estado el camión puede desplazarse tanto en el modo vía como en el modo carretera, la transición a este estado se produce desde el estado INICIO solamente cuando la variable interna %X1 este activada. Desde este estado solo se pasará al estado INICIO y esta transición se produce cuando se activa la variable %X6.
- **CILINDRO ELEVACION** (%M3): En este estado los cilindros se elevan, produciendo así la subida del castillete. La transición a este estado se produce desde el estado INICIO cuando se activa la variable %X2 y transcurren 5 segundos. Desde este estado solo se pasará al estado INICIO y esta transición se produce cuando el valor de %10.8 es cero, es decir, cuando se suelta el pulsador de subida.
- **CILINDRO DESCENSO** (%M4): En este estado los cilindros se recogen, produciendo así la bajada del castillete. La transición a este estado se produce desde el estado INICIO cuando se activa la variable %X3 y transcurren 5 segundos. Desde este estado solo se pasará al estado INICIO y esta transición se produce cuando el valor de %10.9 es cero, es decir, cuando se suelta el pulsador de bajada.
- **CASTILLETE DERECHA** (%M5): En este estado el motor de desplazamiento ocasiona el desplazamiento lateral del castillete hacia la derecha. La transición a este estado se produce desde el estado INICIO cuando se activa la variable %X4 y transcurren 5 segundos. Desde este estado solo se pasará al estado INICIO y esta transición se produce cuando el valor de %10.10 es cero, es decir, cuando se suelta el pulsador de desplazamiento lateral hacia la derecha.
- **CASTILLETE IZQUIERDA** (%M6): En este estado el motor de desplazamiento ocasiona el desplazamiento lateral del castillete hacia la izquierda. La transición a este estado se produce desde el estado INICIO cuando se activa la variable %X5 y transcurren 5 segundos. Desde este estado solo se pasará al estado INICIO y esta transición se produce cuando el valor de %10.11 es cero, es decir, cuando se suelta el pulsador de desplazamiento lateral hacia la izquierda.

Estos son los seis estados de los que dispone el sistema, para realizar la transición de entre ellos se han definido siete variables internas para simplificar dichas transiciones:

- **%X1:** Al activarse esta variable se pasará del estado INICIO al estado CAMIÓN CIRCULA. En este estado el camión puede desplazarse y para ello debe de cumplir unos requisitos, esta variable engloba estos requisitos a través de los datos de los sensores. Para que %X1 tenga un valor igual a 1 deben cumplirse al menos una de las siguientes condiciones:
 - La variable **CAMIÓN_ON_VIA** debe estar activa, es decir el valor de %10.13 debe ser igual a 1.
 - La variable **CAMIÓN_ON_CARRETERA** debe estar activa, es decir el valor de %10.12 debe ser igual a 1.

Mientras no se cumpla alguna de estas dos condiciones la variable %X1 tendrá un valor igual a 0 y no se producirá la transición.

- **%X2:** Al activarse esta variable se pasará del estado INICIO al estado CILINDRO ELEVACION. En este estado el castillete asciende y para ello también deben de cumplirse una serie de requisitos, esta variable los engloba. Para que el valor de %X2 sea 1 debe cumplirse lo siguiente:
 - La variable **CAMIÓN_ON_VIA** debe tener un valor igual a 0,
 - La variable **CASTILLETE_PREPARADO** debe tener un valor igual a 1 y además se debe accionar el pulsador de subida de castillete (%10.8 = 1). Una vez transcurridos 2 segundos, por seguridad, cumpliendo estas condiciones el castillete subirá.

Mientras no se cumplan estas condiciones el valor de %X2 tendrá un valor igual a 0.

- **%X3:** Su funcionamiento es igual que %X2 pero debe accionarse el pulsador de bajada en vez del de subida, es decir %10.9 = 1.
- **%X4:** Su funcionamiento es igual que %X2 pero debe accionarse el pulsador de desplazamiento lateral hacia la derecha en vez del de subida, es decir %10.10 = 1.

- **%X5:** Su funcionamiento es igual que %X2 pero debe accionarse el pulsador de desplazamiento lateral hacia la izquierda en vez del de subida, es decir $\%10.11 = 1$.
- **%X6:** Al activarse esta variable se pasará del estado CAMIÓN CIRCULA al estado INICIAL. Para producirse esta transición el valor de %X6 debe ser igual a 1. Esta variable simplemente toma el valor de la variable %10.4 es decir del sensor del freno de mano. Cuando el freno de mano esta puesto $\%10.4 = 0$ y cuando esta quitado $\%10.4 = 1$, por lo tanto si se pone el freno de mano la variable %X6 tomará el valor 1.
- **%X7:** Al activarse esta variable se pasará de alguno de los estados de movimiento de castillete al estado INICIO, esta transición sucede al soltar el pulsador que se estaba accionando para el movimiento del castillete, es decir cuando los cuatro pulsadores estén sin pulsar, $\%10.8 = \%10.9 = \%10.10 = \%10.11 = 0$, la variable %X7 tomará el valor 1.

Una vez definido el diagrama de estados el siguiente paso es hacer el diagrama de contactos.

Para diferenciar entre el modo vía y el modo carretera y que solo uno de ellos este activo, se definirá una variable interna **M0.0** la cual tomará el valor 1 cuando este activado el modo vía y tomará el valor 0 cuando este activado el modo carretera.

Por lo tanto sumando esta variable a las 11 explicadas anteriormente hacen un total de 12 variables internas que serán las primeras que definiremos en el diagrama de contactos mostrado a continuación en la **Figura 23**: [15]

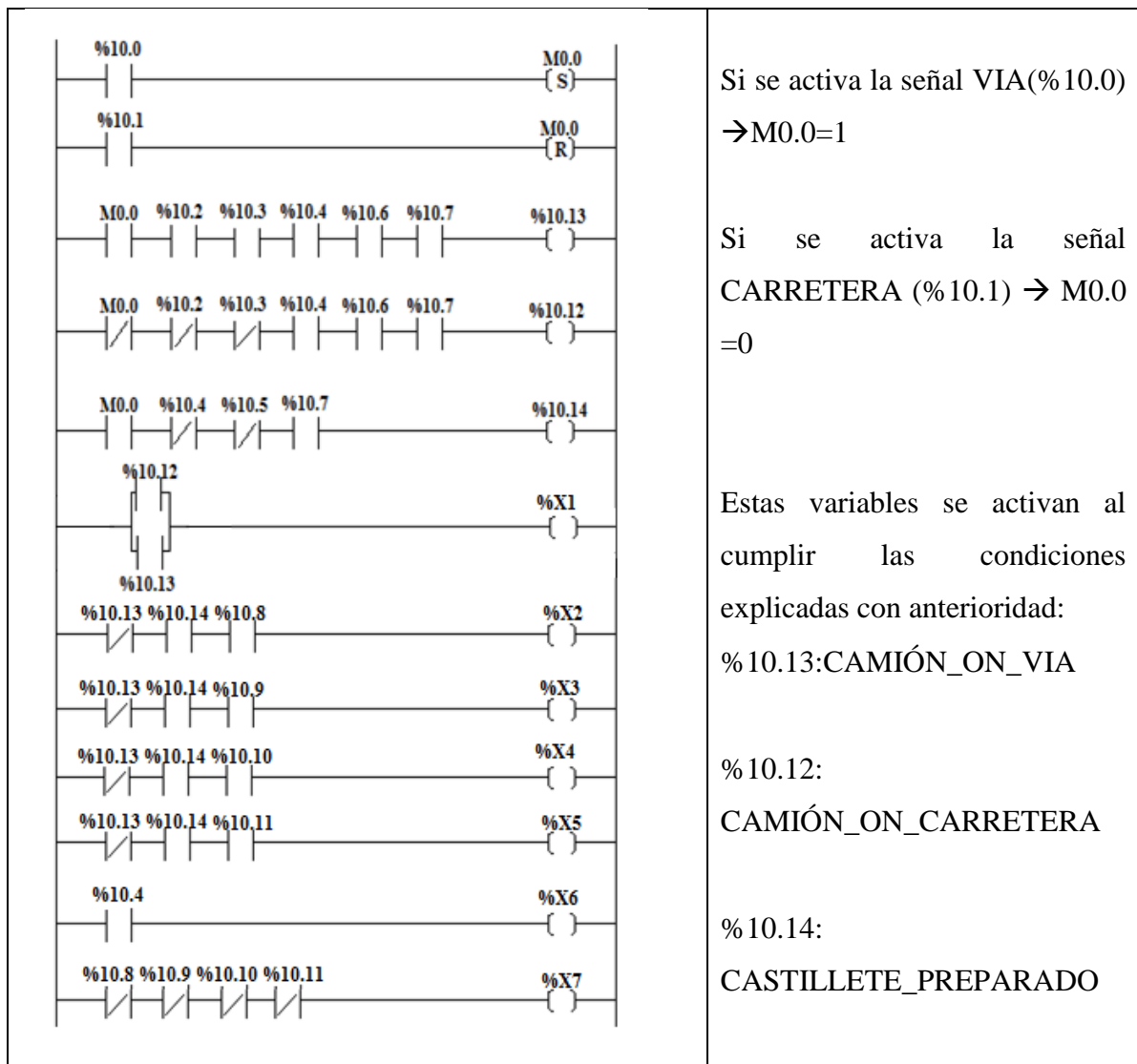


Figura 23: Diagrama de contactos del autómata.

Para conseguir los 2 segundos de seguridad antes del movimiento del castillete se utilizará un temporizador TON, es decir con retardo en la conexión.

El siguiente paso en el diagrama de contactos es definir las transiciones de un estado a otro que se muestra a continuación en la **Figura 24**: [15]

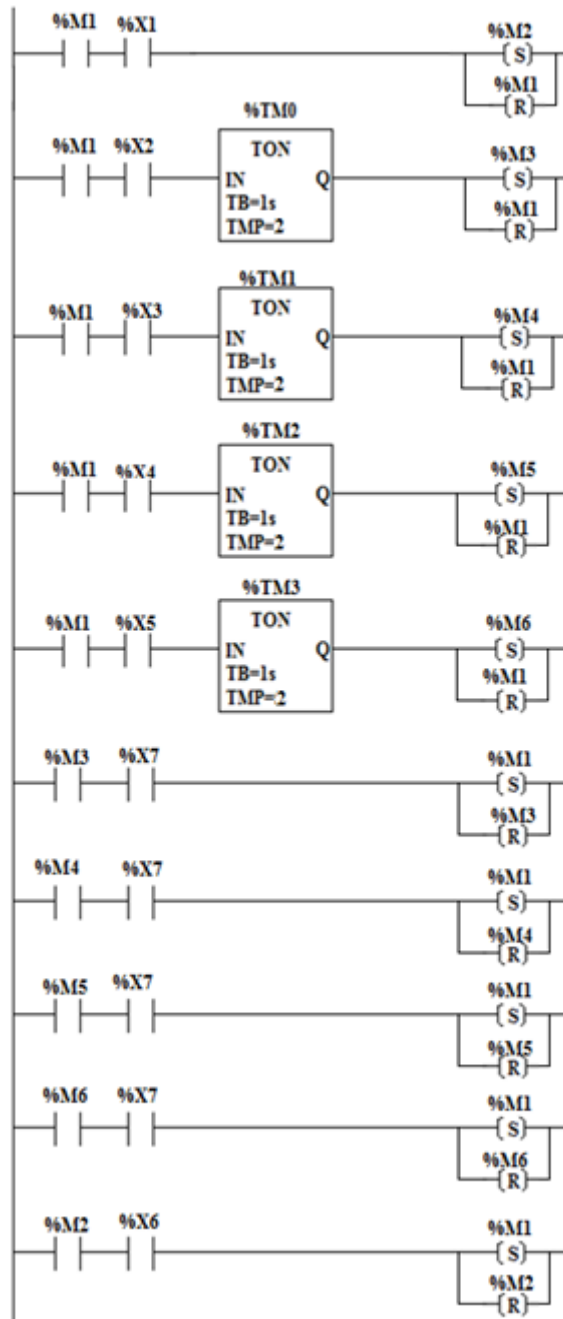


Figura 24: Transiciones del autómata.

Y para terminar el lenguaje de contacto solo nos quedan las salidas del sistema las cuales se muestran a continuación en la **Figura 25**: [15]

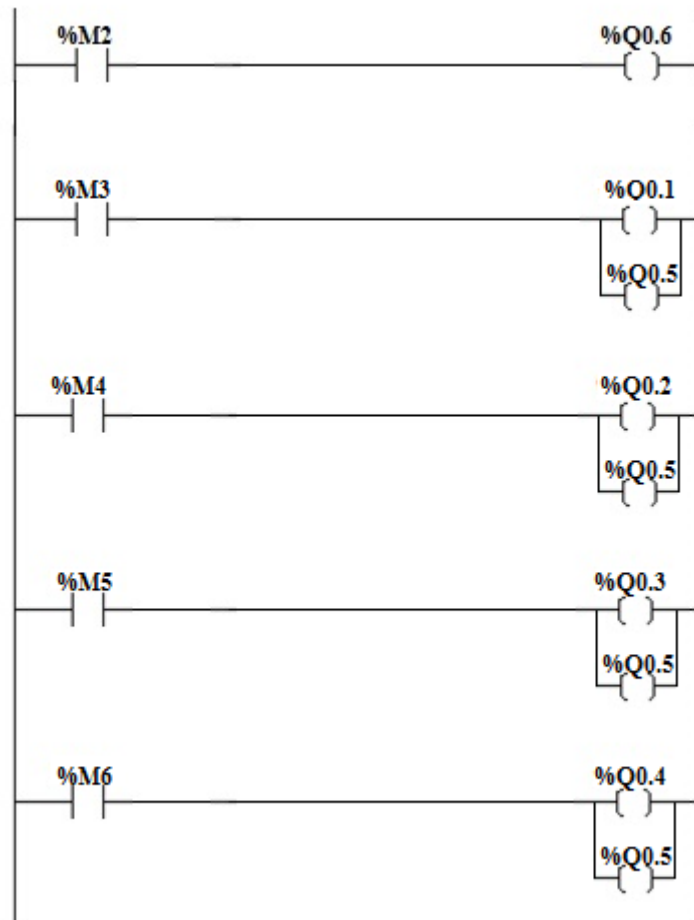


Figura 25: Salidas del autómata.

7- Características del vehículo definitivo

El vehículo industrial sobre el que se añadirán todas las modificaciones será un camión de la marca Volvo modelo FL con las siguientes características:

1. MMA (Masa Máxima Autorizada) es de 18 toneladas para poder soportar el peso de todos los componentes que se acoplaran y además de tener capacidad de cargar materiales.
2. La longitud del vehículo es de 7 metros, para que puedan acoplarse todas las modificaciones.
3. La capacidad de carga del eje delantero es de 7.1 toneladas y del trasero de 11.5 toneladas.

Las demás características del vehículo son variables pudiéndose elegir mayor o menor potencia del camión y con las configuraciones que desee.

El vehículo dispondrá de una plataforma elevable o castillete situado a continuación de la cabina, para realizar los trabajos sobre la catenaria, los cables de la vía. Las características de este castillete son las siguientes:

1. La altura con el castillete recogido es de 3.40 metros para mantener el galibo y poder circular con el camión por carretera.
2. La altura que alcanza el castillete en su punto máximo de 5.40 metros para alcanzar los postes y poder trabajar en ellos
3. Una vez levantada las barandillas el castillete tiene un área de trabajo de 5 m²
4. Para proporcionar un mejor alcance a los postes el castillete se desplaza medio metro hacia ambos lados.
5. El castillete tiene una capacidad de carga cuando está centrado de 1000 kg y de 500 kg cuando está desplazado.
6. La altura de las barandillas una vez levantadas es de 1 metro y soportan un peso de 200 kg.

El vehículo tendrá incorporado una caja de carga para el transporte de los materiales necesarios para realizar los diferentes trabajos, esta podrá ser de las características que se deseen por lo que en principio llevará la típica de todo camión.

En la parte posterior del vehículo lleva instalada una grúa de la marca PALFINGER y el modelo es el PK 18002-EH. Esta grúa se usa para subir materiales en la caja de carga y de ayuda a los operarios. La única condición para este diseño es que la grúa sea capaz de levantar unos 2000 kg en su punto medio.

Tanto la grúa como el castillete funcionan de forma hidráulica, por lo que el vehículo tiene incorporado un depósito hidráulico capaz de alimentar a la grúa, al castillete y a los ejes ferroviarios. Dicho sistema viene preparado para que solamente se pueda utilizar bien la grúa o bien el castillete. Todo el sistema hidráulico está preparado para trabajar a una presión de 100 bares.

Para la circulación del vehículo por la vía se le han incorporado algunas modificaciones eléctricas, todas ellas con una tensión de 24 V, y son las siguientes:

1. El vehículo dispone de un sistema de pulsadores para realizar los movimientos tanto del castillete como de los ejes ferroviarios, estos pulsadores proporcionan la corriente necesaria para el funcionamiento de las electroválvulas.
2. El vehículo dispone de un alumbrado especial para la circulación por la vía, compuesto por cuatro focos en cada lado, dos de color blanco y dos de color rojo, iluminándose los blancos en el sentido de avance del camión y los rojos en la parte trasera.
3. En el castillete se han incorporado cuatro focos para los trabajos en los que la visibilidad sea reducida.
4. El vehículo viene equipado con rotativos y avisadores acústicos para proporcionar más seguridad a los movimientos del castillete y de avance del camión en sentido contrario.
5. El castillete dispone de paradas de emergencia por si se produjese alguna mientras se está trabajando.
6. El vehículo equipado, en ambos lados, para remolcar a otro vehículo o para ser remolcado.

Para la circulación por la vía el vehículo dispone de dos ejes, uno en la parte delantera y otro en la trasera, los cuales se despliegan mediante cilindros y permiten encarrilar el vehículo en una vía de ancho internacional (ancho de 1435mm). Estos ejes soportan la MMA de 18 toneladas del camión y disponen de 4 motores hidráulicos OMT 500 de Danfoss, colocados cada uno en una rueda ferroviaria, que permiten el avance y retroceso del camión.

Todas las incorporaciones y movimientos del camión están automatizados mediante un autómatas industrial PL7 el cual está incorporado en el sistema para aportar una mayor seguridad a los operarios.

8- Presupuesto

ADAPTACION DE CAMION VOLVO FL A UN VEHICULO FERROVIARIO			
Descripción	Unidades	Precio	Importe (€)
Presupuesto de Componentes			
Camión Volvo FL	1	62.000	62.000
Grúa PALFINGER PK 18002-EH C	1	20.000	20.000
Caja metálica más sobrebastidor	1	4.000	4.000
Total Componentes		86.000 €	
Presupuesto de Materiales			
Descripción	Unidades	Precio	Importe (€)
Tubos y redondos estructurales para el Castillete	1	22.000	22.000
Componentes hidráulicos para el Castillete	1	6.000	6.000
Componentes eléctricos para el Castillete	1	2.000	2.000
Materiales para la fabricación de los Ejes de Rodadura	2	17.000	35.000
Total Materiales		65.000 €	
Mano de Obra			
Descripción	Horas	Precio	Importe (€)
Ingeniero para el estudio del proyecto y cálculos del mismo	30	90	2.700
Instalador hidráulico	24	20	6.480
Electricista	32	20	2.640
Soldador y Montador del Castillete	160	12	1.920
Soldador y Montador de los Ejes de Rodadura	120	12	1.440
Mecanizado de las piezas del Castillete	160	12	1.920
Mecanizado de las piezas de los Ejes de Rodadura	120	12	1.440
Total Mano de Obra		18.540 €	
Trabajos Subcontratados			
Descripción	Unidades	Precio	Importe (€)
Montaje de la caja y el sobrebastidor	1	500	500
Montaje de la Grúa	1	3.200	3.200
Instalación y programación del Autómata PL7	1	5.000	5.000
Tasas de ITV	1	67	67
Total Subcontratado		8.767 €	
Precio Total de la Adaptación		178.307 €	

El precio total de la adaptación de un vehículo industrial en un vehículo ferroviario es de 178.307 €,

El presupuesto se ha realizado teniendo en cuenta los principales gastos, tanto en mano de obra como en materiales y componentes, aun así, no se tienen las cifras exactas y se han obviado gastos como la legalización e informes de Conformidad del vehículo, por lo que el coste final podría verse incrementado entre 3.000 y 5.000 €.

9- Conclusiones

En este proyecto se ha realizado un estudio para la adaptación de un vehículo industrial en un vehículo ferroviario, buscando así una alternativa más económica a los vehículos utilizados normalmente para la realización de las obras en las vías férreas.

La realización del proyecto ha estado motivada por las grandes inversiones que se han realizado en España en los últimos años, tanto en las vías de AVE como en las de Renfe o metro.

Para comprender mejor el contenido del proyecto, en primer lugar se ha realizado una introducción y una explicación de la situación actual de los vehículos que se utilizan para estas obras. A continuación se han desarrollado los objetivos que se deberán superar para que el proyecto sea viable.

Los siguientes apartados detallan en primer lugar los detalles técnicos de las adaptaciones que se deberán llevar a cabo para conseguir dichos objetivos y a continuación el cálculo de los materiales para realizar las adaptaciones.

En el apartado 7 se han expuesto las características definitivas del vehículo, las cuales deben ser semejantes a las de los vehículos utilizados en la actualidad, estas características están explicadas en el apartado 2.

Para realizar este tipo de trabajos por las vías férreas, lo más importante es la adaptación de las ruedas para poder circular. Este diseño está calculado y definido en el apartado 6.2.

En segundo lugar, la morfología del vehículo debe ser similar a los vehículos utilizados en la actualidad y para ello se ha diseñado un castillete, el cual tiene la capacidad de elevar a los operarios para los trabajos en la catenaria y desplazarlos a los postes. También se ha acoplado una grúa de carga para levantar los materiales y poder así manipularlos y/o subirlos a la caja situada entre dicha grúa y el castillete. Estos tres componentes han sido diseñados y acoplados al vehículo.

Una vez adaptado el vehículo para la circulación por las vías férreas y asemejada la morfología a los vehículos actuales, el siguiente objetivo ha sido adaptarlo para la circulación en sí, es decir, la colocación tanto de las luces de vía, el sistema de remolcado por si tuviese alguna avería, las luces de trabajo para los momentos de visibilidad reducida y por último los sistemas de seguridad necesarios como las setas de emergencia y los rotativos y avisadores acústicos. Todas estas adaptaciones han sido óptimas y así constan en sus respectivos apartados.

Por último y aunque no fuese un objetivo primordial, se ha instalado un autómatas industrial proporcionando una mayor seguridad para reducir los riesgos a los operarios.

En el aspecto económico, este vehículo tiene un coste inicial prácticamente cinco veces inferior al de una dresina, por lo que tanto por razones técnicas como económicas se concluye que el proyecto es viable y por lo tanto este tipo de vehículos podrán realizar las mismas funciones que los utilizados actualmente, además reducirán los costes notablemente y/o reducirán los plazos de entrega de las obras.

Aunque este vehículo será capaz de desarrollar las mismas funciones todavía se le pueden incorporar algunas mejoras futuras, estas mejoras se resumen en el siguiente apartado.

10- Mejoras Futuras

A continuación se exponen las modificaciones que podrían someterse a estudio para mejorar las características del vehículo:

1. La mayoría de los vehículos que circulan por las vías tienen dos cabinas para conducirla en el sentido de la marcha. Obviamente la implantación de otra cabina en un camión es algo prácticamente imposible pero, para aportar una mayor visibilidad cuando el camión circule marcha atrás, se podría diseñar un sistema de visión trasera compuesto por una cámara en dicha parte con una pantalla en la cabina. Proporcionando así una mayor visibilidad en la conducción en este sentido.
2. La altura del castillete es óptima pero se podría someter a estudio una doble elevación de las columnas guías a través de otros dos cilindros de elevación, para aportar una mayor altura y trabajar de manera más cómoda sin necesidad de elevarlo hasta su punto máximo.
3. A lo largo del proyecto se ha comentado que se deberán colocar unos actuadores neumáticos con zapatas para el frenado de las ruedas ferroviarias y evitar así el sobreesfuerzo de los motores hidráulicos, pese a ello en ningún apartado se ha calculado este sistema, aunque solo sea de apoyo a los motores, en próximas modificaciones se debería desarrollar y realizar los cálculos de frenado.
4. Para aportar una mayor seguridad en caso de que el conductor se despiste o sufra un desmayo o cualquier síntoma parecido, se podría estudiar la colocación de algún sistema que permita a los operarios que están en el castillete frenar el vehículo en caso de emergencia. Esta modificación podría ser la colocación de un pulsador de frenado.

11- Bibliografía

- [1] Dresina Plasser de Electrificación en la estación de Villalba de Guadarrama(Comunidad de Madrid). 10-10-2008. Autor: Ricardo Gómez. Obtenida de: <http://www.ferropedia.es/wiki/Dresina> ; Fecha de última consulta 15/05/2013
- [2] Camión comercial marca Volvo modelo FL. Obtenida de: www.volvotrucks.com
Fecha de última consulta: 20/01/2014
- [3] Grúa de carga modelo PALFINGER PK 18002-EH C. Obtenida de: http://www.mycsamulder.es/Raiz_desarrollo/v4/pdf/PK18002HighPerformance_cat.pdf
Fecha de última consulta: 15/06/2014
- [4] Manual del Constructor de Máquinas; Editorial: Labor; Capítulo: Resistencia de los Materiales; Páginas 454-545
- [5] Mecánica; Tomo I: Estática de los cuerpos rígidos, líquidos y elásticos; Editorial: DOSSAT, S.A.; Capítulo I: Estática de los cuerpos rígidos; Páginas 15-24
- [6] Catálogo de Danfoss; Motores Hidráulicos; Motores velocidad lenta con par elevado; Código HK.10.C1.05
- [7] Características Principales de los tubos Estructurales www.condesa.com/pdf/es/TUBO_ESTRUCTURAL_CASTV3.pdf
Fecha de última consulta: 25/10/2014
- [8] Características Principales de las Vigas UPN www.hierroslorca.com/#!vigas/ch2i
Fecha de última consulta: 30/10/2014
- [9] Rodamientos y Componentes; Catálogo técnico General www.eurobearings.es/PDF/Rodamientos_y_Componentes%20ISB.pdf
Fecha de última consulta: 14/09/2014
- [10] Promoción Comercial Hidráulica; Catalogo de Cilindros www.procohi.com/MDRPCH.pdf; Fecha de última consulta: 07/10/2014
- [11] Componentes Hidráulicos; www.binsa.es/es/ComponentesHidraulicos.php
Hawe Válvulas Antirretorno; Catálogo de Válvulas Antirretorno. <http://have.cohima.com/hawe-valvulas-antirretorno.php>
Fecha de última consulta: 23/10/2014
- [12] Catálogo General de Rinder; www.rinder.es/contenido.php?lista_idioma=1&id=101&sec=3
Fecha de última consulta: 25/11/2015
- [13] Catálogo General de Schneider Electric; www.schneider-electric.com/products/es/es/
Fecha de última consulta: 25/11/2015

[14] Principios básicos de Electricidad; Ley de Ohm $I = V / R$; **Potencia Eléctrica** $P=V \times I$ donde **V es el Voltaje e I es la Intensidad.**

[15] Lenguaje, Gramáticas y Autómatas, Un enfoque práctico; Editorial: ADDISON-WESLEY

[16] Norma UNE-EN 12077-2; Seguridad de las grúas. Requisitos de salud y seguridad; Parte 2: Dispositivos limitadores e indicadores.

12. ANEXOS

Anexo 1: Propiedades del Metal:

Para llevar a cabo este proyecto se utilizarán principalmente tubos estructurales de diferentes tamaños, en este anexo se explicarán las propiedades de estos tubos y de las vigas UPN, así como sus diferentes tamaños, pesos, etc. [7] [8]

En primer lugar, se mostrará la composición química y propiedades mecánicas de este tipo de tubos, obteniendo de ellas el límite elástico según el tipo de acero que se escoja, como se puede observar a continuación en la **Tabla 1 del Anexo 1:**

Composición química y propiedades mecánicas

Análisis de colada para productos de espesor $T \leq 40$ mm. según EN 10219 y $T \leq 120$ mm. según EN 10210.

DESIGNACIÓN DE ACERO	% MÁXIMO DE LA MASA							
	C			Si	Mn	P	S	N
	FRÍO	CALIENTE						
		≤ 40	$< 40 \leq 120$					
S 275 J0H	0,20	0,20	0,22	-	1,50	0,035	0,035	0,009
S 355 J2H		0,22		0,55	1,60	0,030	0,030	-

Características mecánicas de los perfiles tubulares para construcción de acero no aleado según normas EN 10219 y EN 10210.

DESIGNACIÓN DE ACERO	LÍMITE ELÁSTICO MÍNIMO N/mm^2	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN N/mm^2			ALARGAMIENTO MÍNIMO %		RESISTENCIA A LA FLEXIÓN POR CHOQUE	
	ESPESOR NOMINAL $T \leq 16$ mm	ESPESOR NOMINAL			ESPESOR NOMINAL $T \leq 40$ mm		TEMPERATURA DE RECARGO $^{\circ}C$	ENERGÍA MEDIA MIN. AUTORIZADA PARA LAS PROBETAS NORMALIZADAS J
		T < 3 mm	FRÍO $3\text{ mm} \leq T \leq 40\text{ mm}$	CALIENTE $3\text{ mm} \leq T \leq 40\text{ mm}$	FRÍO	CALIENTE		
S 275 J0H	275	430/580	410/560	20 ^a	23	0	27	
S 355 J2H	355	510/680	470/630	20 ^a	22	-20	27	

a. Para tamaños de perfil $D/T < 15$ (sección circular) y $(B+H)/2T < 12,5$ (sección cuadrada y rectangular) el alargamiento mínimo se reduce a la mitad.

Tabla 1: Composición química y propiedades mecánicas del tubo estructural.

La estructura y diferentes abreviaturas del tubo estructural se muestran a continuación en la **Figura 1 del Anexo 1**

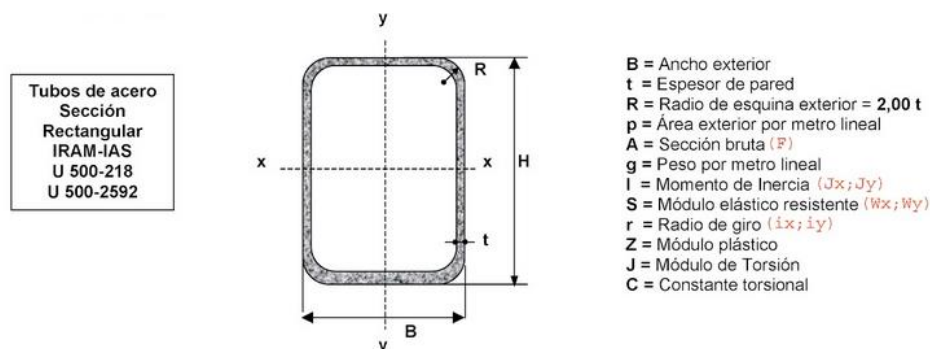
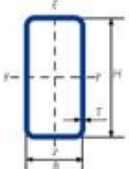


Figura 1: Estructura de un tubo estructural

En segundo lugar, se mostrarán las características técnicas de este tipo de tubos, obteniendo de ellas la masa lineal y el modulo elástico, como se puede observar a continuación en la **Tabla 2 del Anexo 1**:

Gama de producto: FRÍO



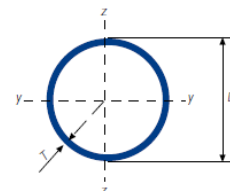
Gama perfil tubular en frío - rectangular

DIMENSION ESPECIFICA DE LADOS		ESPESOR ESPECIFICO	MASA LINEAL	AREA DE LA SECCION TRANSVERSAL	MOMENTO DE INERCIA		RADIO DE GIRO		MODULO ELASTICO		MODULO PLASTICO		MOMENTO DE INERCIA DE TORSION	MODULO DE TORSION	SUPERFICIE AREA POR UNIDAD DE LONGITUD	LONGITUD NOMINAL POR TONELADA	AREA SUPERFICIE EXTERIOR POLARMETRO
H	B	T	M	A	I _{xx}	I _{yy}	i _{xx}	i _{yy}	W _{xx}	W _{yy}	W _{pxx}	W _{pyy}	I _t	C _t	A _s	m	A _{ext}
mm	mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ⁴	cm	cm	cm ³	cm ³	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³	m ² /m	m	m ²
50	30	1,5	1,77	2,25	7,54	3,42	1,83	1,23	3,01	2,28	3,70	2,60	7,60	3,83	0,155	566	688
50	30	2	2,31	2,94	9,54	4,29	1,80	1,21	3,81	2,86	4,74	3,33	9,77	4,84	0,153	434	521
50	30	2,5	2,82	3,59	11,3	5,05	1,77	1,19	4,52	3,37	5,70	3,98	11,7	5,72	0,151	355	422
50	30	3	3,30	4,21	12,8	5,70	1,75	1,16	5,13	3,80	6,57	4,58	13,5	6,49	0,150	303	356
50	30	4	4,20	5,35	15,3	6,69	1,69	1,12	6,10	4,46	8,05	5,58	16,5	7,71	0,146	238	273
50	30	5	4,99	6,36	16,9	7,33	1,63	1,07	6,75	4,88	9,20	6,34	18,8	8,55	0,143	200	225
60	35	1,5	2,12	2,70	13,1	5,70	2,20	1,45	4,37	3,26	5,34	3,68	12,8	5,50	0,185	471	684
60	35	2	2,78	3,54	16,7	7,23	2,17	1,43	5,58	4,13	6,89	4,74	16,5	7,00	0,183	360	518
60	35	2,5	3,41	4,34	20,0	8,60	2,15	1,41	6,67	4,91	8,34	5,73	20,0	8,35	0,181	294	418
60	35	3	4,01	5,11	22,9	9,80	2,12	1,39	7,65	5,60	9,68	6,63	23,2	9,56	0,180	249	352
60	40	1,5	2,24	2,85	14,4	7,71	2,25	1,64	4,80	3,86	5,77	4,38	16,0	6,35	0,195	447	683
60	40	2	2,93	3,74	18,4	9,83	2,22	1,62	6,14	4,92	7,47	5,65	20,7	8,12	0,193	341	517
70	50	1,5	2,71	3,45	24,4	14,6	2,66	2,06	6,98	5,84	8,30	6,61	28,7	9,47	0,235	369	680
70	50	2	3,56	4,54	31,5	18,8	2,63	2,03	8,99	7,50	10,8	8,58	37,5	12,2	0,233	281	513,8
70	50	2,5	4,39	5,59	38,0	22,6	2,61	2,01	10,9	9,04	13,2	10,4	45,8	14,7	0,231	228	414
70	50	3	5,19	6,61	44,1	26,1	2,58	1,99	12,6	10,4	15,4	12,2	53,6	17,1	0,230	193	348
70	50	4	6,71	8,55	54,7	32,2	2,53	1,94	15,6	12,9	19,5	15,4	68,1	21,2	0,226	149	265
70	50	5	8,13	10,4	63,5	37,2	2,48	1,90	18,1	14,9	23,1	18,2	80,8	24,6	0,223	123	215
70	50	6	9,45	12,0	70,5	41,1	2,42	1,85	20,1	16,5	26,2	20,6	91,7	27,5	0,219	106	182
70	50	6,3	9,55	12,2	68,1	40,0	2,37	1,81	19,5	16,0	25,8	20,4	93,0	27,6	0,213	105	175
80	60	1,5	3,18	4,05	38,2	24,7	3,07	2,47	9,56	8,22	11,3	9,28	46,8	13,2	0,275	314	678
80	60	2	4,19	5,34	49,5	31,9	3,05	2,44	12,4	10,6	14,7	12,1	61,2	17,1	0,273	239	512
80	60	2,5	5,17	6,59	60,1	38,6	3,02	2,42	15,0	12,9	18,0	14,8	75,1	20,7	0,271	193	412
80	60	3	6,13	7,81	70,0	44,9	3,00	2,40	17,5	15,0	21,2	17,4	88,3	24,1	0,270	163	345
80	60	4	7,97	10,1	87,9	56,1	2,94	2,35	22,0	18,7	27,0	22,1	113	30,3	0,266	126	262,4
80	60	5	9,70	12,4	103	65,7	2,89	2,31	25,8	21,9	32,2	26,4	136	35,7	0,263	103	212,7
80	60	6	11,3	14,4	116	73,6	2,84	2,26	29,1	24,5	36,9	30,2	156	40,2	0,259	88,3	180
80	60	6,3	11,5	14,7	114	72,7	2,79	2,22	28,6	24,2	36,8	30,2	160	40,9	0,253	86,7	172
180	100	6,3	25,4	32,3	1,335	536	6,43	4,07	148	107	186	124	1,283	185	0,533	39,4	165
180	100	7	27,9	35,6	1,448	580	6,38	4,04	161	116	203	135	1,403	201	0,530	35,8	149
180	100	8	31,4	40,0	1,538	637	6,32	3,99	178	127	226	150	1,565	222	0,526	31,8	131
180	100	10	38,1	48,6	1,839	736	6,19	3,89	207	147	268	177	1,839	260	0,517	26,2	106
180	100	12	43,4	55,3	1,965	782	5,96	3,76	218	156	292	194	2,073	285	0,498	23,1	90,2
180	100	12,5	44,8	57,0	2,001	796	5,92	3,74	222	159	300	199	2,122	291	0,496	22,3	86,9

Tabla 2: Características técnicas del tubo rectangular estructural.

A continuación, se mostrarán las características técnicas del tubo redondo estructural, obteniendo de ellas la masa lineal y el modulo elástico, como se puede observar en la **Tabla 3 del Anexo 1:**

Gama de producto: FRÍO



Gama perfil tubular en frío - redondo

DIÁMETRO EXTERIOR ESPECÍFICO	ESPESOR ESPECÍFICO	MASA LINEAL	ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL	MOMENTO DE INERCIA	RADIO DE GIRO	MÓDULO ELÁSTICO	MÓDULO PLÁSTICO	MOMENTO DE INERCIA DETORSIÓN	MÓDULO DETORSIÓN	SUPERFICIE LATERAL POR UNIDAD DE LARGO	LARGO NOMINAL POR TONELADA	ÁREA SUPERFICIE EXTERIOR POR METRO
D	T	M	A	I	i	W _{el}	W _{pl}	I _t	C _t	A _s	m	A _{sv}
mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³	m ² /m		m ²
219,1	3	16,0	20,4	1.189	7,64	109	140	2.378	217	0,688	62,5	338
219,1	3,2	17,0	21,7	1.265	7,63	115	149	2.530	231	0,688	58,7	317
219,1	3,6	19,1	24,4	1.415	7,62	129	167	2.830	258	0,688	52,3	282
219,1	4	21,2	27,0	1.564	7,61	143	185	3.128	286	0,688	47,1	255
219,1	5	26,4	33,6	1.928	7,57	176	229	3.856	352	0,688	37,9	205
219,1	6	31,5	40,2	2.282	7,54	208	273	4.564	417	0,688	31,7	171
219,1	6,3	33,1	42,1	2.386	7,53	218	285	4.772	436	0,688	30,2	163
219,1	7	36,6	46,6	2.626	7,50	240	315	5.251	479	0,688	27,3	148
219,1	8	41,6	53,1	2.960	7,47	270	357	5.919	540	0,688	24,0	130
219,1	10	51,6	65,7	3.598	7,40	328	438	7.197	657	0,688	19,4	105
219,1	12,5	63,7	81,1	4.345	7,32	397	534	8.689	793	0,688	15,7	84,8

Tabla 3: Características técnicas del tubo redondo estructural.

En último lugar, se mostrarán las características técnicas de la Viga UPN la masa lineal y sus dimensiones, como se puede observar a continuación en la **Tabla 4 del Anexo 1:**

MEDIDAS	KG/M	h	b	e	e1
80	8,64	80	45	6	8
100	10,60	100	50	6	8,5
120	13,74	120	55	7	9
140	16	140	60	7	10
160	18,8	160	65	7,5	10,5
180	22	180	70	8	11
200	25,3	200	75	8,5	11,5
220	29,4	220	80	9	12,5
240	33,2	240	85	9,5	13
260	37,9	260	90	10	14
280	41,8	280	95	10	15
300	46,2	300	100	10	16
320	59,5	320	100	14	17,5
350	60,6	350	100	14	16
380	--	380	102	13,5	16
400	71,8	400	110	14	18

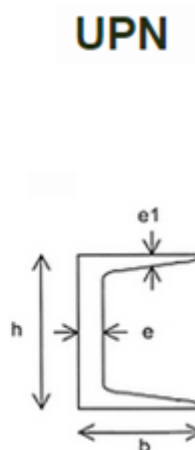


Tabla 4: Características técnicas de la Viga UPN

Anexo 2: Cilindros de elevación.

Para conseguir el movimiento ascendente y descendente del castillete se utilizarán cilindros de doble efecto, en este anexo se explicarán las propiedades de los cilindros que se utilizarán. [10]

La morfología de un cilindro se muestra a continuación en la **Figura 1 del Anexo 2:**

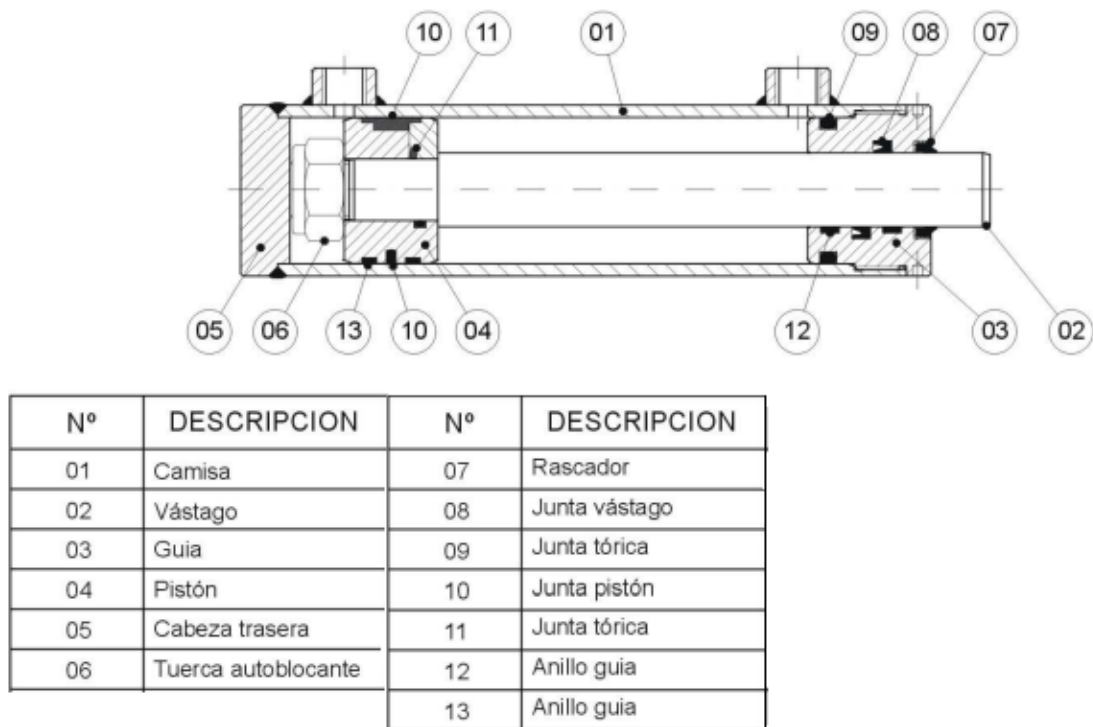
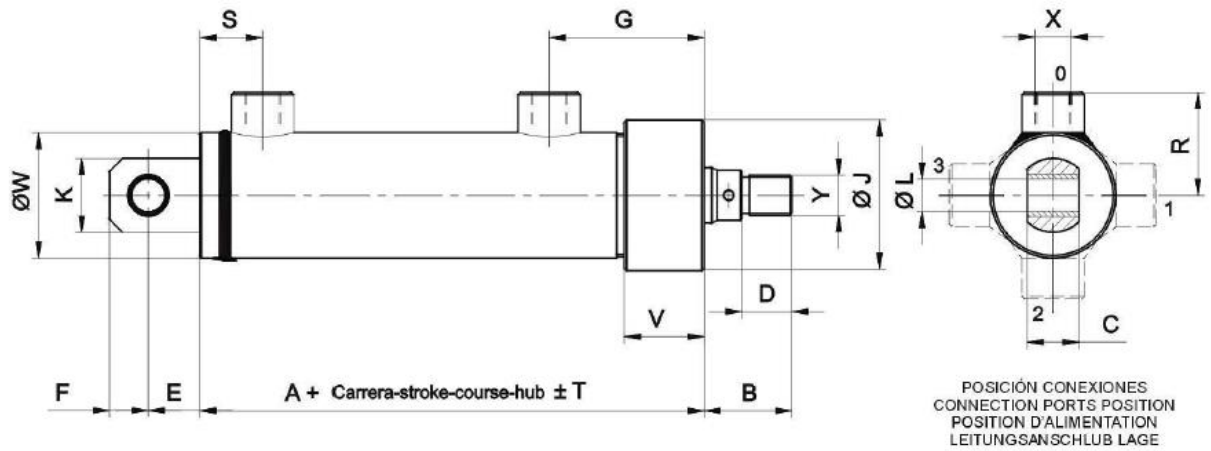


Figura 1: Morfología de un cilindro

En la Figura 2 del Anexo 2 se muestra el cilindro que se usará con las posiciones de conexión, el tipo de fijación que se usará (Tipo BC):



Cilindro charnela macho
 Cylinder eye mounting
 Verins à tenon arrière à trou lisse
 Schwenkauge am zylinderboden

Tipo
 Type
 Type
 Typ

BC

TIPO MDR		X	Y	A	B	C _{c10}	D	E	F	G	J	K	L _{H8}	R	S	T	V	W
R-032	016	1/4"G.	12x125	106	30	16	16	20	13	50	52	26	12	35	26	2	32	40
R-040	022	3/8"G.	16x150	126	35	20	20	25	16	62	62	32	16	41	25	2	40	50
	028																	
R-050	028	3/8"G.	20x150	136	41	25	25	28	20	64	74	40	20	46	29	2	41	60
	036																	
R-063	036	1/2"G.	27x2	149	48	32	32	32	25	64	89	50	25	54	35	2	39	75
	045																	
R-080	045	1/2"G.	33x2	168	59	40	40	45	32	74	112	64	32	65	40	2	46	95
	056																	
R-100	056	3/4"G.	42x2	189	70	50	50	55	40	84	135	80	40	76	45	3	52	115
	070																	
R-125	070	3/4"G.	52x2	203	80	60	55	65	50	88	170	100	50	91	57	3	53	145
	090																	
R-160	090	1" G.	68x3	255	100	80	70	75	63	112	218	126	63	116	72	3	67	185
	110																	
R-200	110	1 1/4G.	90x3	297	125	100	90	95	80	127	272	160	80	138	90	3	80	230
	140																	
R-250	140	1 1/4G.	110x3	338	150	120	110	130	100	155	335	200	100	172	103	4	105	298
	180																	

Figura 2: Características de los cilindros usados.

Las características del tipo de cilindro seleccionado se muestran en la **Tabla 3 del Anexo 2** que se muestra a continuación:

CARACTERISTICAS										
Norma	ISO - 3320 (Camisa y Vástago)									
Tipo de construcción	Tapas y fijaciones soldadas									
Presión mínima	15 bars									
Presión nominal	210 bars									
Presión de prueba	250 bars									
Posición de montaje	s/pedido									
Temperatura de trabajo	-20° C + 80° C con juntas tipo R / A									
Temperatura de trabajo	-20° C + 120° C con juntas tipo V									
Fluido	Aceite mineral									
Viscosidad	12... 90 m.m. /s									
Filtración	Grado de filtración según NAS 1638									
Tipo de estanqueidad	Ver código para pedido									
Ø Camisa - Pistón (m.m.)	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250
Ø Vástago	16	22/28	28/36	36/45	45/56	56/70	70/90	90/110	110/140	140/180
Velocidad máx. (m/s) tipo R	0,5			0,4			0,25			
Velocidad máx. (m/s) tipo A	1						0.7			
Tolerancia de carrera	CETOP RP 78 H									

Tabla 3: Características Técnicas de los cilindros de elevación.

Anexo 3: Rodaje

En este anexo se explicará todo lo relacionado con el sistema de rodadura. En la **Figura 1 del Anexo 3** se puede ver las características del motor OMT 500. [6]

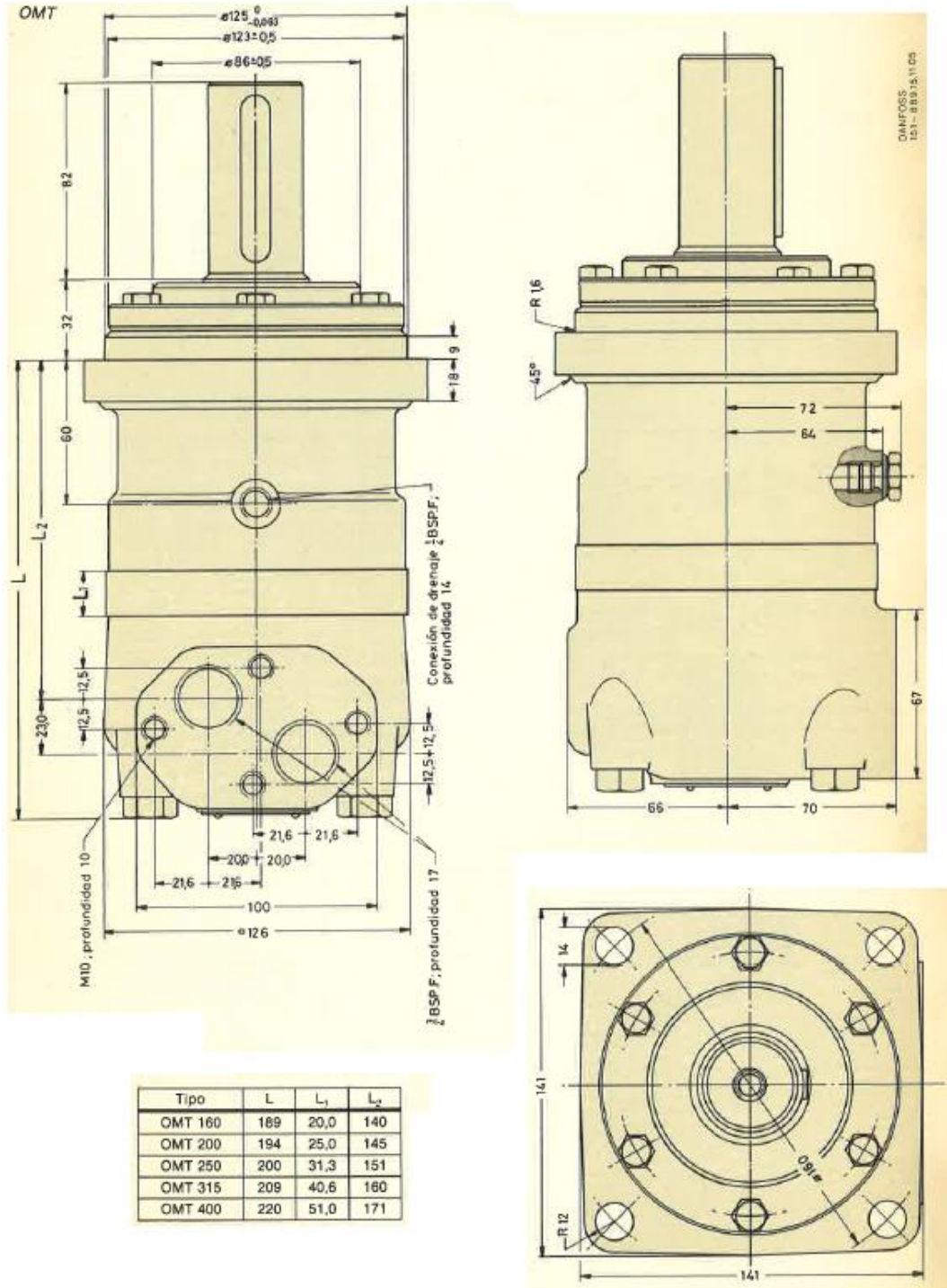


Figura 1: Características del motor OMT

Las características del eje estriado seleccionado para el motor se muestran a continuación en la **Figura 2 del Anexo 3**:

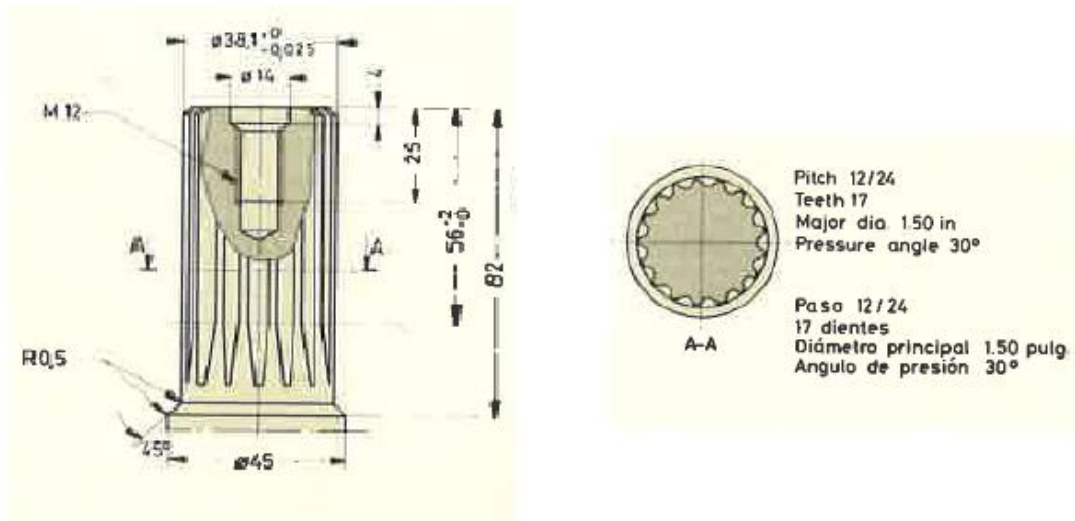


Figura 2: Características del eje estriado

Las características del conexionado del motor se muestran a continuación en la **Figura 3 del Anexo 3**:

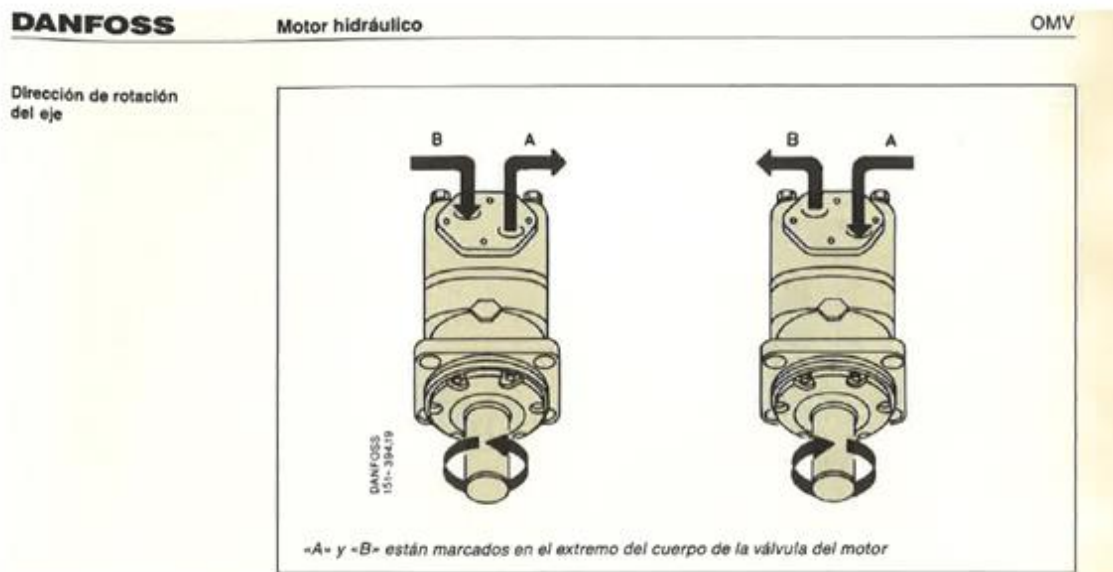
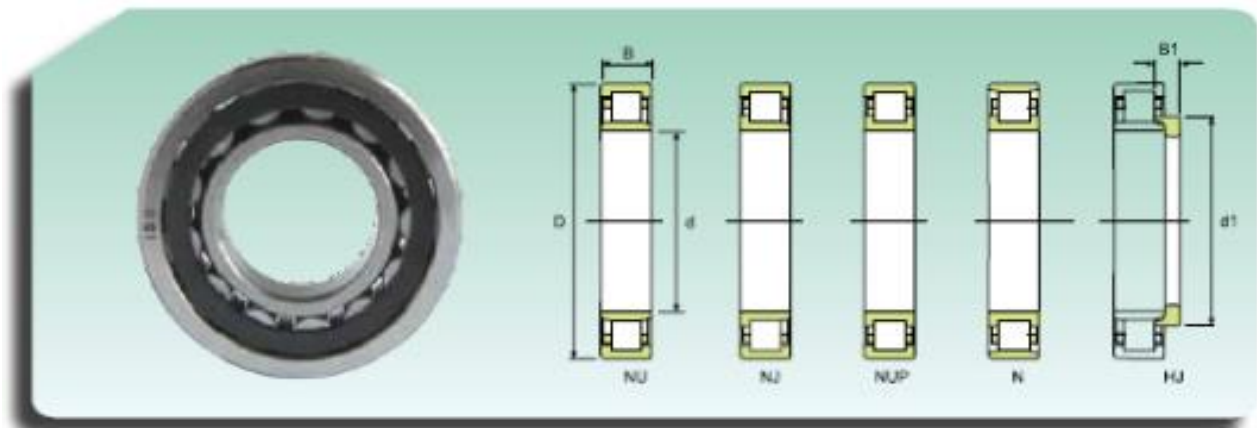


Figura 3: Conexionado del motor

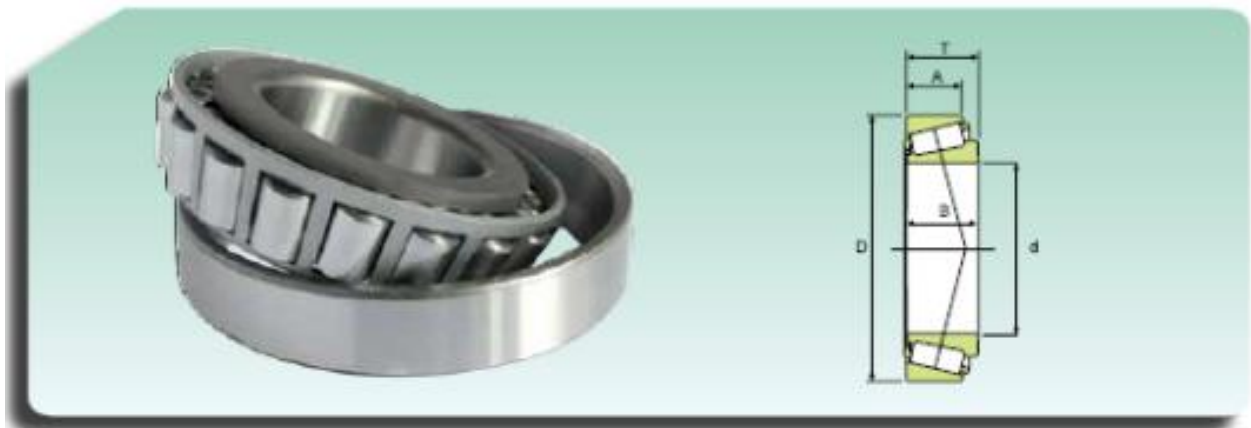
Las características de los rodamientos de rodillos cilíndricos en especial las del NU1012 se muestran a continuación en la **Figura 4 y del Anexo 3: [9]**



Dimensiones (mm) Dimension (mm)					Coeficiente de carga (KN) Load rating (KN)		Velocidad límite (rpm) Speed limit (Rpm)		Peso (Kg) Weight (Kg)	Sigla Designation	Aro angular Thrust collar
d (mm)	D (mm)	B (mm)	d1 (mm)	B1 (mm)	Dinámico Dynamic C	Estático Static C ₀	Lubricación Lubrication				
							Grasa Grease	Acetate Oil			
55	120	43	77.5	9	227	227	5355	6300	2.25	NU 2311	HJ 2311
	120	43	77.5	-	227	227	5355	6300	2.35	NUP 2311	-
	140	33	85.2	-	139	137	4820	5670	2.55	NJ 411	-
	140	33	85.2	-	139	137	4820	5670	2.5	NU 411	-
60	95	18	-	-	37	43	9945	11700	0.48	NU 1012	-
	110	22	77.5	-	106	100	5738	6750	0.81	N 212	-
	110	22	77.5	10	106	100	5738	6750	0.83	NJ 212	HJ 212
	110	22	77.5	10	106	100	5738	6750	0.81	NU 212	HJ 212
	110	22	77.5	-	106	100	5738	6750	0.86	NUP 212	-
	110	28	77.5	10	143	150	5738	6750	1.15	NJ 2212	HJ 2212
	110	28	77.5	10	143	150	5738	6750	1.1	NU 2212	HJ 2212
	110	28	77.5	-	143	150	5738	6750	1.15	NUP 2212	-
	130	31	84.3	-	170	157	5126	6030	1.8	N 312	-
	130	31	84.3	14.5	170	157	5126	6030	1.9	NJ 312	HJ 312
	130	31	84.3	14.5	170	157	5126	6030	1.8	NU 312	HJ 312
	130	31	84.3	-	170	157	5126	6030	1.95	NUP 312	-
	130	46	84.3	16	255	260	5126	6030	2.8	NJ 2312	HJ 2312
	130	46	84.3	16	255	260	5126	6030	2.75	NU 2312	HJ 2312
	130	46	84.3	-	255	260	5126	6030	2.85	NUP 2312	-
	150	35	91.8	-	165	170	4590	5400	3.1	NJ 412	-
150	35	-	-	165	170	4590	5400	3	NU 412	-	

Figura 4: Características rodamientos de rodillos cilíndricos

Las características de los rodamientos de rodillos cónicos en especial las del 32028 se muestran a continuación en la **Figura 5 del Anexo 3: [9]**



d (mm)	Dimensiones (mm) Dimension (mm)				Coeficiente de carga (KN) Load rating (KN)		Velocidad límite (rpm) Speed limit (Rpm)		Peso (Kg) Weight (kg)	Sigla Designation
	D (mm)	T (mm)	B (mm)	A (mm)	Dinámico Dynamic C	Estático Static C ₀	Lubricación Lubrication			
							Grasa Grease	Acetle Oil		
140	190	32	32	25	200	382	2601	3060	2,55	32928
	210	45	45	34	323	573	2142	2520	5,25	32028
	250	45,75	42	36	409	558	1989	2340	8,65	30228
	250	71,75	68	58	631	980	1989	2340	14,5	32228
	300	77	70	47	679	882	1683	1980	24,5	31328
150	225	48	48	36	361	641	1989	2340	6,35	32030
	225	59	59	46	447	847	1989	2340	8,15	33030
	270	49	45	38	420	548	1836	2160	11	30230
	270	77	73	60	722	1117	1836	2160	17,5	32230
	320	82	75	50	765	999	1530	1800	29,5	31330
160	240	51	51	38	420	764	1836	2160	7,75	32032
	290	52	48	40	517	720	1683	1980	13	30232
	290	84	80	67	862	1372	1683	1980	25,5	32232
	340	75	68	58	894	1156	1530	1800	29	30332
170	230	38	38	30	280	573	2142	2520	4,5	32934
	260	57	57	43	501	896	1683	1980	10,5	32034
	310	57	52	43	603	847	1530	1800	19	30234
	310	91	86	71	989	1597	1530	1800	28,5	32234

Figura 5: Características rodamientos de rodillos cónicos

Las características del vehículo al que se le instalarán todas las modificaciones de este documento es un Volvo FL 18 toneladas, las cuales se muestran a continuación en la **Figura 6 del Anexo 3: [2]**

1 CHASIS

Ejes, alturas de chasis, distancia entre ejes, suspensiones traseras, depósitos de combustible y frenos.

COMBINACIONES DE MODELOS					
Masa máx. Autorizada del vehículo (toneladas)	Ruedas	Altura de chasis	Motor	Carga sobre el eje delantero (toneladas)	Carga sobre eje trasero (toneladas)
<input type="checkbox"/> 12	17,5"	Bajo	D5K	4,5	8,5
<input type="checkbox"/> 12	19,5"	Medio	D8K	4,5/5,0	8,5
<input type="checkbox"/> 14	19,5"	Medio	D8K	5,0/5,8	9,5
<input type="checkbox"/> 16	19,5"	Medio	D8K	5,8	10,9
<input type="checkbox"/> 12	22,5"	Alto	D8K	5,0	9,2
<input type="checkbox"/> 14	22,5"	Alto	D8K	5,6	9,5/10,6
<input type="checkbox"/> 16	22,5"	Alto	D8K	6,3	10,9
<input type="checkbox"/> 18	22,5"	Extra alto	D8K	7,1	11,5

DISTANCIA ENTRE EJES				
Dist. entre ejes (mm)	12 toneladas 17,5"	12-16 toneladas 19,5"	12-16 toneladas 22,5"	18 toneladas 22,5"
<input type="checkbox"/> 3250	•	•	•	
<input type="checkbox"/> 3500	•	•	•	•
<input type="checkbox"/> 3800	•	•	•	•
<input type="checkbox"/> 4100	•	•	•	•
<input type="checkbox"/> 4400	•	•	•	•
<input type="checkbox"/> 4700	•	•	•	•
<input type="checkbox"/> 5000	•	•	•	•
<input type="checkbox"/> 5300	•	•	•	•
<input type="checkbox"/> 5600	•	•	•	•
<input type="checkbox"/> 5900	•	•	•	•
<input type="checkbox"/> 6200	•	•	•	•
<input type="checkbox"/> 6500	•	•	•	•
<input type="checkbox"/> 6800	•	•	•	•

Figura 6: Características camiones Volvo

Anexo 4: Componentes Hidráulicos

En este anexo se explicará todo lo relacionado con los componentes de hidráulico. [11]
[6]

Las características de la llave de 3 vías se muestran a continuación en la **Figura 1 del Anexo 4:**



Válvula 3 vías esquema					
Tipo	Medidas Acople			Caudal Máximo	Presión Máxima
	BSP	NPT	SAE	L/min.	Bar.
RSAP3V01	1/4	1/4	9/16-18	15	400
RSAP3V02	3/8	3/8	3/4-16	30	400
RSAP3V03	1/2	1/2	7/8-14	60	350
RSAP3V04	3/4	3/4	1 1/16-12	80	290
RSAP3V05	1"	1"	1 5/16-12	125	250

Figura 1: Características llave de 3 vías.

Las características de la válvula antirretorno se muestran a continuación en la **Figura 2 del Anexo 4:**



Figura 2: Características válvula antirretorno.

Las características de las electroválvulas se muestran a continuación en la **Figura 3 del Anexo 4:**

Distribuidores direccionales de corredera

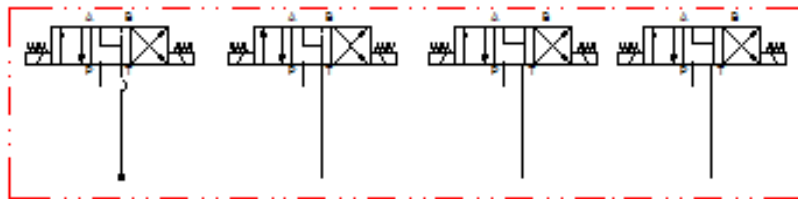


Distribuidores direccionales tipo SW, SWP, NSWP

Los distribuidores direccionales han sido diseñados como válvulas individuales para la conexión en línea (tipo SW) o el montaje sobre placa base (tipos SWP, NSWP) y como bloque de válvulas (tipos SWP, NSWP). El accionamiento se produce por medio de bobinas simples, estancas a la presión, que permiten el accionamiento directo (bobinas húmedas), mientras que en el tipo NSWP el accionamiento se produce también a través de bobinas dobles para dos velocidades o de bobinas proporcionales, que a su vez se pueden combinar con una limitación de la carrera. Asimismo se ofrece una versión que cumple la norma ATEX. Las válvulas simples para el montaje sobre placa base están disponibles con bloques de conexión, que pueden incorporar también una válvula limitadora de presión. Las secciones de válvula en el tipo NSWP se pueden adaptar de funciones adicionales en el lado de la bomba (p. ej., válvula antirretorno, estrangulador o chicle). En las conexiones a los consumidores existen la posibilidad de incorporar un chicle o un restrictor unidireccional.



Tipo equipo:	Distribuidor direccional
Versión:	Válvula simple para conexión en línea Válvula simple para montaje sobre placa base Bloque de válvulas para el de montaje sobre placa base Combinación con grupos de central hidráulica
Accionamiento:	eléctrico
$P_{m\acute{a}x.}$:	315 bar
$Q_{m\acute{a}x.}$:	12 ... 25 l/min



Distribuidores direccionales de corredera

Bobinas de accionamiento (NSWP 2)

- Bobina blanco/negro ($p_{m\acute{a}x.} = 315$ bar)
- Bobina con enclavamiento
- Bobina proporcional

Tensiones de maniobra

- 12V DC, 24V DC, 230VAC 50/60 Hz
- Bajo demanda existen otras tensiones

1

Figura 3: Características de las electroválvulas.

Las características del regulador de caudal se muestran a continuación en la **Figura 4 del Anexo 4:**

Este regulador de caudal podrá trabajar a más de 100 bares.

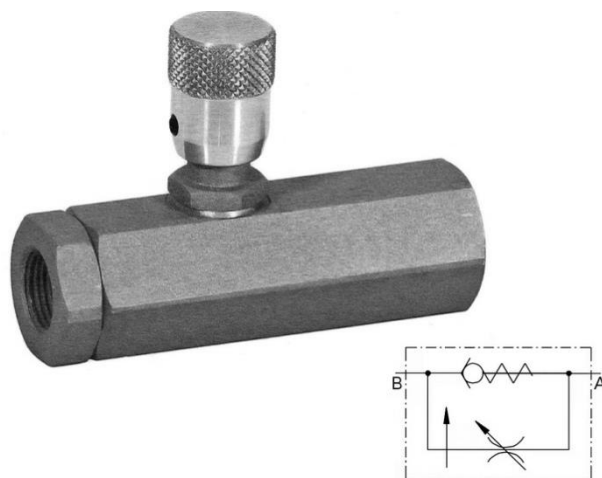


Figura 4: Características del regulador de caudal.

Las características de la válvula de descarga se muestran a continuación en la **Figura 5 del Anexo 4:**

Esta válvula podrá trabajar a más de 100 bares y a 24 voltios.

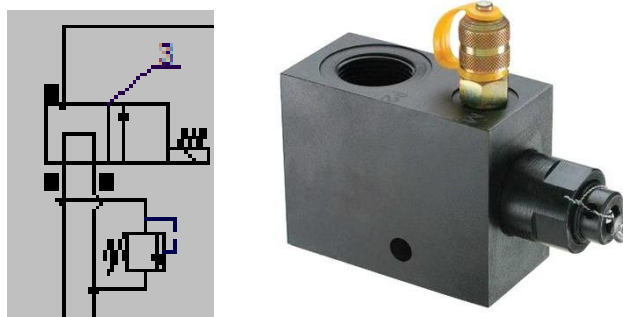


Figura 5: Características de la válvula de descarga.

Las características de la válvula antirretorno pilotada simple se muestran a continuación en la **Figura 6 del Anexo 4**:

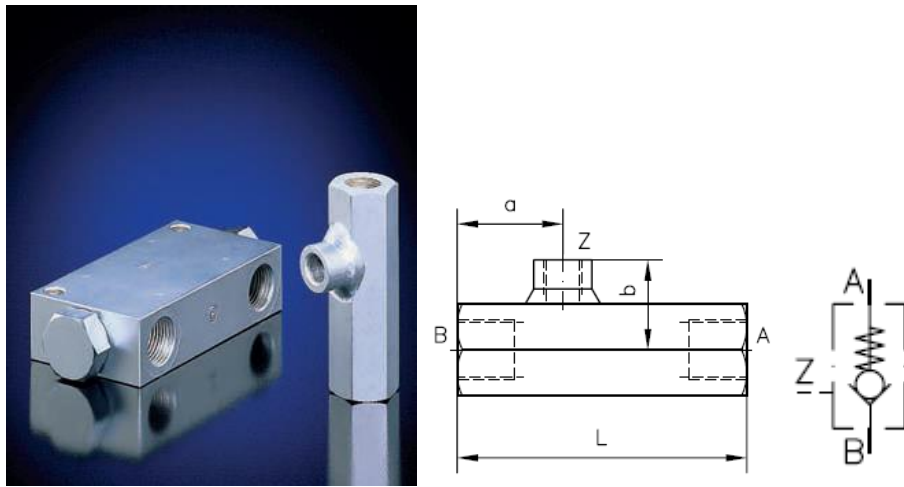


Figura 6: Características de las válvulas pilotadas simples.

Las características de la válvula antirretorno pilotada doble se muestran a continuación en la **Figura 7 del Anexo 4**:

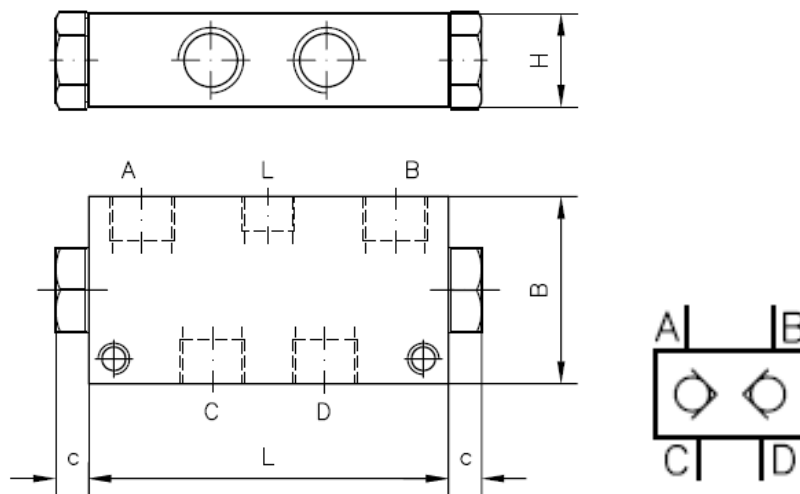
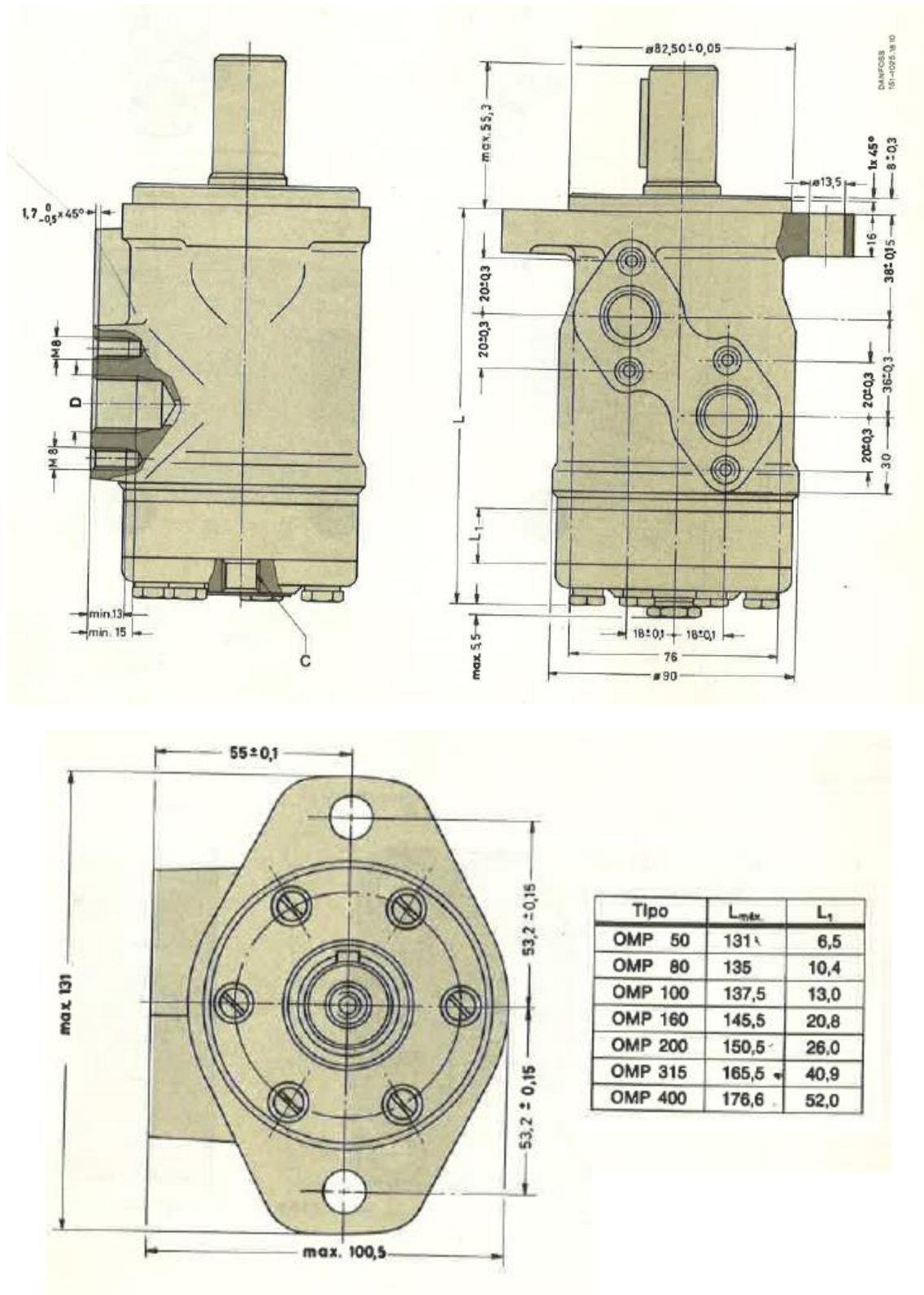



Figura 7: Características de las válvulas pilotadas dobles.

Las características del motor Danfoss OMP 200 se muestran a continuación en la **Figura 8 del Anexo 4:**



Números de código y peso

		OMP 50	OMP 80	OMP 100	OMP 160	OMP 200	OMP 315	OMP 400	Bloque de base*	
	Motor con eje cilíndrico	1 pulg. 25 mm	151-0000	151-0001	151-0002	151-0003	151-0004	151-0005	151-0006	151-1100
	Motor con eje estriado		151-0028	151-0029	151-0030	151-0031	151-0032	151-0033	151-0027	151-1100
	Peso (kg)		5,5	5,7	5,9	6,2	6,4	6,9	7,4	1,5

* Bloque de base para OMP/OMR. Conjunto de montaje incluido.

Características técnicas

		OMP 50	OMP 80	OMP 100	OMP 160	OMP 200	OMP 315	OMP 400
Desplazamiento geométrico	(cm ³)	48,6	77,8	97,3	155,7	194,6	306,1	389,2
Velocidad máx.	(r.p.m.)	cont.	800	750	600	400	310	205
	int. ¹⁾	1000	940	750	500	390	255	200
Par máx.	(daNm)	cont.	6	9,5	12	19,5	24	26
	int. ¹⁾	8,5	13,5	17	26	34	37	38
	cresta ²⁾	13,5	21,5	27	43	54	60	60
Potencia de salida máx.	(kW)	cont.	5	6	7	7	6	4
	int. ¹⁾	6	9	10	10	9	6	5
Pérdida de carga máx.	(bar)	cont.	100	100	100	100	100	70
	int. ¹⁾	140	140	140	140	140	100	80
	cresta ²⁾	225	225	225	225	225	160	125
Caudal de aceite máx.	(l/min)	cont.	40	60	60	60	60	60
	int. ¹⁾	50	75	75	75	75	75	75
Presión de entrada máx.	(bar)	cont.	140	140	140	140	140	140
	int. ¹⁾	175	175	175	175	175	175	175
	cresta ²⁾	225	225	225	225	225	225	225
Presión máx. en la junta de eje (sin tubería de drenaje) ³⁾	(bar)	cont.	0-100 r.p.m.	75	75	75	75	75
		100-300 r.p.m.	50	50	50	50	50	50
		> 300 r.p.m.	25	25	25	25	25	25
Presión máx. en tubería de drenaje	(bar)	int. ¹⁾	0-máx. r.p.m.	75	75	75	75	75
Presión de retorno máx. con tubería de drenaje	(bar)	cont.	140	140	140	140	140	140
		int. ¹⁾	175	175	175	175	175	175
Presión de arranque máx. sin carga en el eje	(bar)	cont.	225	225	225	225	225	225
		int. ¹⁾	10	10	10	7	5	5
Par de arranque mín.	(daNm)	A pérdida de carga máx. cont.	5	8,5	11	18	22,5	25
		A pérdida de carga máx. int.	7	12	15,5	25	32	36

Figura 8: Características del motor Danfoss OMP200.

Las características de la válvula selectora de circuito se muestran a continuación en la Figura 9 del Anexo 4:

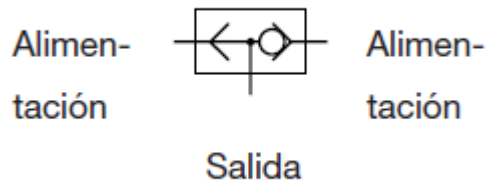
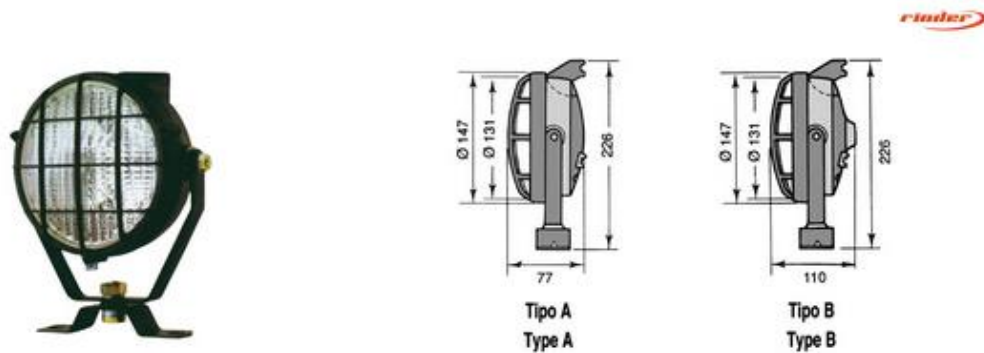


Figura 9: Características de la válvula selectora de circuito.

Anexo 5: Componentes eléctricos.

En este anexo se explicará todo lo relacionado con los componentes eléctricos. [12] [13]

Las características de los focos blancos se muestran a continuación en la **Figura 1 del Anexo 5:**



Descripción del producto:

Faros de trabajo

Información adicional:

Carcasa de plástico • Lente de vidrio • Rejilla de plástico • Interruptor



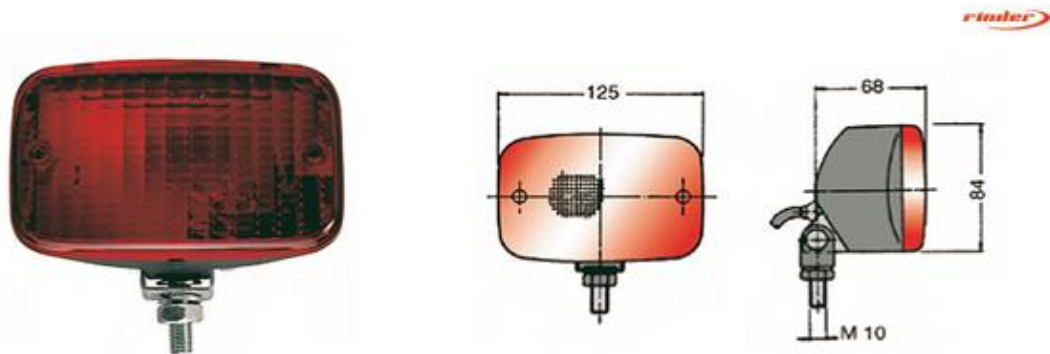
REF.	12V 55W H3 24V 70W H3	12V 45/40W 24V 55/50W			
453.00	●		A	1	9600.11
463.00	●		B	1	9626.11
461.00		●	A	2	9654.11

■ Con interruptor /
 ■ With switch /
 ■ Mit Schalter /
 ■ Avec interrupteur

Figura 1: Características del foco blanco.

El modelo que se utilizará es el 463.00 con una tensión de 24V y una potencia de 70W.

Las características de los focos rojos se muestran a continuación en la **Figura 2 del Anexo 5:**



Descripción del producto:

Pilotos Antiniebla

Información adicional:

Homologado "E"

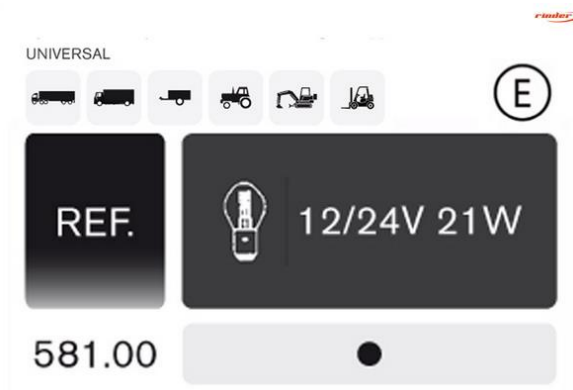


Figura 2: Características del foco rojo.

El modelo que se utilizará es el 581.00 con una tensión de 24V y una potencia de 21W.

Las características del enchufe de vía se muestran a continuación en la **Figura 3 del Anexo 5:**



Descripción del producto:
Conector

Información adicional:
ISO 1185

REF.	24V		
3023.00	●	A	N
3095.00	●	B	N

■ A: Plastico B: Metálico
■ A: Plastic B: Metalic
■ A: Kunststoff B: Metalic
■ A: Plastique B: Métallique

Figura 3: Características del enchufe de vía.

El modelo que se utilizará es el 3095.00.

Las características del selector XB4BD33 se muestran a continuación en la **Figura 4 del Anexo 5:**

Ficha de producto

Características

XB4BD33

selector negro Ø 22 mango de 3 posiciones - 2 NA



Principal

Estatus comercial	Comercializado
Gama de producto	Harmony XB4
Tipo de producto o componente	Conmutador de selección completo
Nombre del dispositivo	XB4
Material del bisel	<= 3 dB
Material anillo fijación	Zamak
Diámetro de montaje	22 mm
Venta por cantidad indivisible	1
Forma del cabezal de unidad de	Redondo
Tipo de operario	Mantenido
Perfil de operador	Negro maneta estándar
Información posición operador	3 posiciones de +/- 45°
Tipo de contactos y composición	2 NA
Funcionamiento de contacto	Rupt. lenta
Conexiones - terminales	Conexión tornillo de estribo: >= 1 x 0.22 mm² sin extremo de cable de acuerdo con EN/IEC 60947-1 Conexión tornillo de estribo: <= 2 x 1.5 mm² con extr. cable de acuerdo con EN/IEC 60947-1

Figura 4: Características del selector XB4BD33.

El selector será de la marca Schneider Electric que permite tres posiciones una para cada posición de luces y una adicional para el estado de reposo, en el caso de que el camión circule por carretera y tenga que apagar las luces de vía.

Los conectores serán NA es decir normalmente abiertos por lo tanto hasta que no se active su posición la corriente no pasará por ellos, por lo que no se encenderán los focos.

Las características del selector XB4BD21 se muestran a continuación en la **Figura 5 del Anexo 5:**

Ficha de producto

Características

XB4BD21

selector negro Ø 22 mango de 2 posiciones - 1 NA


	Principal	
	Estatus comercial	Comercializado
	Gama de producto	Harmony XB4
	Tipo de producto o componente	Conmutador de selección completo
	Nombre del dispositivo	XB4
	Material del bisel	<= 3 dB
	Material anillo fijación	Zamak
	Diámetro de montaje	22 mm
	Venta por cantidad indivisible	1
	Forma del cabezal de unidad de	Redondo
	Tipo de operario	Mantenido
	Perfil de operador	Negro maneta estándar
	Información posición operador	2 posiciones de 90°
	Tipo de contactos y composición	1 NA
Funcionamiento de contacto	Rupt. lenta	
Conexiones - terminales	Conexión tornillo de estribo: >= 1 x 0.22 mm ² sin extremo de cable de acuerdo con EN/IEC 60947-1 Conexión tornillo de estribo: <= 2 x 1.5 mm ² con extr. cable de acuerdo con EN/IEC 60947-1	

Figura 5: Características del selector XB4BD21.

El selector será de la marca Schneider Electric que permite dos posiciones una la posición de luces y otra para el estado de reposo, el conector será NA es decir normalmente abierto por lo tanto hasta que no se active su posición la corriente no pasará por él, por lo que no se encenderán los focos.

Las características de la caja colgante XACA4714 se muestran a continuación en la **Figura 6 del Anexo 5:**

Ficha de producto
Características

XACA4714
caja colgante XAC-A - 4 pulsadores 1 parada de emergencia



Principal

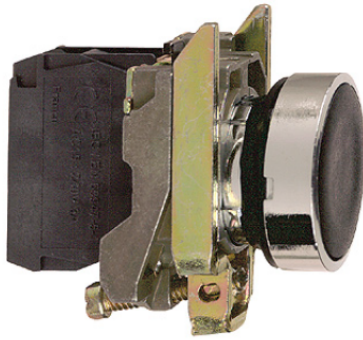
Gama de producto	Harmony XAC
Tipo de producto o componente	Estación de control colgante
Nombre de estación de control	XACA
Tipo de estación de control	Con doble aislamiento
Material de envoltente	Polipropileno
Tipo de circuito eléctrico	Circuito de control
Tipo de envoltente	Preparado para uso
Aplicación estación control	Control de motor elevador de una velocidad
Compos. estación control	4 pulsadores + 1 parada emergencia
Tipo de control de botón	Pulsador cuarto 1 NA izquierda, lento Pulsador de parada emergencia 40 mm Ø 1 NC , acción act Pulsador prim 1 NA elevar, lento Pulsador segundo 1 NA descender, lento Pulsador tercero 1 NA derecha, lento
Nombre de bloque de contacto	ZB2BE 101 p/ cada dirección ZB2BE 102 p/ parada de emergencia
Enclavamiento mecánico	Con interbloqueo mecánico entre pares

Figura 6: Características de la caja colgante XACA4714

Las características del pulsador XB4BA21 se muestran a continuación en la **Figura 7 del Anexo 5**:

Ficha de producto
Características

XB4BA21
pulsador negro Ø 22 - retorno resorte nivelado
- 1 NA



Principal

Gama de producto	Harmony XB4
Perfil de operador	Negro empotrado sin marca
Tipo de contactos y composición	1 NA
Funcionamiento de contacto	Rupt. lenta
Conexiones - terminales	Conexión tornillo de estribo , <= 2 x 1.5 mm² con extr. cable de acuerdo con EN/IEC 60947-1 Conexión tornillo de estribo , 1 x 0,22-2 x 2,5 mm² sin extremo de cable de acuerdo con EN/IEC 60947-1
Tipo de producto o componente	Pulsador completo
Nombre de gama	XB4
Material del bisel	Metal cromado
Material anillo fijación	Zamak
Diámetro de montaje	22 mm
Venta por cantidad indivisible	1
Forma del cabezal de unidad de	Redondo
Tipo de operario	Retorno de resorte

Figura 7: Características del selector XB4BA21.

Las características de la caja de estanca XALG04 se muestran a continuación en la **Figura 8 del Anexo 5:**

Ficha de producto
Características


XALG04
estación de control vacía - XAL-G - plástico - 4
aperturas horizontales



Principal	
Estatus comercial	Comercializado
Gama de producto	Harmony XALG
Tipo de producto o componente	Estación de control vacía
Modelo de dispositivo	XALG
Destino del producto	Para unidades de señalización y control XB5 Ø 22 mm
Característica medioambiental	Ambiente hostil
Color de base de la envolvente	Negro RAL 9005
Color de cubierta	Negro RAL 9005
Material	Poliamida reforçada com mineral
Entrada de cable	2 dispositivos extraíbles para entrada de cable ISO M20
Dos zócalos laterales	IP69 K de acuerdo con IEC 60529 IP66 de acuerdo con IEC 60529


Figura 8: Características de la caja XALG04.

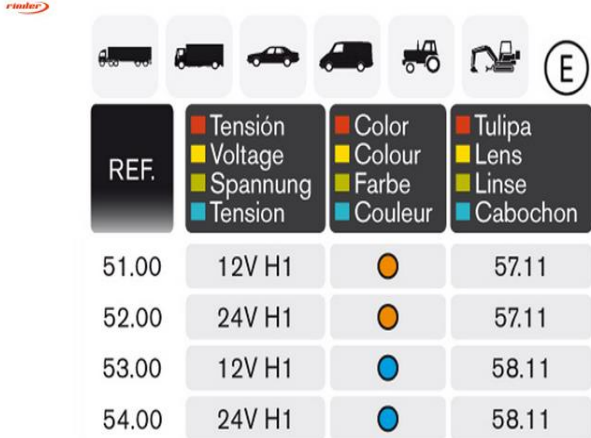
Las características del rotativo se muestran a continuación en la **Figura 9 del Anexo 5:**



Descripción del producto:
Luces rotativas

Información adicional:
Ámbar 24V.
Homologado






REF.	Tensión Voltage Spannung Tension	Color Colour Farbe Couleur	Tulipa Lens Linse Cabochoon
51.00	12V H1	Amber	57.11
52.00	24V H1	Amber	57.11
53.00	12V H1	Blue	58.11
54.00	24V H1	Blue	58.11

Figura 9: Características del rotativo.

Se colocará el rotativo 52.00 por su voltaje y el color de la tulipa. El consumo de este rotativo es de 70 W.


Las características del avisador acústico se muestran a continuación en la **Figura 10 del Anexo 5:**



5904.00

Descripción del producto::
Retro alarma

Información adicional:
Diseño compacto y soporte universal
Protegido contra picos de tensión
Protegido contra polaridad invertida
Sellado contra polvo, humedad y vibración
Rango de temperatura: -40°C a +85°C



REF.	Tensión Voltage Spannung Tension	Db	Consumo Consumption Verbrauch Consummation
* 5900.00	12 - 24V	82 - 102	0,4
* 5901.00	12 - 48V	77 - 97	0,2
5902.00	12 - 24V	102	0,2
5903.00	12 - 24V	97	0,2
5904.00	12 - 24V	107	0,3

★ Sonido Autoajutable / Self-adjusting Sound / Selbststellbarer Ton / Son Autorégulé

Figura 10: Características del avisador acústico.

Se colocará el avisador acústico 5901.00 por temas de consumo y decibelios. El consumo del avisador acústico es de 70 W.

Las características de la seta de parada de emergencia se muestran a continuación en la **Figura 11 del Anexo 5:**

Ficha de producto
Características

XALK178F
CAJA 1 PULS, EMERGENCIA C, FRAUDES
2NC

PVR*: 63.954 EUR



Principal	
Estatus comercial	Comercializado
Gama de producto	Harmony XALK
Tipo de producto o componente	Estación de control completa
Nombre del dispositivo	XALK
Destino del producto	Para unidades de señalización y control XB5 Ø 22 mm
Aplicación estación control	Función de parada emergencia Función apagado de emergencia
Color de base de la envolvente	Gris claro RAL 7035
Color de cubierta	Amarillo RAL 1021
Material	Policarbonato
Perfil de operador	1 pulsador de seta
Descripción de operador	Rojo sin marcar 2 NC
Reset	Girar para liberar
Composición de la estación de control	1 pulsador de cabeza redonda de U 40 mm, rojo - 2 NC sin marca
Funcionamiento de contacto	Rupt. lenta

Figura 11: Características del avisador acústico.