



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Título del trabajo:

Análisis, Cálculo y Diseño de un elevador de columnas para vehículos.

English tittle:

Analysis, Calculation and Design of lift columns for vehicles.

Autor

Javier Sales Lamarca
635851

Director/es

Javier Oscar Abad Blasco.

Escuela de Ingeniería y Arquitectura.

2017



Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD

(Este documento debe acompañar al Trabajo Fin de Grado (TFG)/Trabajo Fin de Máster (TFM) cuando sea depositado para su evaluación).

D./D^a. Javier Sales Lamarca

con nº de DNI 72974501-D en aplicación de lo dispuesto en el art.

14 (Derechos de autor) del Acuerdo de 11 de septiembre de 2014, del Consejo

de Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento de los TFG y TFM de la

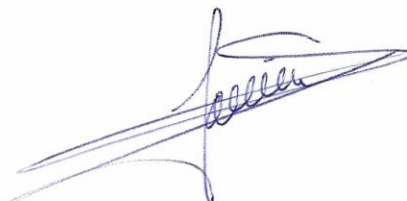
Universidad de Zaragoza,

Declaro que el presente Trabajo de Fin de (Grado/Máster)
Grado _____, (Título del Trabajo)

Análisis, Cálculo y Diseño de un elevador de 2 columnas para vehículos.

es de mi autoría y es original, no habiéndose utilizado fuente sin ser citada
debidamente.

Zaragoza, a 01 Febrero de 2017



Fdo: Javier Sales Lamarca

Análisis, Cálculo y Diseño de un elevador de 2 columnas para vehículos.

RESUMEN

1.-Objetivos y problemas abordados:

El objetivo del TFG es el análisis, cálculo y diseño de elevador de columna para vehículos. Fijadas las especificaciones de diseño, se abordará, en primer lugar, el estudio del sistema de accionamiento con el objetivo de su diseño y cálculo. En segundo lugar se llevará a cabo el análisis resistente de los distintos componentes que componen la estructura del elevador para su dimensionamiento.

2.-Metodología (enfoque y herramientas):

Se abordará en primer lugar un análisis analítico de los distintos sistemas que componen el elevador, empleando las ecuaciones de la mecánica (cinemática y dinámica) para el análisis del sistema de accionamiento del elevador y las de la resistencia de materiales para el análisis de los distintos componentes estructurales que componen el mismo. Se emplearán programas de análisis numérico y de modelado para completar y validar los resultados analíticos.

3.-Cronograma (fases de trabajo a realizar).

- Recabar información sobre tipo de elevadores.
- Definición de especificaciones del elevador seleccionado
- Estudio de normativa aplicable
- Análisis del accionamiento y dimensionamiento del mismo.
- Cálculo y diseño resistente/rigidez de las partes integrantes del elevador.
- Modelización
- Redacción de memoria.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar tengo que agradecer la colaboración, asesoramiento y ayuda que he recibido por el tutor de este proyecto, el profesor del Área de Ingeniería Mecánica, Javier Oscar Abad Blasco quien me ha guiado para materializar el proyecto así como le agradezco el apoyo y conocimiento en todo momento sobre la elaboración del mismo.

En esta última etapa de la carrera en la que he coincidido con muchos compañeros de diferentes generaciones a los que tengo que agradecer su ayuda y compañerismo así como el apoyo mutuo en buenos y malos momentos.

Y muy especialmente a mis padres que me han apoyado en todo momento desde la decisión hace seis años y medio de comenzar mi carrera universitaria, ayudarme a hacerlo posible, apoyo y aguantar igualmente los buenos y malos momentos. Hacer mención igualmente a mis hermanos y a Gema por su apoyo y comprensión en épocas difíciles de exámenes y trabajos.

No me puedo olvidar de todos los amigos fuera del ámbito de la escuela de los que igualmente he recibido un gran apoyo así como los responsables de la empresa en la que sigo trabajando por permitirme compaginar la actividad laboral con la de formación universitaria.

INDICE

1.-INTRODUCCION	6
1.1.-Presentación del problema.	6
1.2 Análisis del problema.....	7
1.3 Importancia del proyecto.....	8
2.-TIPOS DE ELEVADORES EXISTENTES	9
2.1 Elevador de 1 columna.....	9
2.2 Elevador de 2 columnas (elevador a estudiar).	9
2.3 Elevador de 4 columnas.	10
2.4 Elevadores de doble tijera.	10
2.5 Elevador para servicio de ruedas.....	11
2.6 Elevador mesa de moto.	11
3.-NORMATIVAS	12
4.-ANÁLISIS, CÁLCULO Y DISEÑO DE UN ELEVADOR DE COLUMNAS PARA VEHÍCULOS.	14
4.1 Calculo del motor y sistema de transmisión.....	15
4.2 Análisis estructural de los brazos.	16
4.3.-Calculo de diámetro del pasador mediante el fallo a cortadura del mismo y espesor de la placa de solape por aplastamiento.	20
4.4.-Calculo de los pasadores que contienen los rodillos y que sustentan lateralmente el soporte de los brazos.	22
4.5.-Calculo del soporte de los brazos.....	24
4.6.-Calculo de los pilares.	30
4.7. Calculo de esfuerzos por pandeo del tornillo que transmite el movimiento al soporte de los brazos.	33
5.-CONCLUSIONES	34
6.-BIBLIOGRAFIA	35
ANEXO 1.....	36
ANEXO 2.....	41
ANEXO 3.....	46
ANEXO 4.....	53
ANEXO 5.....	61
ANEXO 6.....	63
ANEXO 7.....	64
ANEXO 8.....	70
ANEXO 9.....	75

1.-INTRODUCCION

1.1.-Presentación del problema.

Las necesidades actuales de la población en grandes y medianas ciudades en cuanto al transporte de las mismas así como la exigencia de su disponibilidad, comodidad en el transporte e independencia del mismo, han provocado un aumento del parque automovilístico en los últimos años.

Desde la invención del vehículo autopropulsado por vapor en el siglo XVIII y seguidamente el autopropulsado por un motor de combustión interna en el año 1885, la población comenzó a desplazarse con ayuda de automóviles o autocares así como ayudándose para el transporte de mercancías de vehículos pesados.

A comienzos y mediados del siglo XX, la adquisición de un automóvil particular era algo impensable para la mayoría de la población por las bajas capacidades adquisitivas y el bajo nivel de vida existente.

Alrededor de los años 1960 o 1970, las familias y comercios consiguieron ir dotándose de un vehículo para su transporte o ayuda en su negocio hasta llegar a la actualidad en la que la existencia de un turismo o una furgoneta se hace indispensable para la actividad y vida diaria.

La siguiente tabla que se muestra en la página siguiente (Tabla 1), muestra el número de vehículos turismos e industriales matriculados desde el año 1946 hasta el año 1999.

Hoy en día existen muchos sistemas de transporte público que minimizan el uso del vehículo particular como autobuses, trenes o aviones en largos recorridos o autobuses urbanos, tranvías, metros, taxis destinados a cortos recorridos o desplazamientos urbanos.

Aun así, las diferentes necesidades sociales actuales como la exigencia en diferentes servicios (just in time), desplazamientos particulares y carencias en el transporte público hacen que el parque automovilístico a nivel particular crezca cada año en función del momento económico.

PARQUE DE TURISMOS Y VEHÍCULOS INDUSTRIALES EN ESPAÑA,
1946-1999 (UNIDADES)

	Turismos	Veh. industriales		Turismos	Veh. industriales
1946	71.969	55.011	1973	3.803.659	923.897
1947	82.071	63.119	1974	4.309.511	987.903
1948	90.857	83.952	1975	4.806.833	1.040.102
1949	94.521	91.857	1976	5.351.363	1.091.557
1950	97.215	95.500	1977	5.944.942	1.157.740
1951	98.195	96.389	1978	6.530.428	1.231.562
1952	101.759	93.289	1979	7.057.521	1.303.254
1953	108.005	97.729	1980	7.556.511	1.380.889
1954	115.700	99.638	1981	7.943.325	1.440.112
1955	127.837	104.401	1982	8.354.050	1.504.942
1956	151.937	115.654	1983	8.714.076	1.572.840
1957	172.139	123.558	1984	8.874.442	1.486.045
1958	194.252	132.166	1985	9.273.710	1.570.903
1959	240.460	142.750	1986	9.643.448	1.720.420
1960	290.519	159.357	1987	10.218.526	1.864.745
1961	358.926	187.352	1988	10.787.424	2.019.808
1962	440.611	219.815	1989	11.467.727	2.207.589
1963	529.700	260.921	1990	11.995.640	2.378.695
1964	652.297	315.085	1991	12.537.099	2.541.830
1965	807.317	387.203	1992	13.102.285	2.696.776
1966	1.052.506	466.868	1993	13.440.694	1.782.172
1967	1.334.837	549.631	1994	13.733.794	2.872.835
1968	1.633.973	619.546	1995	14.212.259	2.984.140
1969	1.998.838	683.053	1996	14.753.809	3.105.752
1970	2.377.726	740.951	1997	15.297.366	3.256.009
1971	2.784.676	793.006	1998	16.050.057	3.445.251
1972	3.254.801	852.427	1999	16.847.397	3.658.512

Fuentes: Hasta 1959 inclusive, López Carrillo (1997). De 1960 en adelante, se han tomado los datos de los Anuarios de la Dirección General de Tráfico.

Nota: Vehículos industriales son camiones, furgonetas y autobuses.

Tabla 1. Parque de turismos y vehículos industriales en España 1946-1999.

1.2 Análisis del problema.

Desde el desarrollo de la era moderna, el sector del automóvil es una gran potencia económica que beneficia tanto a las grandes multinacionales automovilísticas como a los estados que poseen fábricas de vehículos debido a la gran cantidad de puestos de trabajos que se crean no solamente las propias fábricas de las marcas de vehículos sino industrias adheridas alrededor de las mismas además del consumo de combustible necesario para el funcionamiento de los vehículos que genera gran cantidad de beneficios a los estados.

Por ello, el uso del transporte y la comercialización de vehículos es de gran interés para los gobiernos que promueven la compra de vehículos particulares con diferentes ayudas sociales. Todo esto contribuye a que en la actualidad, el uso de transporte particular este cada vez más extendido y adherido a los hábitos sociales.

El funcionamiento de estos vehículos requiere de ciertos mantenimientos preventivos y reparaciones de averías o accidentes sufridos con los mismos.

Para ello, los fabricantes y comerciantes de las marcas de vehículos ponen a disposición de sus clientes una extensa red de concesionarios y talleres donde realizar las diferentes intervenciones en los mismos ya sea como mantenimiento o reparaciones. Este tipo de concesionarios son monomarca y están destinados a los vehículos que venden ellos mismos de un fabricante concreto. También existen talleres particulares en los que se realizan reparaciones de todo tipo de vehículos y de cualquier fabricante, normalmente resultan más económicos y pueden llegar a realizar trabajos con las mismas garantías.

1.3 Importancia del proyecto.

Para realizar estos trabajos de mantenimiento o reparaciones es necesario el uso de diferentes herramientas y maquinaria debido a las dimensiones y peso de los diferentes vehículos así como la accesibilidad de ciertos elementos.

Una de las principales máquinas necesarias para un correcto trabajo sobre el vehículo y accesibilidad al mismo sin poner en riesgo la seguridad y salud del trabajador (mecánico), es el elevador, con el que gracias al mismo, podemos levantar el vehículo a la altura deseada y poder trabajar bajo él con todas las garantías.

Existen diferentes tipos de elevadores para vehículos y en el siguiente proyecto, nos vamos a centrar únicamente en los elevadores actuales para vehículos turismos e industriales.

Realizaremos un estudio de los modelos de elevadores en función de las necesidades de cada uno de los talleres y nos centraremos en el análisis, cálculo y diseño de un elevador de tipo de dos columnas para vehículos. Fijadas las especificaciones de diseño, se abordará, en primer lugar, el estudio del sistema de accionamiento con el objetivo de su diseño y cálculo. En segundo lugar se llevará a cabo el análisis resistente de los distintos componentes que componen la estructura del elevador para su dimensionamiento.

Se abordará en primer lugar un análisis analítico de los distintos sistemas que componen el elevador, empleando las ecuaciones de la mecánica (cinemática y dinámica) para el análisis del sistema de accionamiento del elevador y las de la resistencia de materiales para el análisis de los distintos componentes estructurales que componen el mismo. Se emplearán programas de análisis numérico y de modelado para completar y validar los resultados analíticos.

2.-TIPOS DE ELEVADORES EXISTENTES

En la actualidad existen diferentes tipos de elevadores para vehículos en función de las características necesarias en cada lugar de trabajo y el tipo de vehículo con el que trabajar.

El mercado ofrece elevadores de vehículos en función del peso a elevar, en función del espacio del elevador a ocupar en el lugar de trabajo, así como el tipo de accionamiento del mismo que puede ser eléctrico (normalmente con corriente trifásica) o hidráulico con ayuda de un sistema de presión accionado por un motor eléctrico.

Los diferentes tipos de elevadores de vehículos existentes en el mercado se especifican y detallan a continuación:

2.1 Elevador de 1 columna.

Este tipo de elevador está destinado a vehículos turismos y furgonetas de carga medias. Se instala en zonas en las que el espacio no es muy propicio para instalar un elevador de dos columnas como mínimo. Está compuesto por una columna únicamente de gran robustez que sustenta el motor eléctrico que acciona el sistema hidráulico que mediante un pistón provoca la elevación o descenso del multibrazo que sustenta el vehículo.

2.2 Elevador de 2 columnas (elevador a estudiar).

Se trata del tipo de elevador más común y más usado por su versatilidad y sencillez de manejo. Es un elevador similar al anterior pero con dos columnas y cada una de ellas posee un sistema de elevación con dos brazos extensibles para ajustar a la posición deseada de descanso del vehículo que corresponda.

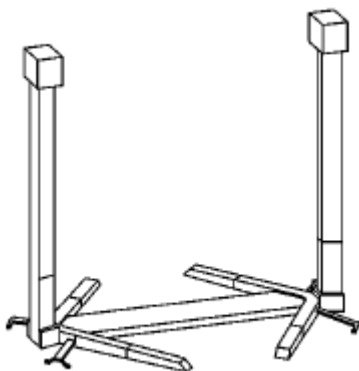


Fig.1. Elevador de dos columnas.

El accionamiento suele ser eléctrico ya sea mediante un motor, generalmente de corriente trifásica accionando un sistema de polea y tornillo sinfín al que se encuentra acoplado el sistema de los dos brazos en una de las columnas y transmitiendo el movimiento al tornillo sinfín de la otra columna.

Este movimiento se transmite de una columna a otra mediante un entramado de cadena que discurre bajo la chapa protectora horizontal a nivel del suelo.

Otro tipo de elevación de los brazos de las dos columnas es mediante un sistema e instalación hidráulica accionado por un motor eléctrico.

Este tipo de elevadores es en el que nos vamos a centrar para realizar el análisis, cálculo y diseño en este Trabajo Fin de Grado.

2.3 Elevador de 4 columnas.

Este tipo de elevador es el más cómodo a la hora de elevar el vehículo ya que no dispone de brazos que hay que colocar estratégicamente en las posiciones indicadas por el fabricante. Únicamente es necesario subir el vehículo a las plataformas del elevador circulando con el mismo y con ayuda de las rampas existentes.

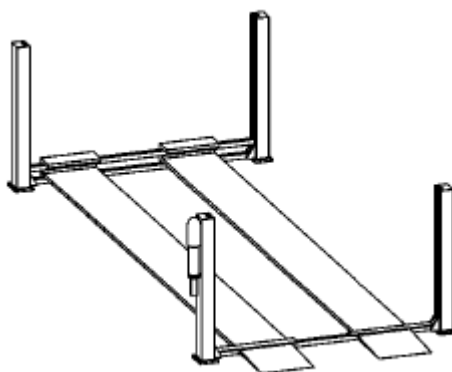


Fig.2. Elevador de 4 columnas.

2.4 Elevadores de doble tijera.

Se trata de un elevador el cual está compuesto por una doble plataforma que se elevan con ayuda de unos cilindros hidráulicos y estructura de tijera.

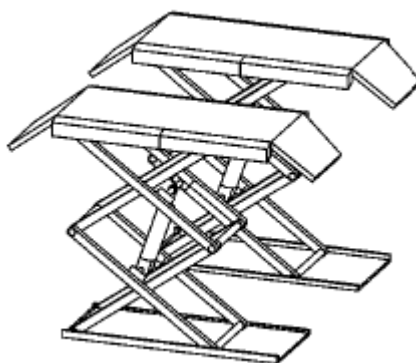


Fig.3. Elevador de tijeras.

2.5 Elevador para servicio de ruedas.

Se trata de un elevador de tijeras similar al anterior aunque este tipo de elevadores está diseñado para elevar el vehículo con un máximo de 1 metro desde el suelo apoyado en los bajos del vehículo.



Fig.4. Elevador para servicio de ruedas.

2.6 Elevador mesa de moto.

Se trata de un elevador para motocicletas en las que únicamente hay una plataforma donde se sube la motocicleta. El elevador se sube con ayuda de un cilindro hidráulico accionado mediante un motor o de manera manual.



Fig.5. Elevador de motocicleta.

Se realiza un estudio más exhaustivo y explicativo de cada uno de los modelos de elevadores en el Anexo I.

3.-NORMATIVAS

Actualmente la fabricación, comercialización, instalación y mantenimiento de los elevadores de vehículos se rigen por una serie de Directivas Europeas así como Normas UNE, siendo de obligado cumplimiento las descritas a continuación y que de las que se realiza un estudio más exhaustivo en el Anexo 2.

Para la proyección y construcción del elevador a estudiar, han sido utilizadas las siguientes normas y especificaciones y concretamente la UNE EN 1493 que se describe a continuación.

UNE EN 1493 Elevadores de vehículos.

Esta norma europea se aplica a los elevadores de vehículos fijos, móviles y desplazables que no están previstos para la elevación de personas, pero que están diseñados para elevar todo el vehículo con el fin de permitir los trabajos de verificación, de mantenimiento y de reparación sobre o bajo el vehículo cuando está en posición elevada. El elevador de vehículos puede consistir en una o varias unidades de elevación.

No se considera el suministro de energía al elevador de vehículos mediante motores de combustión Interna.

Entre otras especificaciones, en esta norma se especifican datos a tener en cuenta como:

- Límites de velocidades de subida y bajada del elevador.
- Elementos de elevación.
- Transmisiones de fuerza y movimiento.
- Transmisiones por tornillo.
- Tacos de apoyo del vehículo.
- Restricciones de la carrera del elevador.
- Cálculos estructurales para los diferentes componentes del elevador detallando materiales y características de los mismos.

UNE EN 60204-1 - Seguridad de la maquinaria.

Esta Norma IEC 60204 proporciona los requisitos y recomendaciones relativas al equipo eléctrico de las máquinas a fin de garantizar:

- la seguridad de personas y bienes;
- la coherencia en la respuesta de los mandos;
- la facilidad del mantenimiento.

UNE EN-ISO 12100 Seguridad de la maquinaria, Principios generales para el diseño y Evaluación del riesgo y reducción del riesgo.

La finalidad principal de esta norma internacional es que los diseñadores dispongan de una estructura y una guía general para las decisiones durante el desarrollo de máquinas que les permita producir máquinas que sean seguras para el uso previsto.

Directiva 2006/42/CE.

Esta directiva está referida directamente a la seguridad en máquinas, –Ámbito de aplicación- para las propias máquinas, componentes de seguridad, accesorios de elevación, cadenas cables y cinchas. Definiendo cada uno de los productos que lo componen, vigilancia en el mercado, comercialización y puesta en servicio, Marcado CE.

Directiva 2004/108/CE.

Relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros en materia de compatibilidad electromagnética.

La presente Directiva regula la compatibilidad electromagnética de los equipos. Busca garantizar el funcionamiento del mercado interior exigiendo que los equipos cumplan un nivel adecuado de compatibilidad electromagnética.

Directiva 2006/95/CE y sucesivas modificaciones.

Relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre el material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión.

CEI EN 61000-6-4 - Compatibilidad electromagnética. Norma genérica sobre la emisión.

Esta parte de la Norma IEC 61000 sobre los requisitos de emisión en materia de compatibilidad electromagnética se aplica a los aparatos eléctricos y electrónicos destinados a ser utilizados en los entornos industriales.

Esta norma cubre los requisitos de emisión en la gama de frecuencias de 0 Hz a 400 GHz.

4.-ANÁLISIS, CÁLCULO Y DISEÑO DE UN ELEVADOR DE COLUMNAS PARA VEHÍCULOS.

El tipo de elevador a estudiar, es el más común y dinámico existente en el mercado así como el más utilizado en talleres de reparación de vehículos (Fig.1.). Se trata de un elevador de dos columnas anclado al suelo. En cada una de las columnas sostiene un soporte en el que se instalan los brazos abatibles con el fin de poder situar los tacos en las zonas de apoyo del vehículo.

Se trata de un elevador accionado eléctricamente con la fuerza de un motor que se encuentra instalado en la parte alta de una de las columnas y transmite el movimiento al tornillo del interior de la misma columna con ayuda de un sinfín y un piñón unido al tornillo.

El tornillo transmite el movimiento al soporte de los brazos produciendo su elevación o descenso. El movimiento es transmitido de una columna a otra por medio de una cadena instalada en la parte baja de la columna y que se encuentra tapada y asegurada por medio de una chapa metálica. La otra columna, recibe el movimiento sobre otro tornillo que de igual manera, transmite el movimiento al soporte de los brazos.

Vamos a realizar el análisis, calculo y diseño tanto del motor necesario para realizar el movimiento como de las partes integrantes del propio elevador teniendo en cuenta la carga a la que será sometida estipulando un máximo de 2.500,00 Kg.

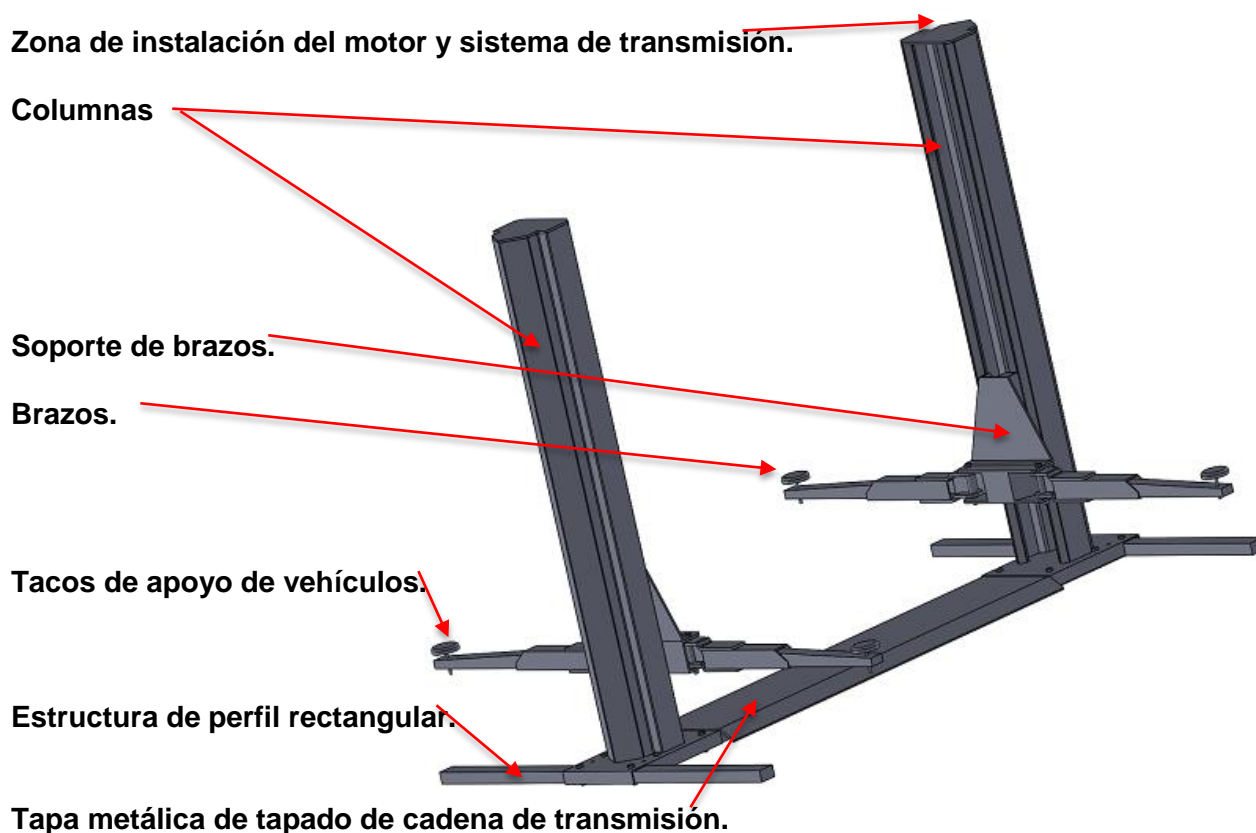


Fig.6. Elevador de dos columnas.

4.1 Cálculo del motor y sistema de transmisión.

El motor utilizado para generar el movimiento va a ser un motor eléctrico cuyas dimensiones y características se diseñan en el Anexo 3 escogiendo un motor con denominación comercial M2AA90S.

Para llegar a la elección de este motor, hemos realizado el cálculo del par del tornillo (M_{tornillo}) que nos da un valor de 38.992,96 Nmm, seguidamente hemos calculado el par del eje del motor ($M_{\text{eje motor}}$) con un valor de 4.332,55 Nmm de donde hemos conseguido un par de motor (M_{motor}) de 7,22 Nm.

Con la velocidad del tornillo y el paso del mismo, conseguimos la velocidad angular del mismo (ω_{tornillo}) 165 r.p.m. y con la relación de transmisión ($i_t = 9:1$), sacamos la velocidad en rpm del motor siendo 1.485.

Consultando el catálogo de motores trifásicos ABB, el motor con una velocidad de 1.500 r.p.m. y un par $M > 7,2$ Nm es el denominado M2AA90s.

Se especifican los cálculos en el Anexo 3.

Este motor, transmite la fuerza a un eje reductor con un sinfín que da movimiento a una rueda dentada o piñón cuyo eje conducido es el propio tornillo que provoca la subida o bajada del soporte de los brazos.

El reductor escogido según catálogos comerciales tiene 4 entradas. El piñón, 36 dientes y un diámetro de 140 mm, por lo que la relación de transmisión (i_t) es de 9:1.

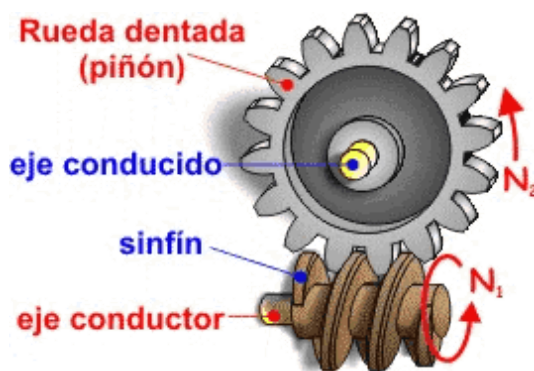


Fig.7. Sistema de transmisión del motor al piñón.

La transmisión de una columna a otra se realiza mediante un entramado de cadena que discurre por la parte baja del elevador, ver anexo 8.

Buscado en catálogos de piñones y cadenas comerciales, hemos fijado las dimensiones de los mismos escogiendo un piñón de diámetro medio de 134,4 mm y 32 dientes al que se une una cadena de paso 12,7 mm con un hueco interior de 7,85 mm ligeramente superior que el ancho del diente del piñón y una longitud de 3.200 mm.

4.2 Análisis estructural de los brazos.

Los brazos son los elementos en los que se apoya el vehículo a elevar. Se encuentran unidos en uno de sus extremos al soporte y en el otro extremo tienen un taco donde se apoya el vehículo. Están compuestos de un perfil en I, seguido de una estructura cuadrada hueca donde se aloja en el interior una sección maciza. Esta sección maciza no es fija y se desplaza en el interior del perfil cuadrado hueco para poder ajustar la longitud del brazo en función de las necesidades de posición del vehículo.

Estos brazos extensibles en su distancia más corta (650 mm) desde la sujeción al soporte del extremo y en su distancia más larga (945 mm) con el brazo recogido, se apoyan cada uno de ellos en los bajos del vehículo, en lugares estratégicamente diseñados y señalados por el fabricante.

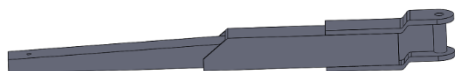


Fig.8. Brazo extendido.



Fig.9. Brazo recogido.

Cada columna del elevador, sostiene un carro que es el que recibe la transmisión del tornillo y se eleva o desciende.

Estos carros, sostienen dos brazos que se colocan en el mismo lateral del vehículo, uno en su parte delantera y otro en su parte trasera por lo tanto con los cuatro brazos, el vehículo queda apoyado en cuatro puntos quedando completamente estabilizado.

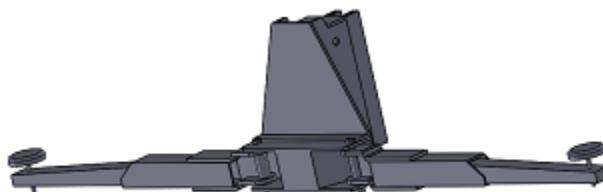


Fig.10.- Carro soporte con brazos de una columna.

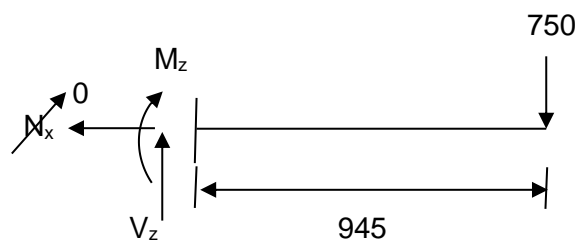
Para realizar el estudio del brazo, vamos a partir de la hipótesis del caso más desfavorable que se encontrara cuando el brazo este lo más extendido posible, con una distancia desde el bulón de unión al soporte hasta el apoyo en los bajos del vehículo de 945 mm.

Además de la distancia, realizaremos los cálculos con la mayor carga posible para la que ha sido diseñada el elevador a estudiar (2.500,00 kg). Teniendo en cuenta que de los dos brazos de un lado, uno está destinado a sustentar la parte delantera de uno de los lados del vehículo y el otro la parte trasera, realizaremos el reparto de pesos asignando un 60% a la parte delantera y un 40% a la parte trasera.

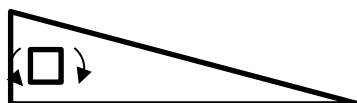
Por lo tanto, el caso más desfavorable y la fuerza más grande que soportara uno de los brazos será:

2.500,00 kg / 2 lados del vehículo: 1.250 kg.

60% de carga en la parte delantera de 1.250 kg: **750 kg.**



$$V_z = (750 \text{ kg}) (9,8 \text{ m/s}^2) = 7.350 \text{ N.}$$



$$M_z = (750 \text{ kg}) (9,8 \text{ m/s}^2)(945 \text{ mm}) = 6.945 \text{ Nm.}$$

El estudio completo de los brazos en su conjunto así como de las piezas que lo componen individualmente para determinar las dimensiones, materiales y características que deberían tener se realiza en el Anexo 4.

Los brazos están compuestos por varias piezas unidas como son:

- **Tapetas, superior e inferior.** Se trata de dos perfiles iguales convenientemente doblados con un orificio para el paso del bulón o perno que lo sustenta al soporte en uno de los extremos horizontales.

En el otro extremo horizontal, el perfil se une al perfil cuadrado que más adelante detallaremos.

Perpendicular a las tapetas y desde el alojamiento del bulón hasta el inicio del perfil cuadrado, se encuentra otro perfil con la misma curvatura que las tapetas y que se une a estas, haciendo un perfil en I.

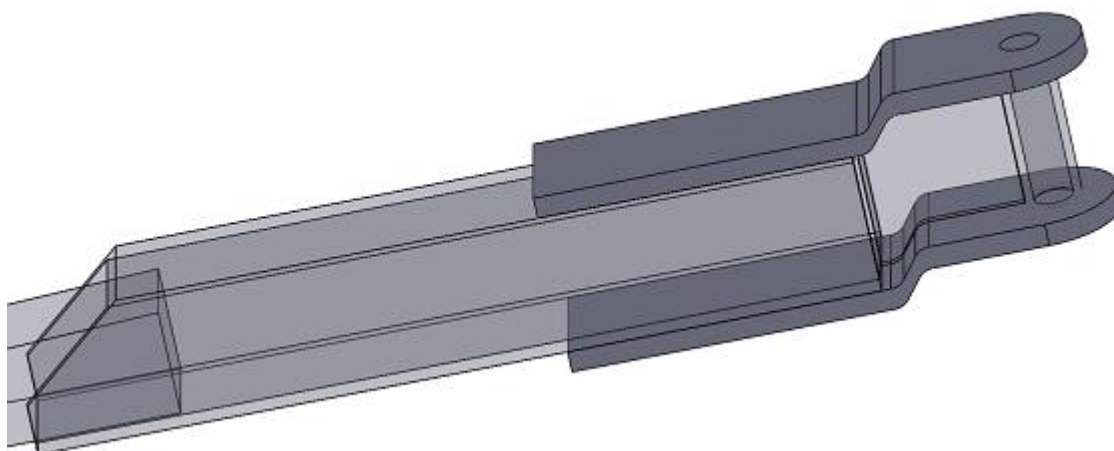


Fig.11. Detalle de las tapetas.

- **Perfil cuadrado de 80x80 y 5mm de espesor.**

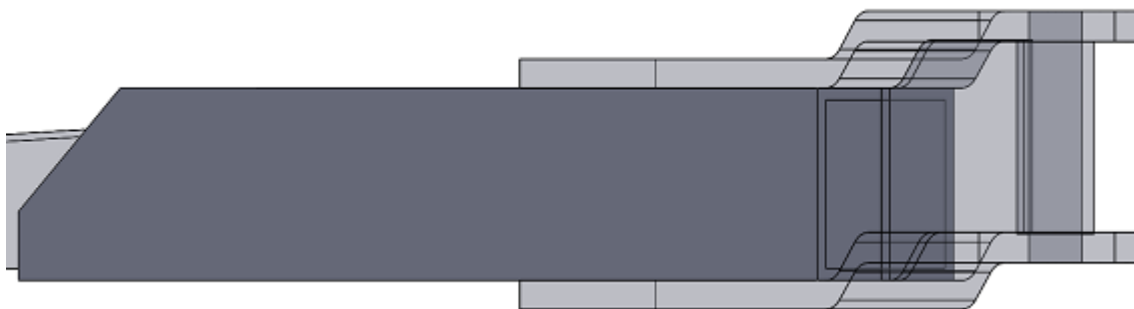


Fig.12. Detalle en diagonal del perfil cuadrado.

En el interior del perfil cuadrado, se encuentra el último tramo del brazo que es donde se aloja y por donde se introduce la sección maciza que detallamos seguidamente. De esta manera el brazo se alarga o acorta en función de la necesidad.

Como puede verse en el detalle, las orejetas llegan hasta la mitad de la longitud del perfil cuadrado, realizando el análisis en la zona en la que el perfil tiene soldadas las orejetas y en la zona en la que únicamente se encuentra el perfil cuadrado.

- **Sección maciza.** Se trata de una sección maciza metálica cuyo espesor disminuye en función de su longitud. La parte más ancha se encuentra en el interior del perfil cuadrado y la parte más estrecha en el lado opuesto donde se encuentran los orificios roscados destinados a alojar los tacos donde apoyara el vehículo finalmente.

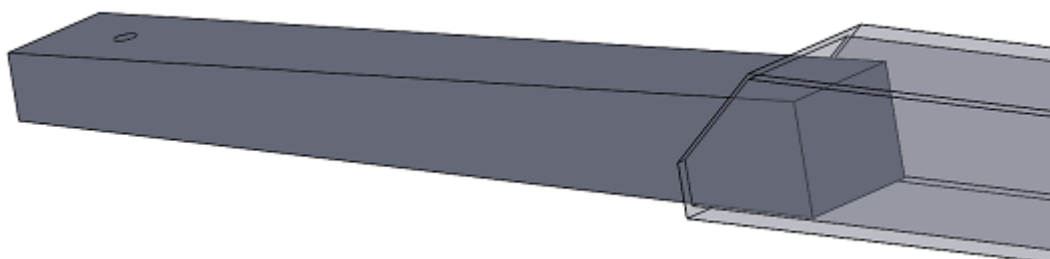


Fig.13. Detalle de la sección maciza.

- **Tacos de apoyo del vehículo.** Se trata de un soporte metálico circular donde en el interior se aloja el taco de caucho según la Norma UNE-EN ISO 1493:2010 para evitar el deslizamiento del mismo. En la parte inferior lleva un tornillo que se introduce en el alojamiento roscado de la sección maciza.



Fig.14. Detalle del taco.

Para ello, hemos realizado el corte por las diferentes secciones del brazo, desde la unión al soporte; perfil en I, pasando por la zona en la que se encuentra el perfil cuadrado y las tapetas superior e inferior, seguidamente en el propio perfil cuadrado y por último en la sección maciza.

Calculando los Momentos de Inercia (I_z) $I_z = \frac{bh^3}{12}$ de cada uno de los perfiles, conseguimos el valor de $W_z = \frac{I_z}{y}$, seguidamente calculamos $\sigma_y = \frac{M}{W_f}$ y $\tau_{\max} = \frac{\sigma_y}{2}$.

En base al Anexo A de la Norma UNE-EN ISO 1493:2010, el acero de construcción utilizado es de tipo A. En esta norma, hay tres clases diferentes de acero según su tensión de fluencia σ_y (S235, S275 y S355) a todos ellos se les aplica un coeficiente de seguridad (C_s) de 1,5.

Comparándolo después con la Tensión máxima admisible $\tau_{\max \text{ adm.}} = \frac{\sigma_f}{2 * C_s}$ para dicho material y en función del coeficiente de seguridad aplicado, comprobamos si los cálculos realizados son los correctos y el diseño soporta los esfuerzos en su punto más desfavorable cumpliendo en cada caso:

$$\tau_{\max} < \tau_{\max \text{ adm.}}$$

Se detallan todos los cálculos y procedimiento en el Anexo 4.

4.3.-Cálculo de diámetro del pasador mediante el fallo a cortadura del mismo y espesor de la placa de solape por aplastamiento.

Se trata del pasador que une el brazo al soporte del mismo y que permite que el brazo gire alrededor del eje de dicho pasador para poder ajustar el brazo a la zona de apoyo en el vehículo.

Su función es la de unir y asegurar la estabilidad de la estructura, así como de dotar de movimiento circular, al menos, en uno de los elementos que une. Reciben toda la fuerza en dirección perpendicular a su eje, así que mayoritariamente trabajan a cortante.

En la siguiente figura Fig.15. se muestran las fuerzas a las que son sometidos los brazos y que tiene que soportar el pasador.

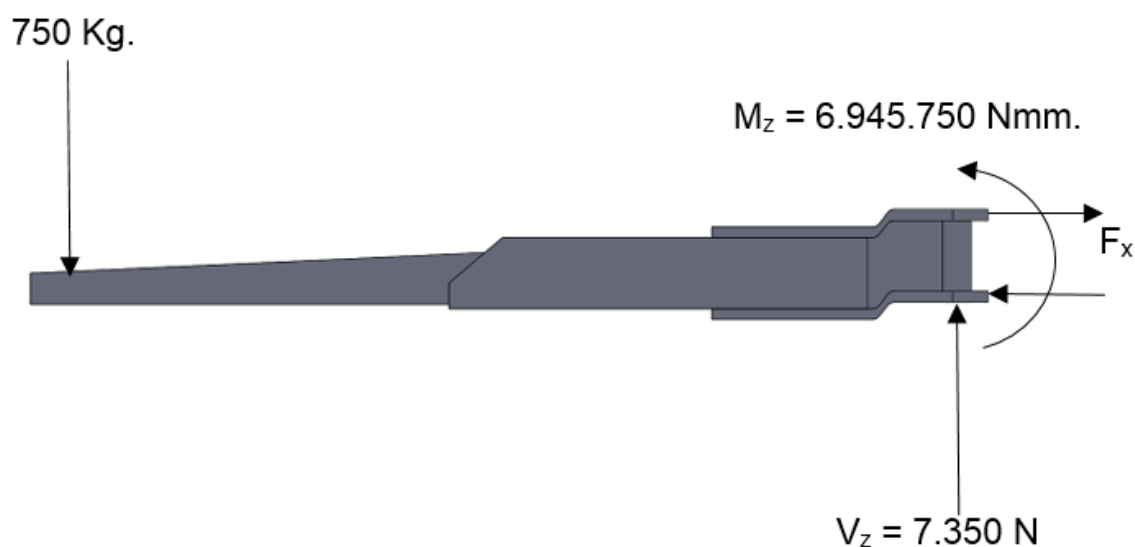


Fig.15. Fuerzas existentes en brazo.

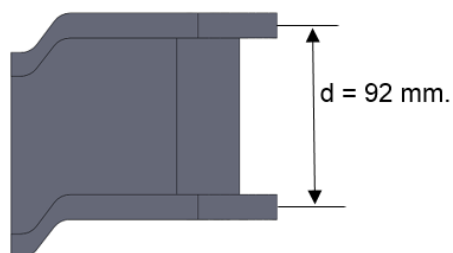


Fig.16. Distancia entre las fuerzas en mm.

El resultado de las fuerzas es el siguiente.

$$M_z = 2 F_x \frac{d}{2}$$

$$6945750 = F_x * 92$$

$$F_x = 75.497,28 \text{ N.}$$

Los cálculos realizados para obtener el diámetro necesario del pasador así como el espesor de la placa de solape para soportar los esfuerzos del pasador se detallan en el Anexo 5.

Según los cálculos realizados, el diámetro del pasador es de 22 mm eligiendo un perno de calidad 8.8 con una f_y de 640 MPa. en base al Anexo A de la Norma UNE-EN ISO 1493:2010, y un coeficiente de seguridad de 1,5.

Combinación de cargas	s	Clase f_y X	4.6	5.6	6.6	6.8	8.8	10.9
			240	300	360	480	640	900
A	1,5	σ_a	160	200	240	280	373	467
		τ_a	113	141	170	198	264	330
B	1,33	σ_a	180	225	270	315	420	525
		τ_a	127	159	191	223	297	371
C	1,25	σ_a	192	240	288	336	448	560
		τ_a	136	170	204	238	317	396

Tabla 2. Esfuerzos admisibles para pernos (en N/mm²).

El espesor calculado para la placa según los cálculos debería ser de 14,5 mm con un acero S355 y coeficiente de seguridad de 1,5.

De esta manera, el conjunto de las orejetas, sale más reforzado de lo calculado anteriormente en el apartado 4.1 corte por la sección A-A del Anexo 4.

4.4.-Cálculo de los pasadores que contienen los rodillos y que sustentan lateralmente el soporte de los brazos.

El soporte de los brazos, se une a los pilares apoyado sobre el tornillo sinfín que transmite el movimiento vertical. Los esfuerzos horizontales son soportados y transmitidos a los pilares a través de cuatro rodillos, dos en la parte superior y dos en la parte inferior. Los dos rodillos superiores se unen mediante un bulón que atraviesa el soporte y los rodillos inferiores de la misma manera.

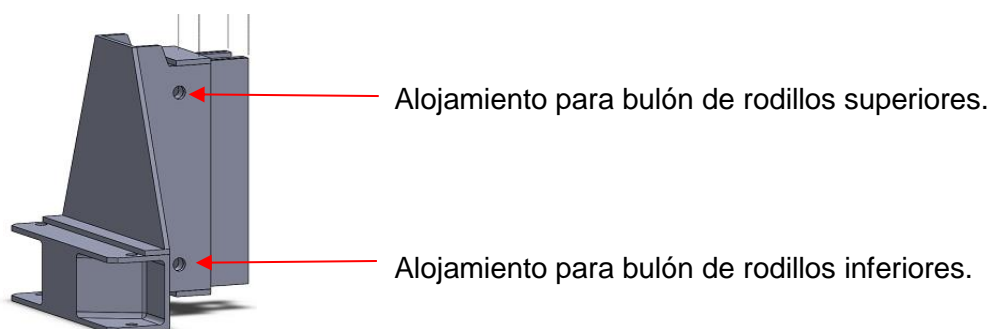


Fig.17. Detalle de los alojamientos de los bulones.

El cálculo de las dimensiones de dicho bulón así como comprobar si el soporte aguantaría las tensiones demandadas se realiza más detalladamente en el Anexo 6.

El diagrama de esfuerzos quedaría de la siguiente manera (Fig.18).

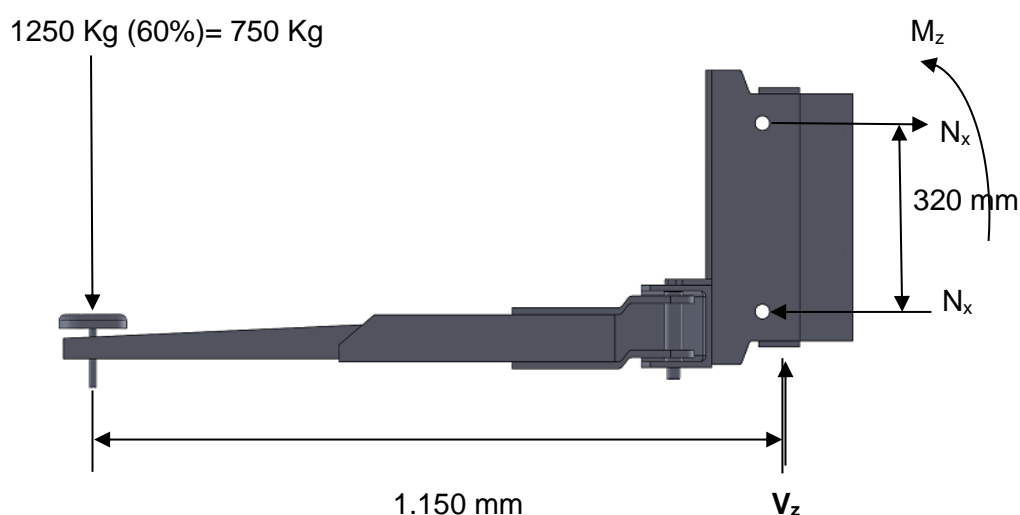


Fig.18. Esfuerzos soportados por los bulones.

$$V_z = (750 \text{ kg}) (9,8 \text{ m/s}^2) = 7.350 \text{ N.}$$

$$M_z = (750 \text{ kg}) (9,8 \text{ m/s}^2)(1150 \text{ mm}) = 8.452,5 \text{ Nm.}$$

$$M_z = 2 N_x \frac{d}{2}$$

$$8.452.500 = N_x * 320$$

$$N_x = 26.414,06 \text{ N.}$$

De esta manera las fuerzas N_x soportadas en los pasadores y los alojamientos del soporte tendrían un valor de 26.414,06 N.

La calidad y tipo del perno escogido sería, calidad 6.6 con una f_y de 360 MPa y coeficiente de seguridad de 1,5 y según los cálculos detallados en el Anexo 6, el diámetro óptimo tendría 17 mm. El espesor de la palca que lo sustenta sería de 10 mm con un acero de calidad S235 y coeficiente de seguridad 1,5.

4.5.-Cálculo del soporte de los brazos.

El soporte de los brazos está formado por varias piezas unidas entre sí mediante soldaduras. Se trata de un soporte completamente simétrico en el que hay que destacar las siguientes piezas:

- Soporte y alojamiento de los brazos (Pieza 2), es la unión directa con ellos.

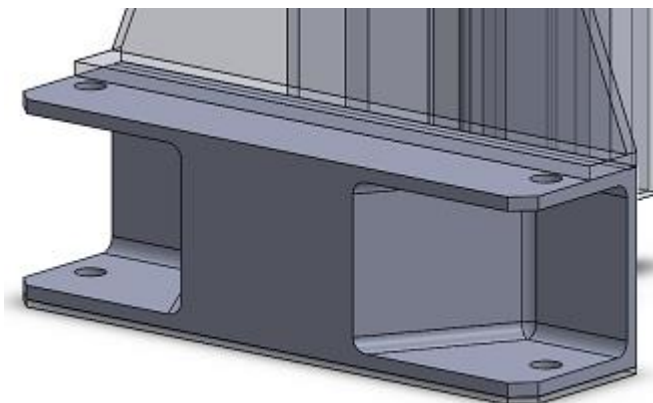


Fig.19. Detalle del alojamiento de los brazos.

- Base soporte instalada bajo el soporte de los brazos para dar mayor rigidez ya que como veremos más adelante, es la zona que más sufre. Se trata de una chapa de 5 mm de espesor.

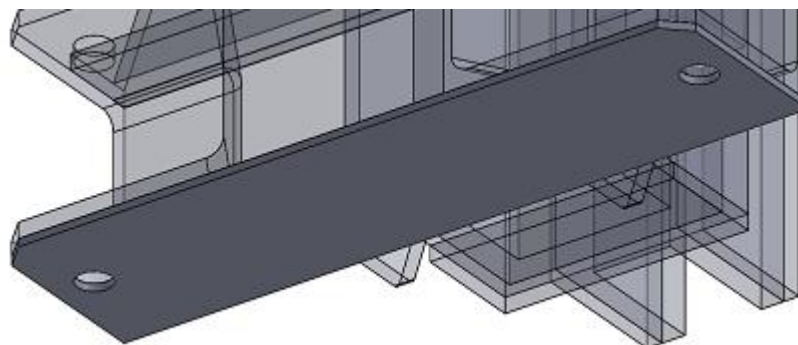


Fig.20. Detalle chapa bajo soporte.

- Laterales (Pieza 4) que soportan los bulones de los rodillos que sustentan transversalmente los esfuerzos contra las columnas.
Se trata de dos piezas simétricas dobladas convenientemente.

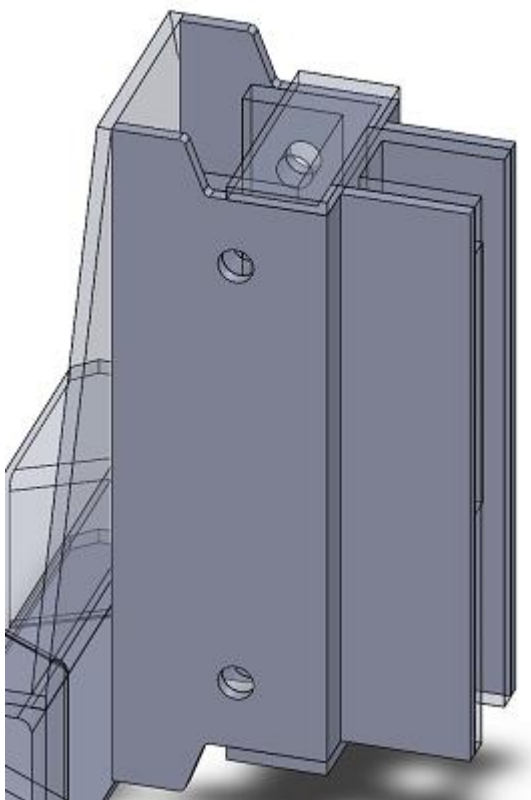


Fig.21. Detalle de las placas laterales.

- Perfil interior (Pieza 5) de sustentación de los bulones de los rodillos para dar rigidez al conjunto.

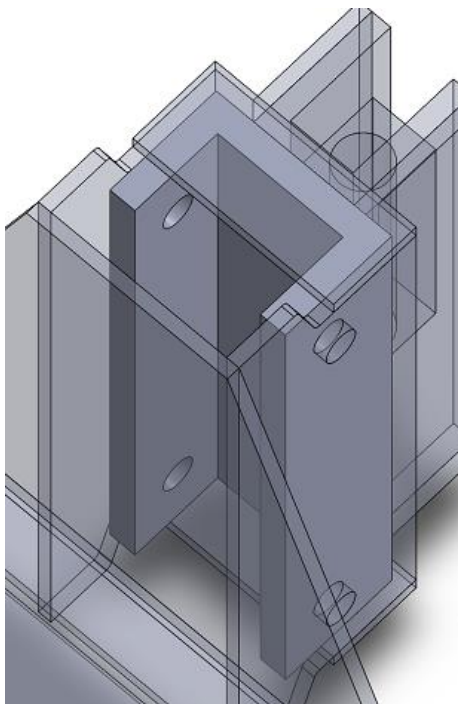


Fig.22. Detalle del perfil interior.

- Alojamiento roscado (pieza tornillo 1) para el tornillo donde recibe el movimiento del mismo.

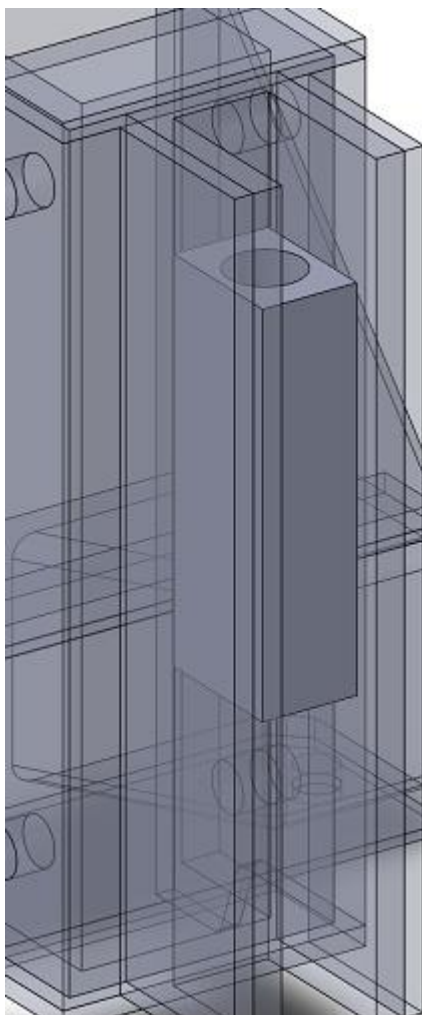


Fig.23. Detalle del alojamiento roscado para el tornillo.

- Placa frontal (Pieza 1) donde se unen la mayoría de las piezas del soporte.

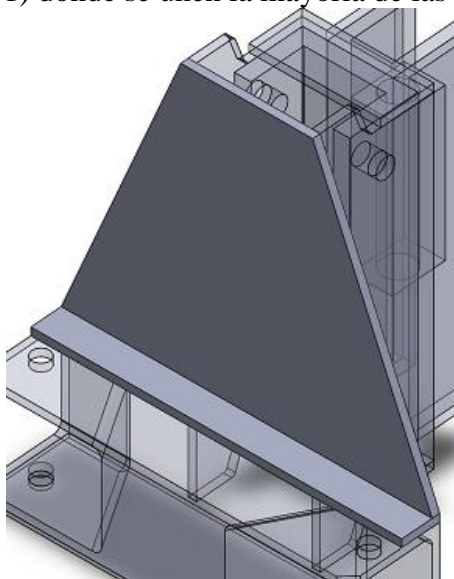


Fig.24. Placa frontal.

Debido a que el soporte está formado por diversas placas metálicas unidas entre sí mediante soldaduras, es difícil realizar el estudio de cada una de ellas por separado, para lo cual, hemos realizado el estudio de las mismas con ayuda del programa de cálculo SolidWorks mediante el cálculo de elementos finitos.

Debido a que se trata de un componente que tiene que soportar grandes esfuerzos, hemos elegido un material para todos ellos igual, siendo un S355 y un coeficiente de seguridad de 1,5.

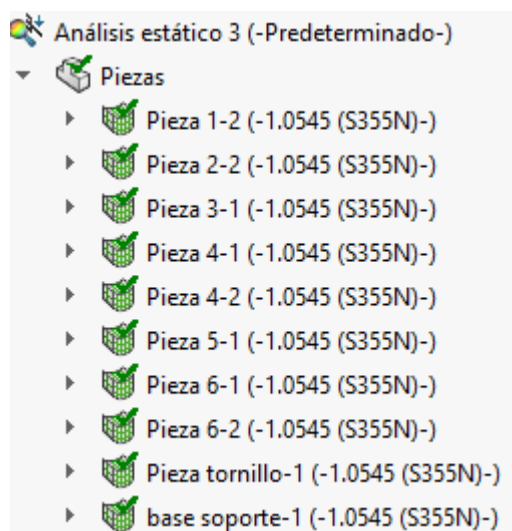


Tabla 3. Materiales de las diferentes piezas que conforman el soporte.

Los elementos armados del mecanismo se unirán mediante soldadura arco voltaica directa. Las soldaduras serán a tope con penetración total o en ángulo de 90° en función de cómo se unan las piezas y serán realizadas por profesionales especializados y competentes en la materia.

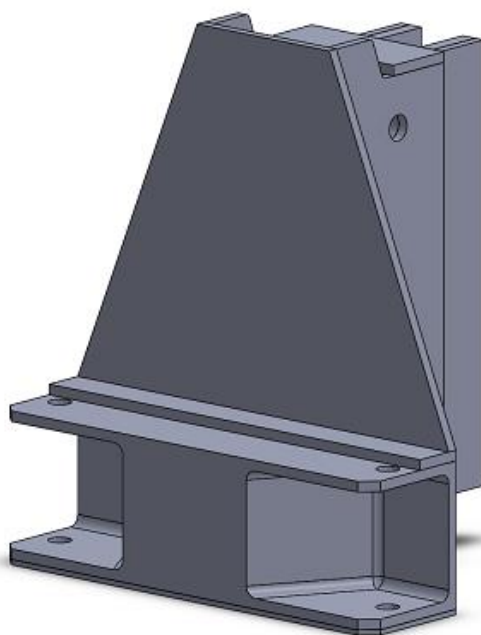


Fig.25. Soporte de los brazos.

Del estudio realizado y que se detalla en el Anexo 7, hemos podido determinar que las dimensiones de los elementos que componen el soporte de los brazos es el correcto así como el diseño del mismo.

Las tensiones máximas admitidas deberían ser de

$$\sigma = \frac{\sigma_f}{C_s} \quad \sigma = \frac{355}{1,5} = 236,66 \text{ MPa.}$$

Ejecutado el estudio de cálculo del programa SolidWorks, en base a los parámetros incluidos, el resultado para las tensiones soportadas es el siguiente:

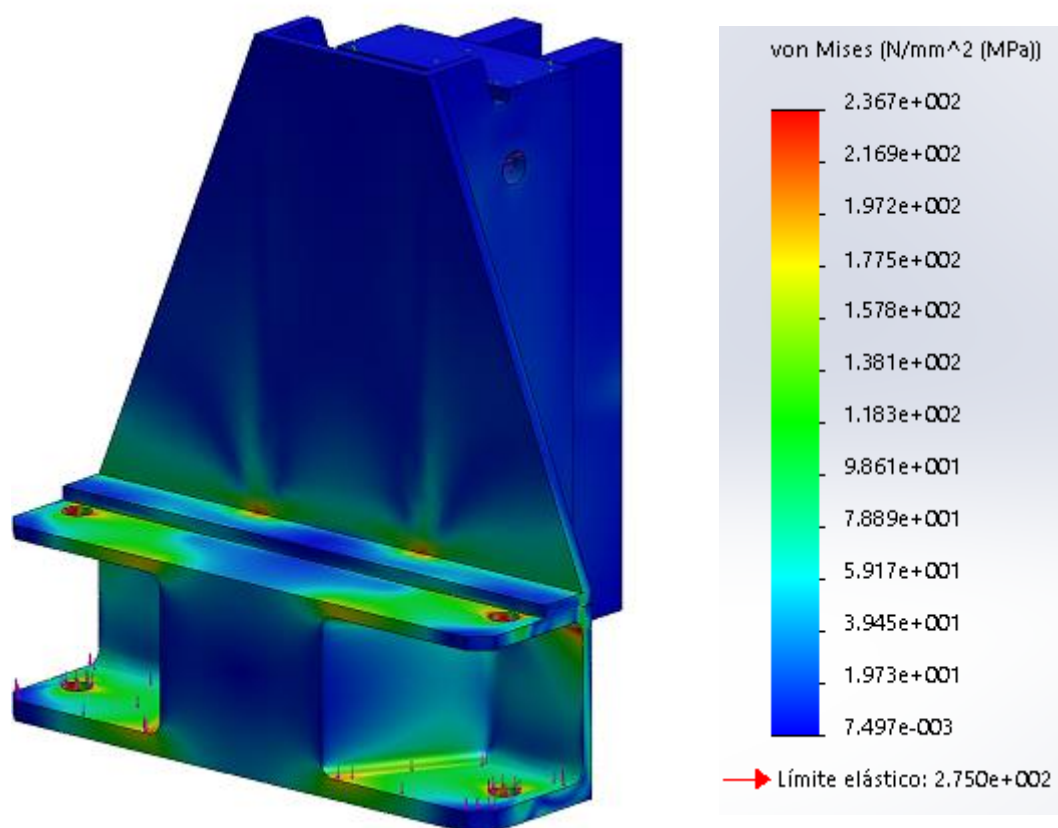


Fig.26. Esfuerzos sufridos.

Podemos comprobar en el estudio realizado que existen zonas en las que se producen esfuerzos que se encuentran alrededor de la zona de la tensión máxima, entendemos que se trata de zonas puntuales en las que se produciría una plastificación del material sin afectar a la estructura del componente.

En cuanto a los desplazamientos sufridos, vemos que el máximo se encuentra en las puntas inferiores del soporte donde se generan desplazamientos máximos de 0,429mm, valor que podríamos dar como aceptable.

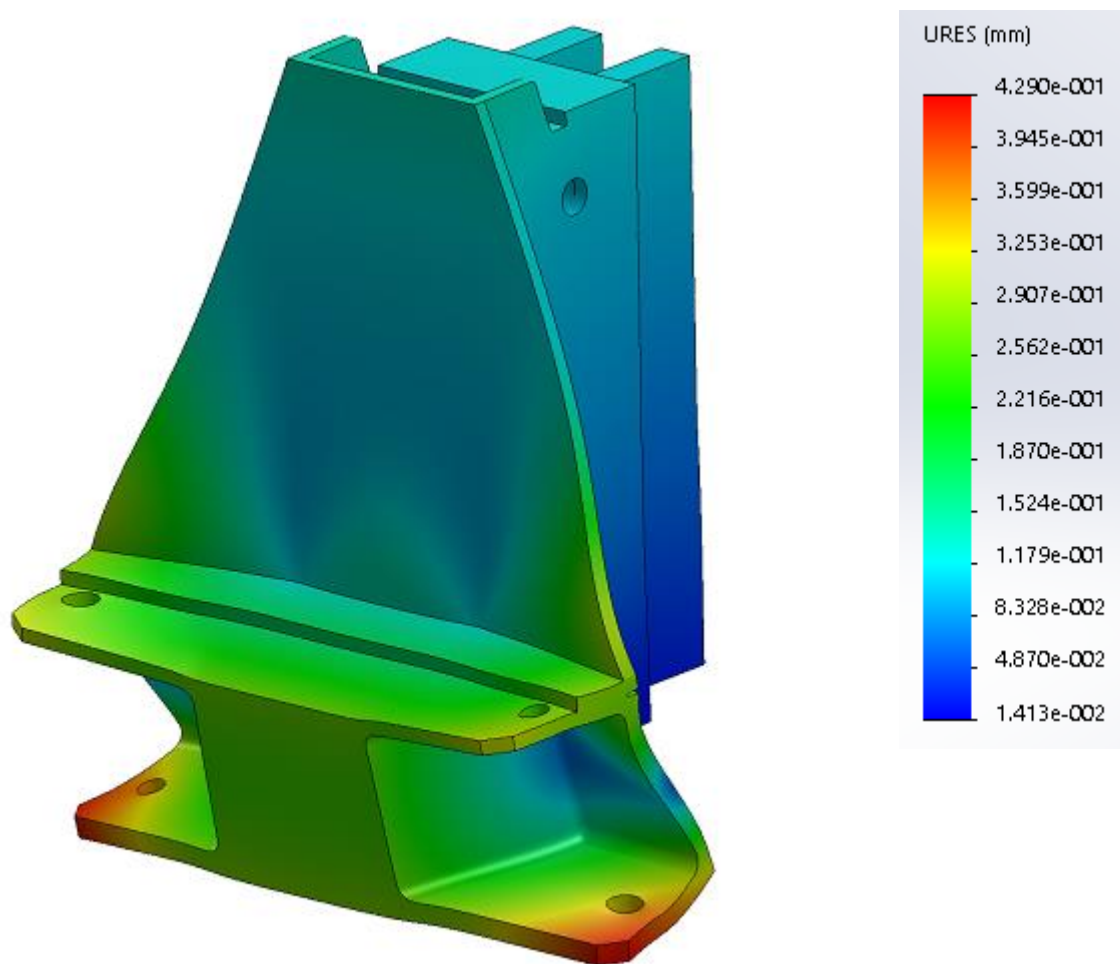


Fig.27. Desplazamientos.

Las tensiones soportadas son inferiores a las que podría soportar el acero elegido para su construcción, así como los desplazamientos son prácticamente despreciables.

4.6.-Cálculo de los pilares.

Al igual que ocurre con el soporte, los pilares se tratan de unos elementos del conjunto del elevador del que resulta complicado realizar un estudio teórico del mismo si no es con ayuda de un programa de diseño y cálculo de tensiones y deformaciones. En este caso nos hemos ayudado del programa SolidWorks al igual que para el estudio del soporte.

El pilar del elevador a diseñar está formado por una chapa de 5mm de espesor convenientemente plegada simétricamente para albergar en su interior el soporte de los brazos y el tornillo. El motor y sistema de transmisión al tornillo (sinfín y piñón), se situarán encima del pilar.

En su parte inferior, el pilar se encuentra unido por soldadura de arco voltaica directa a la tapa inferior que esta se une por medio de tornillería a la base de perfil. La soldadura de unión y al igual que en el soporte, serán a tope con penetración total y serán realizadas por profesionales especializados y competentes en la materia para asegurar una unión rígida.

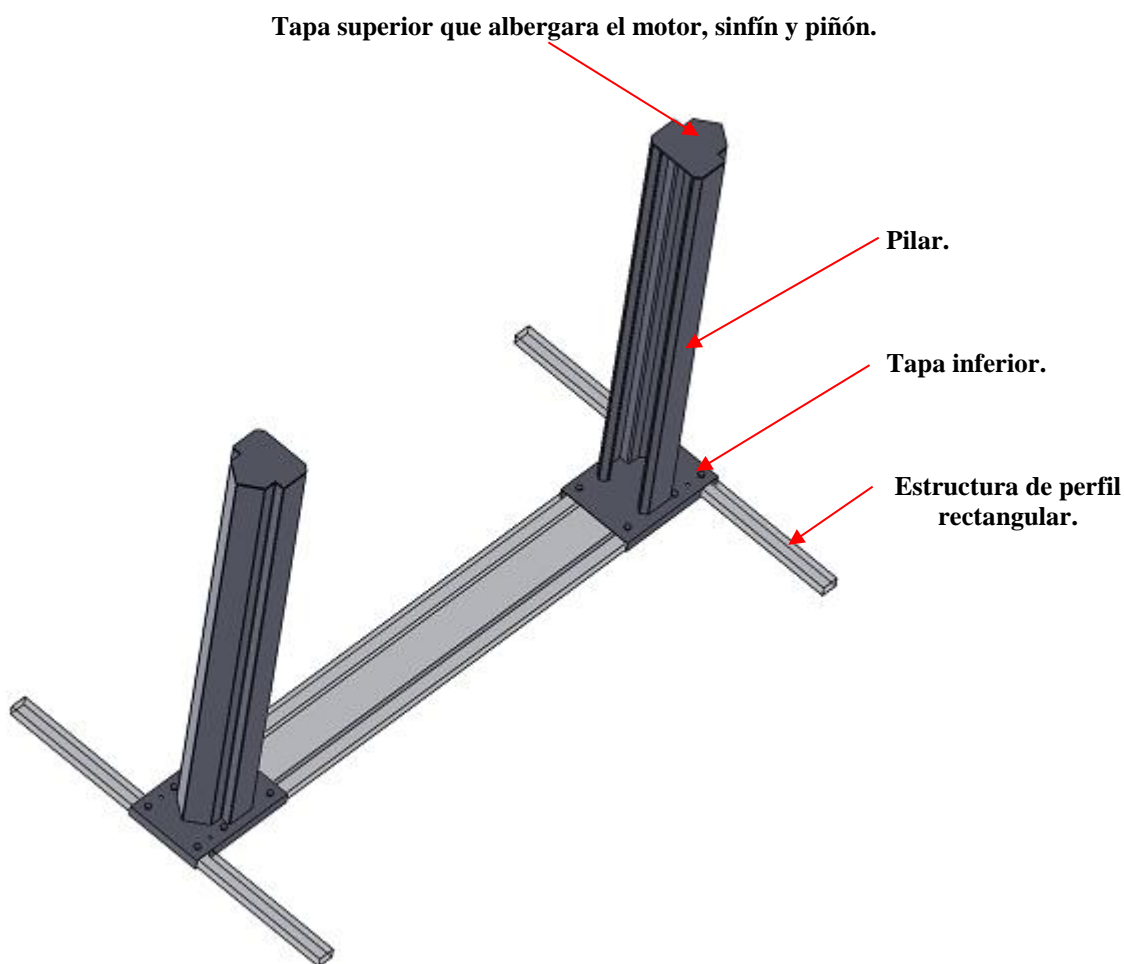


Fig.28. Detalle del conjunto.

En el interior del pilar, existen cuatro angulares metálicos a 90° y de espesor 5 mm donde se apoyan las 2 ruedas por lado que sustentan el soporte transversalmente aplicando unos esfuerzos horizontales sobre los pilares.

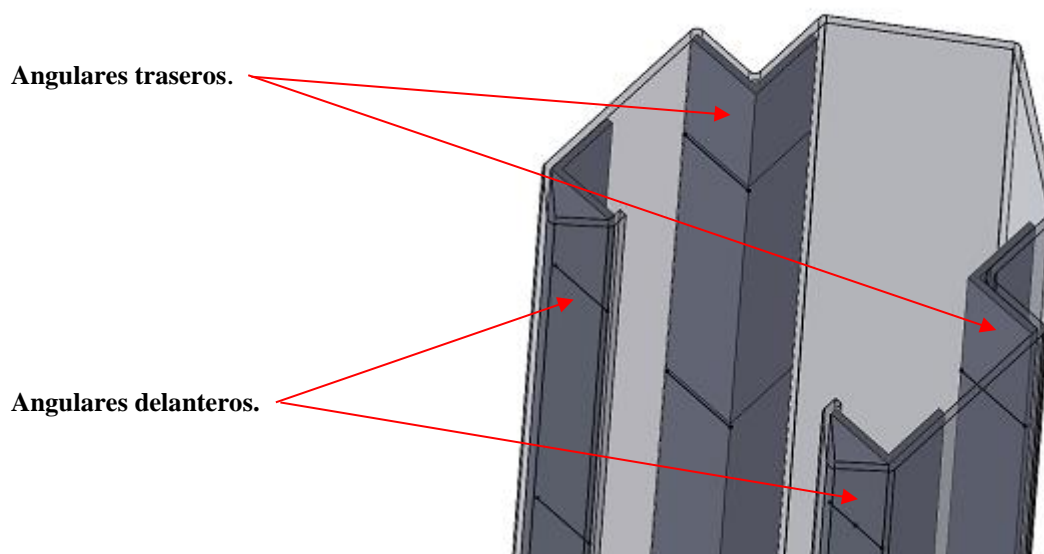


Fig.29. Detalle de los angulares.

Hemos realizado el estudio en los dos límites (superior e inferior) a lo largo de cuya distancia vertical el soporte de los brazos puede encontrarse trasladando esfuerzos al pilar en cualquier punto de esta distancia desde el punto más bajo al más alto.

El material utilizado tanto en los ángulos, pilar y la base, es un acero S75 al que hemos aplicado un coeficiente de seguridad de 1,5.

Piezas	
angulo-1	(-1.0490 (S275N)-)
angulo-3	(-1.0490 (S275N)-)
angulo2-1	(-1.0490 (S275N)-)
angulo2-2	(-1.0490 (S275N)-)
pilar-2	(-1.0490 (S275N)-)
tapa inferior-4	(-1.0490 (S275N)-)

Tabla 4. Detalle de los materiales.

Hemos aplicado la restricción del anclaje al suelo de la placa inferior ya que la sujeción de la misma mediante tornillería (6 tornillos), simula el empotramiento de la misma al suelo.

El estudio y los resultados obtenidos se detallan en el Anexo 8 donde se resuelve que las tensiones generadas tanto en la parte inferior como en la parte superior son inferiores a las tensiones admisibles para el material seleccionado, acero S275 así como los desplazamientos son prácticamente despreciables.

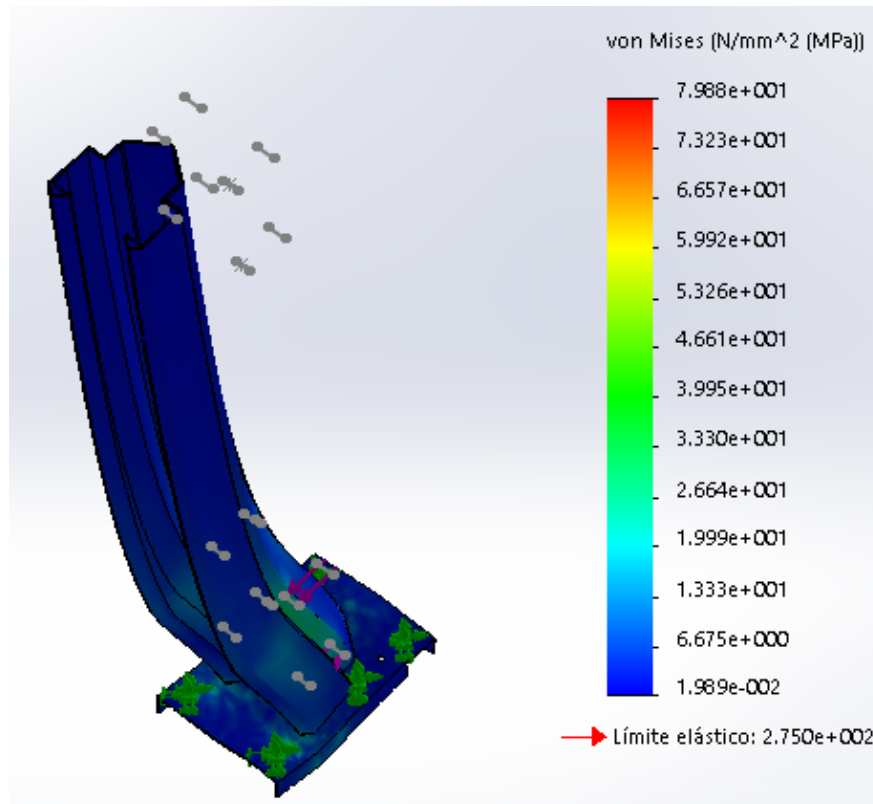


Fig.30. Tensiones con las fuerzas aplicadas en parte inferior.

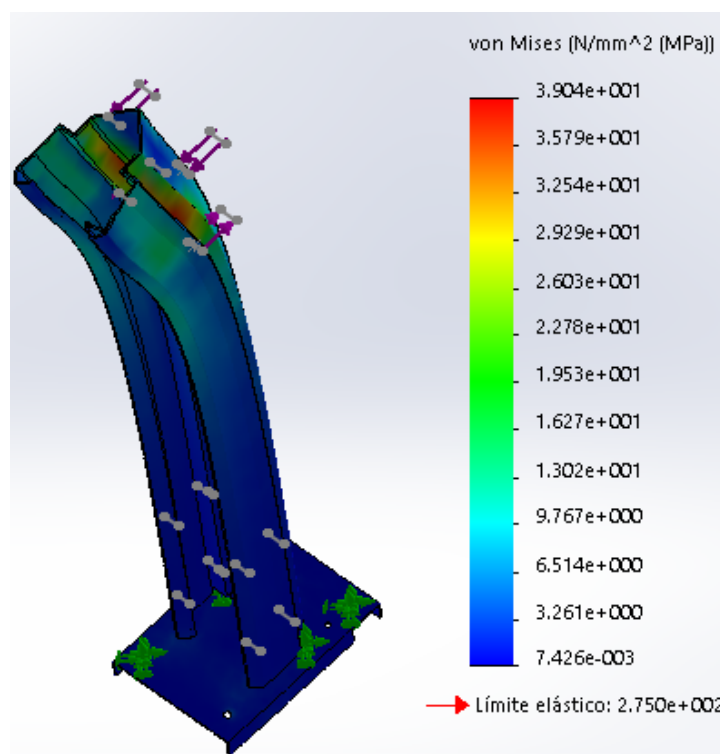


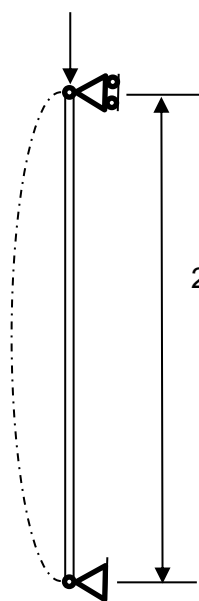
Fig.31. Tensiones con las fuerzas aplicadas en parte superior.

4.7. Cálculo de esfuerzos por pandeo del tornillo que transmite el movimiento al soporte de los brazos.

El tornillo que transmite el movimiento al soporte desde el motor, lo vamos a considerar como una columna apoyada en su parte inferior y articulada en la parte superior.

Realizaremos el cálculo de pandeo de la propia columna ya que recibe una fuerza vertical y hacia abajo de como máximo 12.250 N. Realizaremos el cálculo en su parte más desfavorable siendo esta la parte más alta teniendo una altura de 2.230 mm.

$$V_x = 1.2250 \text{ N}$$



2.230 mm.

$$V_x = \frac{2.500 \text{ Kg}}{2 \text{ columnas}} * 9,8 = 12.250 \text{ N.}$$

$$\varnothing_{\text{tornillo}} = 39 \text{ mm.}$$

$$I = \frac{\pi * d^4}{32} = 227.121,53 \text{ mm}^4.$$

Módulo de elasticidad del acero = E = 210 GPa.

$$P_{\text{cri}} = \frac{\pi E I}{L^2} = 30.131,29 \text{ N}$$

$$P_{\text{cri}} > V_x \quad 30.131,29 \text{ N} > 12.250 \text{ N}$$

El diámetro escogido para el tornillo (diámetro interior de la rosca), es correcto y suficiente ya que la fuerza crítica que puede soportar para el pandeo es de 30.131,29 N y la fuerza máxima soportada es inferior 12.250 N.

5.-CONCLUSIONES

El proyecto llevado a cabo es el resultado de la búsqueda de satisfacer una necesidad, que consiste tener una máquina que ayude a realizar el mantenimiento de vehículos para profesionales del sector.

Para tal objetivo se barajaron múltiples soluciones, materiales y elementos y se optó por la que podría ser más funcional.

Se trata de un elevador de doble columna, que en la actualidad es el más utilizado en talleres de vehículos debido a su sencillez, dinamismo y funcionamiento.

El estudio de este elevador se ha realizado desde un punto de vista teórico en cuanto a los cálculos y diseño realizado. En caso de llevar a la práctica su fabricación y funcionamiento cabe la posibilidad de modificación de diseño, cálculo y elección de materiales para su buen ajuste y funcionamiento.

Una vez que se tiene el diseño finalizado y se va a comenzar a construir, este cambia muchas veces durante el proceso, ya que existen muchos factores que van surgiendo y obligan al diseñador a realizar cambios. Pueden ocurrir cosas como que los materiales que no están disponibles en el mercado o tan sencillo como que a veces es mejor comprar una pieza que fabricarla o viceversa, así como el simple hecho de tener que modificar algún parámetro del diseño inicial.

Durante el proyecto se aprende cómo funciona el mundo real, ya que es un aprendizaje que no se enseña en ningún aula de clase, sino que hay que pasar por ello para tener esa experiencia.

Por lo que se puede concluir que una vez que se tiene un diseño listo ya para la construcción, este debería estar sujeto a ligeros cambios que permitan una construcción exitosa del elevador proyectado.

6.-BIBLIOGRAFIA

- Apuntes asignatura Resistencia de Materiales.
- Criterios de Diseño de Maquinas, Javier Abad Blasco, Paula Canalis Martinez, Antonio Serrano Nicolás, Área de Ingeniería Mecánica.
- James M.Gere, Timoshenko 5ª Edición, 2009, Paraninfo.
- Directiva 2004/108/CE.
- Directiva 2006/95/CE.
- UNE EN-ISO 12100.
- UNE EN 1493.
- UNE EN 60204-1.
- CEI EN 61000-6-4.
- Catálogo de piñones JOCAR TRANSMISIONES S.L.
- Catálogo de cadenas JOCAR TRANSMISIONES S.L.
- Catálogo general de motores trifásicos MEB S.A.
- Catálogo de motores eléctricos trifásicos ABB.