



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

DISEÑO Y CÁLCULO DE UN MECANISMO ELEVADOR DE VEHÍCULOS

Alumno: Antonio Torres Maldonado

Tutor: Luis Felipe Sesé

Tutor: Daniel Carazo Álvarez

Depto.: Ingeniería mecánica y minera

Junio, 2016

Índice general

1. Introducción	1
2. Memoria	2
2.1. Objeto	2
2.2. Alcance	2
2.3. Antecedentes	2
2.3.1. Introducción	2
2.3.2. Partes de un elevador	6
2.3.3. Sistema de seguridad	7
2.4. Normas y referencias	8
2.4.1. Disposiciones legales y normas aplicadas	8
2.4.2. Programas de cálculo	8
2.4.3. Bibliografía	9
2.5. Requisitos de diseño	9
2.6. Análisis de soluciones	11
2.6.1. Posición más desfavorable	11
2.7. Resultados finales	12
2.8. Planificación	14
2.9. Orden de prioridad entre los documentos	14
3. Anexos	15
3.1. Documentación de partida	15
3.2. Cálculos	19
3.2.1. Variables en posiciones de interés	19
3.2.2. Cálculo de reacciones	21
3.2.3. Dimensionado	26
3.2.4. Análisis por elementos finitos	38
3.2.5. Resultados obtenidos análisis	42
3.2.6. Comparativa de cálculos	45
3.3. Estudios con entidad propia	45
3.3.1. Estudio básico de seguridad y salud	45
4. Planos	49
5. Pliego de condiciones	50
5.1.1. Objetivo	50
5.1.2. Calidad de los materiales empleados	50
5.1.3. Normas de ejecución	52
5.1.4. Taller ejecutor	56

6. Mediciones	57
7. Presupuesto	58

Índice de tablas

Tabla 1: Planning	14
Tabla 2: Tipos de vehículo. Norma UNE-EN 1493:2011	16
Tabla 3: Características de los aceros en N/mm^2 . Norma UNE-EN 1493:2011	17
Tabla 4: Esfuerzos admisibles aceros. Norma UNE-EN 1493:2011	17
Tabla 5: Esfuerzos admisibles para los pernos en N/mm^2 . Norma UNE-EN 1493:2011	18
Tabla 6: Presión de apoyo en N/mm^2 . Norma UNE-EN 1493:2011	19
Tabla 7: Variables del elevador Caso 1	20
Tabla 8: Variables del elevador Caso 2	20
Tabla 9: Variables del elevador Caso 3	20
Tabla 10: Variables del elevador Caso 4	21
Tabla 11: Reacciones en sus componentes x e y	25
Tabla 12: Modulo de las reacciones	25
Tabla 13: Esfuerzos máximos perfil ED	27
Tabla 14: Características y propiedades de perfiles tubulares	28
Tabla 15: Acero S275. Norma UNE-EN 1493:2011	28
Tabla 16: Cálculo de tensiones perfil ED	29
Tabla 17: Esfuerzos máximos plataforma superior	30
Tabla 18: Propiedades de la plataforma superior. Norma UNE EN-1493:2011	31
Tabla 19: Cálculo de tensiones plataforma superior	31
Tabla 20: Pernos elegidos	32
Tabla 21: Esfuerzos admisibles pernos elegidos	32
Tabla 22: Análisis 1 de los pernos elegidos	33
Tabla 23: Análisis 2 de los pernos elegidos	33
Tabla 24: Análisis 3 de los pernos elegidos	34
Tabla 25: Carrera del cilindro hidráulico	35
Tabla 26: Datos de un catálogo de cilindros	36
Tabla 27: Coordenadas de los puntos de la estructura	38
Tabla 28: Comparativa de cálculos	45
Tabla 29: Calidad de los materiales empleados	52
Tabla 30: Mediciones	57
Tabla 31: Coste material y peso del conjunto	59
Tabla 32: Mano de obra	60
Tabla 33: Presupuesto final	60

Índice de figuras

Figura 1: Elevador de dos columnas	3
Figura 2: Elevador de cuatro columnas	3
Figura 3: Elevador tijera	5
Figura 4: Elevador de dos cilindros	5
Figura 5: Ejemplo elevador tijera real	6
Figura 6: Sistema de seguridad de dos cilindros hidráulicos	7
Figura 7: Sistema de seguridad tipo sierra	7
Figura 8: Disposición de las plataformas	10
Figura 9: Croquis de la estructura	11
Figura 10: Carrera del cilindro	12
Figura 11: Elevador doble tijera modelado	13
Figura 12: Reacciones en el perfil AB	21
Figura 13: Reacciones en el perfil AD	22
Figura 14: Reacciones en el perfil BC	23
Figura 15: Reacciones en el perfil DE	23
Figura 16: Reacciones en el perfil CF	24
Figura 17: Ejes de referencia perfil tubular	26
Figura 18: Diagrama de axiles perfil ED	26
Figura 19: Diagrama de cortantes perfil ED	27
Figura 20: Diagrama de momentos flectores perfil ED	27
Figura 21: Diagrama de axiles plataforma superior	29
Figura 22: Diagrama de cortantes plataforma superior	30
Figura 23: Diagrama de momentos flectores plataforma superior	30
Figura 24: Propiedades del cilindro hidráulico	35
Figura 25: Diagramas de pandeo y fuerza de empuje del cilindro hidráulico	35
Figura 26: Subida del elevador esquema hidráulico	37
Figura 27: Descenso del elevador esquema hidráulico	37
Figura 28: Dibujado de los perfiles en elementos finitos	37
Figura 29: Asignación de propiedades del material	38
Figura 30: Dimensiones de las secciones	38
Figura 31: Mallado 1	39
Figura 32: Mallado 2	39
Figura 33: Condiciones de contorno	40
Figura 34: Fuerzas resultantes mediante elementos finitos	41
Figura 35: Tensiones Von Mises mediante elementos finitos	41
Figura 36: Desplazamiento resultante mediante elementos finitos	42
Figura 37: Desplazamiento en X mediante elementos finitos	42
Figura 38: Desplazamiento en Y mediante elementos finitos	42
Figura 39: Zonas sometidas a tracción mediante elementos finitos	43
Figura 40: Zonas sometidas a compresión mediante elementos finitos	43
Figura 41: Unión de los puntos G y H	52
Figura 42: Unión de los puntos B y F	53
Figura 43: Unión de los puntos A y E superior	53
Figura 44: Unión de los puntos A y E inferior	53
Figura 45: Unión del punto A cilindro	54
Figura 46: Unión del punto I cilindro	54

Figura 47: Unión de los puntos C y D	55
Figura 48: Unión de las orejetas de los perfiles	55
Figura 49: Unión de las orejetas de los perfiles y de la orejeta del cilindro	56
Figura 48: Barras antitorsi3n.	56

1. Introducción

Según la normativa vigente regulada por la Universidad de Jaén, y concretamente por la Escuela Politécnica Superior de Linares para la obtención del título de cualquier Grado de Ingeniería Industrial y adaptado según el R.D. 1393/2007 de 29 de Octubre y modificado por el R.D. 861/2010 de 2 de Julio, es necesario haber conseguido el total de créditos y asignaturas exigidos por dicha Universidad, y por tanto, superar un Trabajo Fin de Grado.

El Trabajo Fin de Grado (TFG), además de ser una de las condiciones obligatorias y necesarias para conseguir el título en Grado en Ingeniería Mecánica (en este caso), intenta abordar un trabajo o estudio, teórico y/o experimental, igual o similar, a los trabajos que en un futuro pueden llegar a desempeñarse al ejercer la profesión de ingeniero. La ingeniería es el conjunto de conocimientos y técnicas científicas, empíricas y prácticas aplicadas a la invención, el diseño, el desarrollo, la construcción, el mantenimiento y el perfeccionamiento de tecnologías, estructuras, máquinas, herramientas, sistemas, materiales y procesos para la resolución de problemas prácticos, que en el presente TFG se encuentran a medida que se desarrolla.

Este presente TFG, realizado por el alumno Antonio Torres Maldonado, en el curso 2015-16, con título “Diseño y cálculo de un mecanismo elevador de vehículos” de temática perteneciente al Departamento de Ingeniería Mecánica y Minera de la Universidad de Jaén, está dirigido por el profesor D. Luis Antonio Felipe Sesé y codirigido por el profesor D. Daniel Carazo Álvarez.

Se desarrollarán y analizarán todos los pasos a seguir para la construcción de un elevador de vehículos, pasando por etapas como el cálculo analítico, el dimensionado y la elaboración del presupuesto.

2. Memoria

2.1. Objeto

El objeto de este Trabajo de fin de grado, es el cálculo y dimensionado de un elevador tipo tijera analizando resultados obtenidos mediante un cálculo analítico y un cálculo mediante técnicas numéricas, en este caso el método por elementos finitos.

Una vez superado las asignaturas que se exigen para poder realizar el TFG el autor decidió realizarlo de un elevador tipo tijera, en este caso, doble tijera. Ya que pareció un sistema interesante de ser estudiado y que con un estudio más exhaustivo que podría servir en un futuro para su vida laboral. Ya que se cree que en este campo de elevadores hay un gran abanico de posibilidades de realizar un elevador, teniendo en cuenta materiales, vehículos a elevar, tonelaje a elevar, etc, por lo que estudiando todos estos factores podríamos abaratar/mejorar precios, calidad, y funcionalidad de los que ya hay en el mercado.

Por lo tanto, este trabajo es un reto tanto académico como personal para el autor.

2.2. Alcance

El alcance de este Proyecto es analizar, calcular y presupuestar un elevador de doble tijera. Este proyecto no tiene especificado una empresa o ubicación para su construcción por lo que se ha diseñado desde un punto de vista de fabricación e instalación universal.

2.3. Antecedentes

2.3.1. Introducción

Se le llama a un elevador de vehículos a todo un conjunto de elementos o maquinaria, que permita desplazar una carga de manera vertical, ya sea por medio de una energía hidráulica, neumática, eléctrica o mecánica para poder realizar tareas de mantenimiento o reparación en el vehículo. Los elevadores más destacados y que son señalados por la norma son:

1. Elevador doble columna

- ✖ Desventajas: vida útil de 10-15 años, las columnas pueden afectar al trabajo y disminuir la productividad.
- ✓ Ventajas: menor coste, instalación rápida sin excavar, no tiene porque ubicarse en un sitio fijo, requiere poco espacio para su instalación.

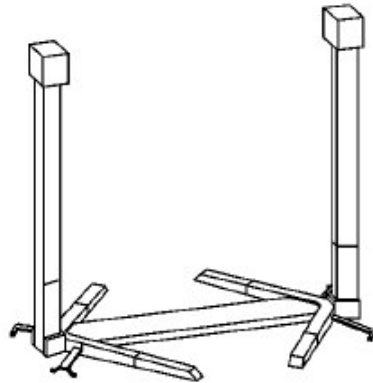


Figura 1.- Elevador de dos columnas

2. Elevador de cuatro columnas

- ✖ Desventajas: vida útil de 10-15 años, las columnas pueden afectar al trabajo y disminuir la productividad, requiere bastante espacio para su instalación.
- ✓ Ventajas: menor coste, instalación rápida sin excavar, no tiene porque ubicarse en un sitio fijo.

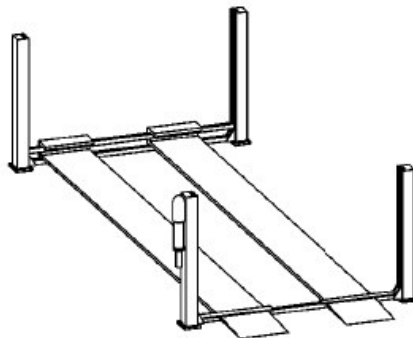


Figura 2.- Elevador de cuatro columnas

3. Elevador tijera

- ✗ Desventajas: vida útil de 10-15 años, el sistema de elevación puede afectar al trabajo y disminuir la productividad, requiere bastante espacio para su instalación.
- ✓ Ventajas: no hay columnas fijas, versátil ya que puede ser portátil, fácil instalación, buen acceso al centro del vehículo, bajo coste.

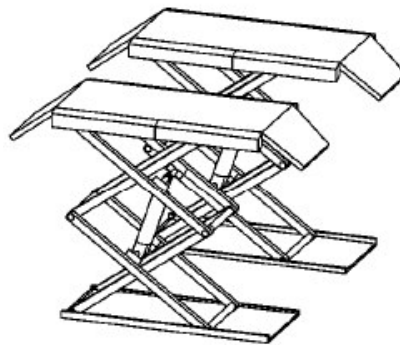


Figura 3.- Elevador tijera

4. Elevador de dos cilindros

- ✗ Desventajas: posición fija, es muy caro.
- ✓ Ventajas: ocupa menos espacio que otros elevadores, proporciona mayor espacio de trabajo, vida útil de 30 años o más.

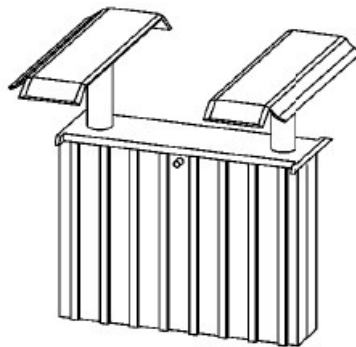


Figura 4.- Elevador de dos cilindros

A la hora de elegir el elevador del presente TFG se han tenido en cuenta cuatro importantes criterios de selección:

- Ergonomía: cómodo a la hora de trabajar, es decir, buena relación humano-máquina-ambiente.
- Productividad: que pueda trabajar con un amplio rango de vehículos.
- Rentabilidad.
- Coste.

Para la realización del TFG se ha considerado más interesante el elevador tijera dado que la verificación de la integridad mecánica es más compleja. Por lo que a partir de este momento se centrará en desarrollar características de este tipo de elevador.

Actualmente existen diversas marcas que comercializan elevadores de tijera, algunas de las mejor posicionadas en este mercado son:

1. RSF maquinaria - 

[Enlace web RSF Maquinaria](#)

2. TWIN Busch - 

[Enlace web TWIN Busch](#)

3. LAUNCH Ibérica - 

[Enlace web LAUNCH Ibérica](#)

El coste de un elevador está directamente relacionado con su capacidad para poder elevar determinados tipos de vehículos, lo que técnicamente se traduce en la carga máxima que pueda soportar.

En el presente documento se emplea como referencia el elevador de la marca RSF modelo XT-300, dado que sus características técnicas, son similares a las que se pretenden conseguir aquí, con el objetivo de igualar y optimizar sus características.



Figura 5.- Ejemplo elevador tijera real

2.3.2. Partes de un elevador

Un elevador tijera consta de:

- Perfiles tubulares, conectados mediante pasadores o ejes cilíndricos. Su función es la soportar el peso del vehículo, transmitiéndolo desde la base superior hacia la base inferior, además de permitir el movimiento de elevación mediante un mecanismo de pliegue sobre sí mismas.
- Base superior: plataforma en la cual se apoya el vehículo. Contiene unas guías para los ejes cilíndricos del mecanismo (apoyos tipo rodillo).
- Base inferior: apoyo fijo de todo el mecanismo, la cual contiene unas guías para los ejes cilíndricos que tiene nuestro mecanismo (apoyos tipo rodillo).
- Cilíndrico hidráulico: encargado de ejercer la fuerza necesaria para poder elevar el vehículo.
- Elementos de unión como ejes cilíndricos, pasadores, casquillos, arandelas, etc.
- Elemento de seguridad. Estos actuarán en caso de fallo del cilindro hidráulico.

2.3.3. Sistema de seguridad

Para que el sistema diseñado sea viable y un operario pueda trabajar de manera segura, se debe de diseñar un sistema de seguridad.

En la búsqueda bibliográfica de los diferentes fabricantes y talleres mecánicos, ya que la norma no es muy específica y deja libre elección en este apartado, se han encontrado dos soluciones aplicables al elevador elegido (de doble tijera) son:

- Dos sistemas hidráulicos independientes y cruzados



Figura 6.- Sistema seguridad de dos cilindros hidráulicos

- Sistema de sierra



Figura 7.- Sistema de seguridad tipo sierra

En este caso, se ha optado por la primera opción, ya que es más seguro tener dos cilindros, ya que si uno falla el otro se pondría en funcionamiento. La segunda opción sería más compleja para analizar, dimensionar, ya que esa pieza tendría que soportar una carga considerable.

Los circuitos hidráulicos están diseñados de tal modo que, si falla una de las conducciones, la conducción restante puede soportar la carga. En este supuesto, las plataformas se pueden bajar, pero no son posibles posteriores movimientos de elevación.

Cada cilindro principal de elevación también dispone de una válvula de seguridad anticaída que detiene cualquier movimiento en caso de producirse un fallo en el circuito hidráulico (por ejemplo si se corta un manguito).

2.4. Normas y referencias

2.4.1. Disposiciones legales y normas aplicadas

Las normas aplicadas en este TFG han sido:

UNE 157001:2014. “Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico.”

UNE-EN 1493:2011. “Elevadores de vehículos.”

UNE-EN ISO 14731:2008. “Coordinación del soldeo. Tareas y responsabilidades.”

UNE-EN ISO 6520-1:2009. “Soldado y técnicas afines. Clasificación de las imperfecciones geométricas en los materiales metálicos. Parte 1: Soldado por fusión.”

2.4.2. Programas de cálculo

Para el desarrollo y elaboración de este Proyecto, se han utilizado varios programas de cálculo. La base del cálculo inicia con una hoja de cálculo elaborada para la obtención de las fuerzas de actuación en cada perfil del sistema elevador, seguidamente éstas cargas/esfuerzos se utilizarán para poder analizar la sección de los elementos a dimensionar para así poder obtener diagramas de axiles, cortantes, momentos flectores y por último dimensionar los elementos deseados. Una vez se tiene toda esta información, se puede proceder a realizar un estudio mediante elementos finitos del elevador, en el que se verifica y analiza los resultados obtenidos anteriormente.

2.4.3. Bibliografía

- Normativa Española sobre la elaboración de proyectos.
- Páginas webs de fabricantes elevadores tipo tijera.
- Catálogos de perfiles tubulares de acero.
- Catálogos de casquillos.
- Catálogos de pasadores.
- Apuntes de la asignatura impartida en la EPS de Linares: Proyectos.
- Apuntes de la asignatura impartida en la EPS de Linares: Elasticidad y resistencia de materiales I y II.
- Apuntes de la asignatura impartida en la EPS de Linares: Diseño de máquinas.

2.5. Requisitos de diseño

Para poder empezar a diseñar el elevador, se han de definir una serie de parámetros.

- Carga a soportar

La plataforma aquí definida se diseña con una capacidad de carga P de 3 t, es decir apropiada para vehículos turismos y comerciales ligeros que no superen dicho peso (apartado a página 22 y 23 según tabla 4 UNE-EN 1493:2011).

- Distancia entre ejes

Según norma, para una carga de 3000 kg, la distancia entre ejes es de 3000 mm.

- Distancia máxima entre ruedas

La distancia máxima entre ruedas de todoterrenos y furgonetas es 1900 mm.

- Distancia mínima entre ruedas

La distancia mínima entre ruedas es 1100 mm.

- Altura de elevación deseada

Se selecciona una altura de 1900 mm, para poder realizar operaciones de mantenimiento y reparación de manera cómoda.

- Medidas del elevador

Para las medidas del elevador se ha tenido en cuenta la distancia entre ejes para los vehículos que han de soportar una carga de 3000 kg que es de 3000 mm, y para los menores de 2500 kg es de 2500 mm, y teniendo en cuenta que por norma los puntos de apoyo han de situarse a una distancia de 1400 mm (página 24 de la norma UNE-EN 1493:2011), se ha elegido como largo de la plataforma superior del elevador 1650 mm.

Para el ancho de la plataforma se ha de tener en cuenta las distancias exteriores e interiores estándares que hay entre ruedas en los vehículos tales como furgonetas, todoterrenos o vehículos utilitarios y una holgura para que puedan entrar bien las ruedas. Al estar formado el elevador en dos conjuntos elevadores cada ancho de la base superior será de 700 mm, y el ancho total del elevador será de 1900 mm, dejando entre los dos conjuntos una distancia de 500 mm.

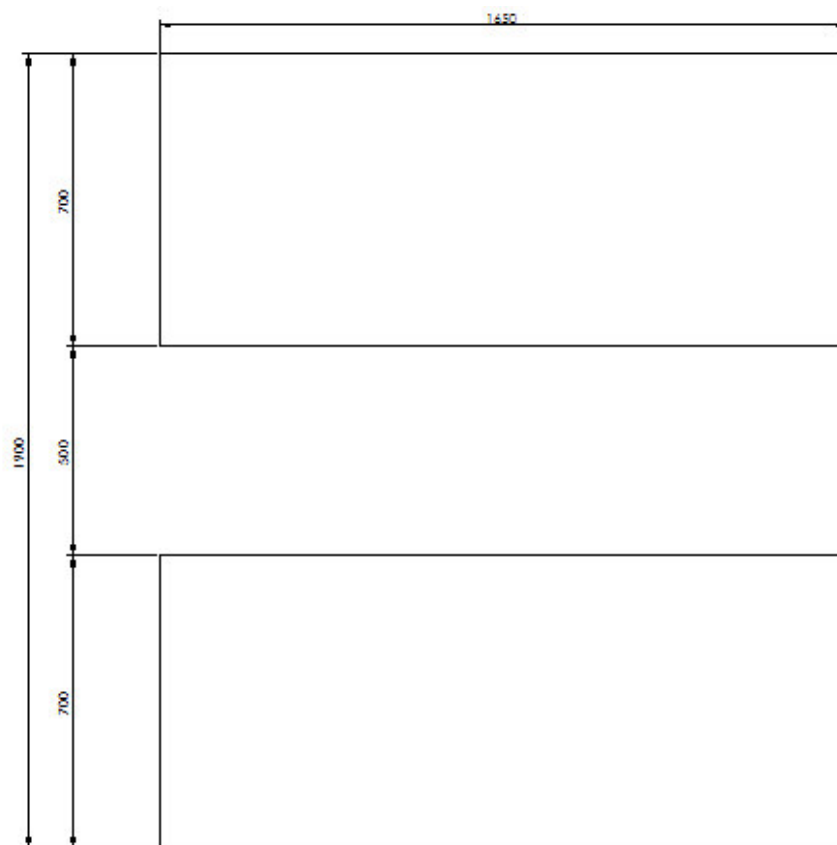


Figura 8.- Disposición de las plataformas

2.6. Análisis de soluciones

2.6.1. Posición más desfavorable

Para comenzar con el estudio de solicitaciones en función de la posición y dimensionado del elevador doble tijera, lo primero que se plantea es cuál es la posición más desfavorable, es decir, la que mayores solicitaciones ha de soportar. Para ello, se estudian diversas posiciones para ver cuál es la posición/zona más crítica del elevador con los parámetros que han definido inicialmente. Para ello, se opta por estudiar las siguientes posiciones:

- Caso 1: posición más elevada.
- Caso 2: posición más elevada, incluyendo una fuerza horizontal de 1000 N (simulando los trabajos de reparación de una persona bajo el elevador) según normativa UNE-EN 1493:2011.
- Caso 3: una posición intermedia, por ejemplo $h/2$.
- Caso 4: posición más baja, es decir, cuando el vehículo comienza a elevarse.

Según la norma UNE-EN 1493:2011 tal y como se describe en la siguiente figura, la carga trasera debe ser el 60% de la carga total, y por lo tanto la trasera el 40% restante, siendo estas mayoradas 1,515 veces. Como se indica en el anexo “Cálculos”, la posición con mayores solicitaciones es el caso 2.

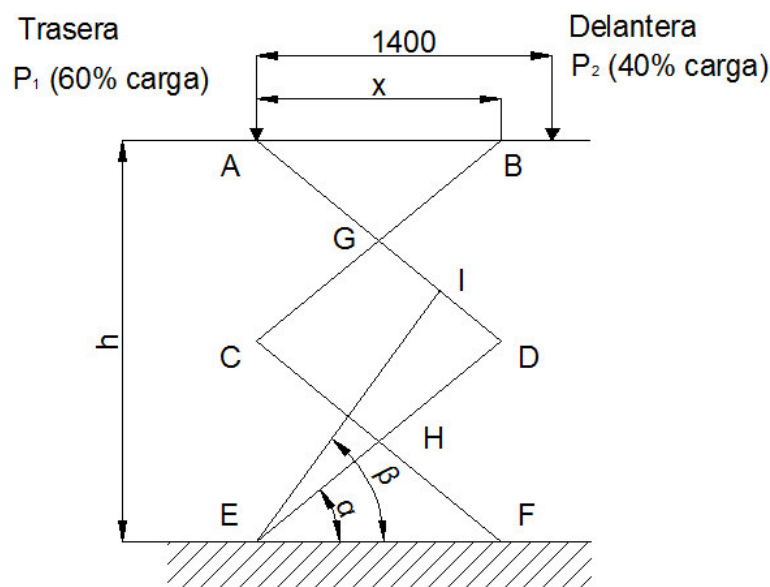


Figura 9.- Croquis de la estructura

2.7. Resultados finales

El resultado final es un producto que se adecua a las exigencias que se marcaron anteriormente en cuanto a parámetros dimensionales, y técnicos como los esfuerzos que los elementos del conjunto han de soportar.

Los elementos más solicitados son la plataforma superior, el perfil ED, pasadores y la selección del cilindro hidráulicos.

La plataforma superior será de acero S235. Las dimensiones de este elemento vienen dadas en el plano 5/15.

Los perfiles tubulares serán todas idénticas de acero S275, cuyas dimensiones vienen dadas en el plano 6/15, el diámetro de las perforaciones viene dado por los casquillos que utilizaremos, y por lo tanto de los ejes/pasadores también.

El diámetro de los ejes/pasadores será de 20 mm, serán de acero clase 5.6.

Los casquillos serán de acero cuyo diámetro interior será 20 mm y exterior 23 mm (según el catálogo).

Para la elección del cilindro hidráulico se ha de tener en cuenta la posición del punto I en la posición más elevada y en la más baja.

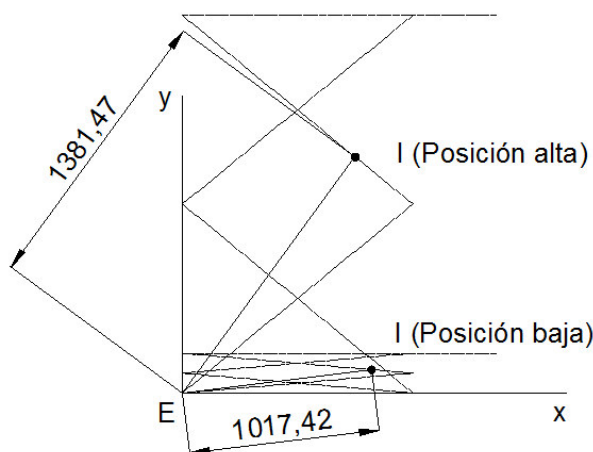


Figura 10.- Carrera del cilindro

En el apartado cálculos se ha seleccionado un cilindro que suministre la fuerza requerida, que a su vez no se pandee y que cumpla con los parámetros dimensionales. Según el catálogo que se ha consultado el cilindro tiene entre ejes 810 mm, carrera 600 mm y con un diámetro de vástago 40 mm.

Una vez regidas estas normas dimensionamiento y material, se procederá a marcar unas normas de ejecución en el montaje, que vienen dadas en nuestro Pliego de Condiciones.

Nuestro elevador quedará finalmente de la siguiente manera:

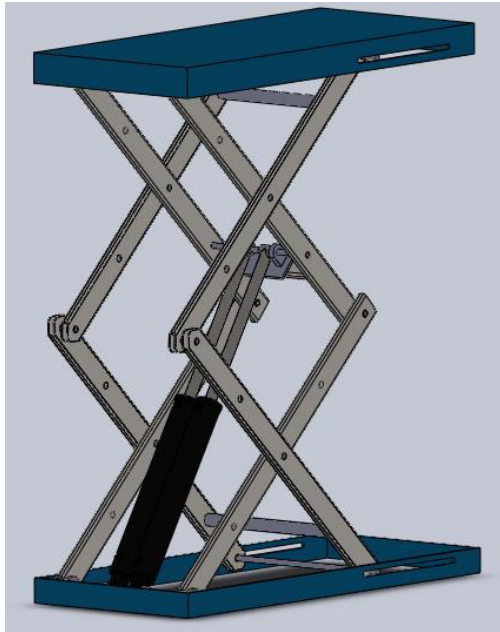


Figura 11.- Elevador doble tijera modelado

2.8. Planificación

La distribución y orden de tareas para poder ejecutar el Proyecto de manera adecuada debe ser la siguiente:

Etapa	Tarea	Día 1							Día 2							Día 3							Día 3						
1	Soldar casquillos en los perfiles																												
2	Soldar orejetas perfil a base inferior																												
3	Soldar orejeta cilindro a base inferior																												
4	Soldar orejetas perfil a base superior																												
5	Soldar perfil (cilindro) soporte horizontal a los perfiles laterales																												
6	Soldar orejeta cilindro al perfil																												
7	Montaje del conjunto																												
8	Instalación cilindros hidráulicos																												
9	Instalación circuito hidráulico																												
10	Instalación mando de control																												

Tabla 1.- Planning

2.9. Orden de prioridad entre los documentos

Frente a posibles discrepancias el orden de prioridad los documentos presentados en este Proyecto seria:

1. Planos.
2. Pliego de condiciones.
3. Presupuesto.
4. Memoria.

3. Anexos

3.1. Documentación de partida

Para el correcto estudio y realización del sistema elevador tijera, ha de atenerse a la normativa vigente respecto a elevadores, que como se ha comentado en la introducción, ofrece 4 soluciones. La norma a la que se hace referencia es la UNE-EN 1493:2011.

Esta norma española (basada en la europea) se aplica a 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, 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 aplica esta norma a elevadores cuyo suministro de energía al elevador de vehículos se realiza mediante motores de combustión interna.

Se supone que el piso o suelo que soporta al elevador de vehículos en funcionamiento es horizontal.

Velocidades

La velocidad de los movimientos de subida y de descenso no debe ser superior a 0,015 m/s para los elevadores de vehículos sobre raíles (trenes, tranvías, etc) y de 0,15 m/s para el resto de elevadores.

Sistema de seguridad a una caída inesperada

En este apartado, la norma no dice nada por lo que tenemos libre elección, se estudiarán los sistemas usados en los elevadores.

Cargas y fuerzas

Las fuerzas dinámicas (carga a soportar) deben de ser mayoradas por 1,151.

En la posición más elevada añadir una carga horizontal de 1000 N, simulando la acción de un operador (fuerza manual).

También nos habla de la fuerza del viento, pero en nuestro caso no se tendrá en cuenta, ya que no lo utilizaremos al aire libre.

Distribución de cargas

Salvo petición del cliente, debe de cumplir los siguientes requisitos:

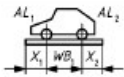
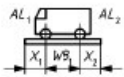
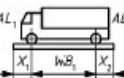
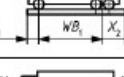
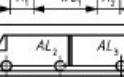
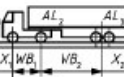
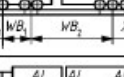
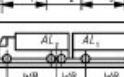
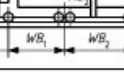
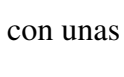
Apar-tado	Carga nominal t	Tipo de vehículo	Nº de ejes	Vehículo tipo	Pista WT m	Distancia entre ejes m			Relación de cargas por eje			Distancia mínima m	
						WB ₁	WB ₂	WB ₃	AL ₁ /P	AL ₂ /P	AL ₃ /P	X ₁	X ₂
a	$P \leq 2,5$	Coches particulares	2		1,5	2,5	—	—	0,40	0,60	—	0,3	0,3
b	$2,5 < P \leq 3,5$	Camionetas comerciales ligeras	2		1,6	3	—	—	0,40	0,60	—	0,3	0,3
c	$3,5 < P \leq 7,5$	Camionetas comerciales medias	2		1,7	3	—	—	0,33	0,66	—	0,3	0,3
d	$7,5 < P \leq 20$	Camiones	2/3		1,8	3,5	—	—	0,33	0,66	—	0,5	0,5
e	$20 < P \leq 30$	Camiones	3		1,9	4	—	—	0,33	0,66	—	0,5	1
f	$30 < P \leq 40$	Camiones	4		1,9	4,5	—	—	0,45	0,55	—	1	1
g	$P \leq 25$	Buses articulados	3		1,8	5,5	6,5	—	0,25	0,30	0,45	0,5	0,5
h	$P \leq 40$	Camiones articulados	4		1,9	3,5	7	—	0,20	0,30	0,50	0,5	1
i	$40 < P \leq 52$	Camiones articulados	≥ 5		1,9	3,5	7	—	0,20	0,30	0,50	0,5	1,6
j	$P \leq 40$	Camiones con remolque	4		1,9	3,5	3	3,5	0,17	0,33	—	0,5	0,5
k	$40 < P \leq 52$	Camiones con remolque	≥ 5		1,9	4	3	4	0,17	0,33	—	0,5	1
l	$P \leq 45$	Camiones con remolque	≥ 5		1,9	4	5	—	0,20	0,40	0,40	0,5	1

Tabla 2.- Tipos de vehículo. Norma UNE-EN 1493:2011

Para una carga nominal menor a 3,5 Tn, la carga nominal debe distribuirse en las cuatro esquinas de un rectángulo con unas dimensiones:

- 100-170 cm (anchura) y 140 cm (largo)

Cálculos estructurales

La norma nos señala las características de los aceros de construcción de uso general:

	Espesor nominal del elemento			
	$t \leq 40 \text{ mm}$		$40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$	
	f_y	f_u	f_y	f_u
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470

Tabla 3.- Características de los aceros en N/mm^2 . Norma UNE-EN 1493:2011

Donde “ f_y ” es el límite elástico en N/mm^2 , “ f_u ” es la carga de rotura en N/mm^2 y “ t ” es el espesor nominal en mm.

Los esfuerzos admisibles se calculan mediante:

$$\sigma_a = f_y/s$$

Donde “ s ” es el coeficiente de seguridad dependiendo de la combinación de cargas “A”, “B” y “C” como se indica en la siguiente tabla:

Combinación de cargas	A $s = 1,5$			B $s = 1,33$			C $s = 1,25$		
	S 235	S 275	S 355	S 235	S 275	S 355	S 235	S 275	S 355
Material base y junta a tope									
$\sigma_a = \sigma_0$	157	183	237	176	206	266	188	220	284
$\tau_a = \sigma_0 / \sqrt{3}$	90	106	137	102	119	154	109	127	164
Soldadura en ángulo									
$\sigma_a = \sigma_0$	157	183	237	176	206	266	188	220	284
$\tau_a = \sigma_0 / \sqrt{2}$	111	130	167	125	146	188	133	156	201

Tabla 4.- Esfuerzos admisibles aceros en N/mm^2 . Norma UNE-EN 1493:2011

A es sin fuerza del viento, B con fuerza del viento y C con la actuación de los dispositivos de seguridad, en este caso $s=2$.

Los esfuerzos admisibles indicados son válidos hasta un espesor de 40 mm.

Pernos

Para el cálculo de pernos la normativa nos dice que los esfuerzos admisibles derivan de “X” que es el más pequeño de los valores entre “ f_y ” y “ $0,7 \cdot f_u$ ”

$$\sigma_a = X/s$$

$$\tau_a = \sigma_a/\sqrt{2}$$

Combinación de cargas	s	Clase	4.6	5.6	6.6	6.8	8.8	10.9
		f_y	240	300	360	480	640	900
		X	240	300	360	420	560	700
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 5.- Esfuerzos admisibles para los pernos en N/mm². Norma UNE-EN 1493:2011

Si se utilizan pernos precargados, solo se pueden utilizar los de clase 8.8 y 10.9 ya que son pernos de acero de alta resistencia.

- Pernos utilizados una vez: $F_V = 0,8 \cdot f_y \cdot A_s$
- Pernos utilizados varias veces: $F_V = 0,7 \cdot 0,8 \cdot f_y \cdot A_s$
- Par de apriete: $M_t = 0,18 \cdot d \cdot F_V/1000$

Donde “ A_s ” es la superficie del perno sometida a tracción en mm², “ F_V ” es la precarga en N, “ d ” es el diámetro del perno en mm y “ M_t ” es el par de apriete en Nm.

La presión de apoyo admisible “ σ_L ”, depende del material base y es válida no solamente para las uniones por pernos sino también para los ejes.

- Articulación: $\sigma_L = 1,3 \cdot \sigma_0$
- Pernos con juego: $\sigma_L = 1,5 \cdot \sigma_0$
- Pernos ajustados: $\sigma_L = 2 \cdot \sigma_0$

Tabla A.4 – Presión de apoyo (en N/mm²)

Combinación de cargas	A			B			C		
	S 235	S 275	S 355	S 235	S 275	S 355	S 235	S 275	S 355
Articulación	204	238	308	229	268	346	244	286	369
Perno con juego	235	275	335	264	309	399	282	330	426
Perno ajustado	313	367	473	352	412	532	376	440	568

Tabla 6.- Presión de apoyo en N/mm². Norma UNE-EN 1493:2011

Ruido

Generalmente el ruido no se considera como un peligro significativo para este tipo de maquinaria. Si el elevador superase un ruido superior a los 70 dB (A) medido a un metro de la mayor fuente de ruido debe especificarse en el manual.

Las condiciones de funcionamiento durante el ensayo, también deben indicarse en este manual.

3.2. Cálculos

3.2.1. Variables en posiciones de interés

En las siguientes tablas se puede ver la magnitud de las fuerzas, distancias entre ejes puntos que sirven de ayuda para el análisis de la estructura. Con datos como el punto de aplicación de P_2 y el coeficiente de seguridad que indica la norma UNE-EN 1493:2011.

Primero se comenzará con la posición alta pero sin fuerza horizontal de 1000 N.

VARIABLES DEL ELEVADOR CASO 1								
Carga máxima	3000	Tn.	Long viga	1350	mm	Dist P₂ (norma)		1400 mm
Factor de seguridad	1,151		F. Horizontal	0	N			
Altura deseada (h)	1880	mm	P₁ (60%)	5075,9	N	α		44,1 °
x	968,96	mm	P₂ (40%)	3383,9	N	β		58,3 °

Tabla 7.- Variables del elevador Caso 1

En la siguiente tabla se muestran las variables en el segundo caso, es decir, posición más elevada y con fuerza horizontal de 1000 N, tal y indica la norma UNE-EN 1493:2011 en el apartado de fuerzas manuales.

VARIABLES DEL ELEVADOR CASO 2								
Carga máxima	3000	Tn.	Long viga	1350	mm	Dist P₂ (norma)		1400 mm
Factor de seguridad	1,151		F. Horizontal	1000	N			
Altura deseada (h)	1880	mm	P₁ (60%)	5075,9	N	α		44,1 °
x	968,96	mm	P₂ (40%)	3383,9	N	β		58,3 °

Tabla 8.- Variables del elevador Caso 2

Este tercer caso es una posición intermedia (justo en la mitad de la elevación).

VARIABLES DEL ELEVADOR CASO 3								
Carga máxima	3000	Tn.	Long viga	1350	mm	Dist P₂ (norma)		1400 mm
Factor de seguridad	1,151		F. Horizontal	0	N			
Altura deseada (h)	940	mm	P₁ (60%)	5075,9	N	α		20,4 °
x	1265,5	mm	P₂ (40%)	3383,9	N	β		31,8 °

Tabla 9.- Variables del elevador Caso 3

Para finalizar este estudio de variables, esta última tabla nos muestra las variables en la posición más baja.

VARIABLES DEL ELEVADOR CASO 4									
Carga máxima	3000	Tn.	Long viga	1350	mm	Dist P ₂ (norma)		1400	mm
Factor de seguridad	1,151		F. Horizontal	0	N				
Altura deseada (h)	200	mm	P ₁ (60%)	5075,9	N	α		4,25	°
x	1346,2	mm	P ₂ (40%)	3383,9	N	β		7,06	°

Tabla 10.- Variables del elevador Caso 4

3.2.2. Cálculo de reacciones

Para este cálculo planteamos las siguientes ecuaciones (ecuaciones de las barras y diagrama sólido libre) para la resolución del problema:

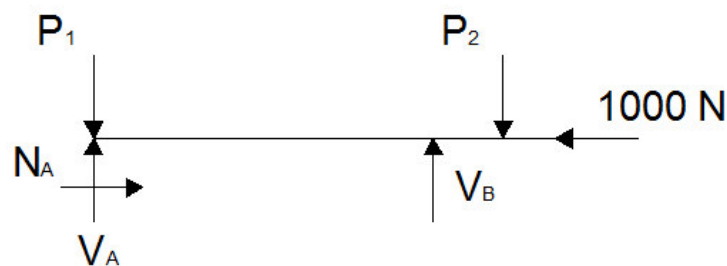


Figura 12.- Reacciones en el perfil AB

Sumatoria de fuerzas en el eje X:

$$\sum F_x = 0 \rightarrow N_A - 1000 = 0$$

Sumatoria de fuerzas en el eje Y:

$$\sum F_y = 0 \rightarrow V_A + V_B - P_1 - P_2 = 0$$

Sumatoria de momentos en el punto A:

$$\sum M_A = 0 \rightarrow V_B \cdot x - P_2 \cdot d = 0$$

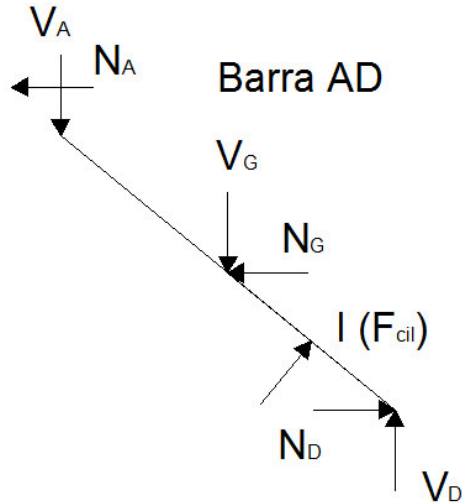


Figura 13.- Reacciones en el perfil AD

Sumatoria de fuerzas en el eje X:

$$\sum F_x = 0 \rightarrow -N_G + N_I + N_D - N_A = 0$$

Sumatoria de fuerzas en el eje Y:

$$\sum F_y = 0 \rightarrow -V_A - V_G + V_I + V_D = 0$$

Sumatoria de momentos en el punto D:

$$\sum M_D = 0 \rightarrow V_A \cdot x + V_A \cdot \frac{h}{2} + V_G \cdot \frac{x}{2} + N_G \cdot \frac{h}{4} - N_I \cdot \frac{h}{8} - V_I \cdot \frac{x}{4} = 0$$

Sumatoria de momentos en el punto A:

$$\sum M_A = 0 \rightarrow V_D \cdot x + N_D \cdot \frac{h}{2} - N_G \cdot \frac{h}{4} - V_G \cdot \frac{x}{2} + N_I \cdot \frac{3h}{8} + V_I \cdot \frac{3x}{4} = 0$$

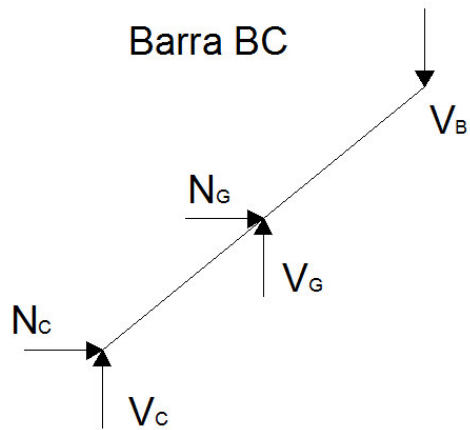


Figura 14.- Reacciones en el perfil BC

Sumatoria de fuerzas en el eje X:

$$\sum F_x = 0 \rightarrow +N_G + N_c = 0$$

Sumatoria de fuerzas en el eje Y:

$$\sum F_y = 0 \rightarrow -V_B + V_C + V_G = 0$$

Sumatoria de momentos en el punto C:

$$\sum M_C = 0 \rightarrow V_G \cdot \frac{x}{2} - N_G \cdot \frac{h}{4} - V_B \cdot x = 0$$

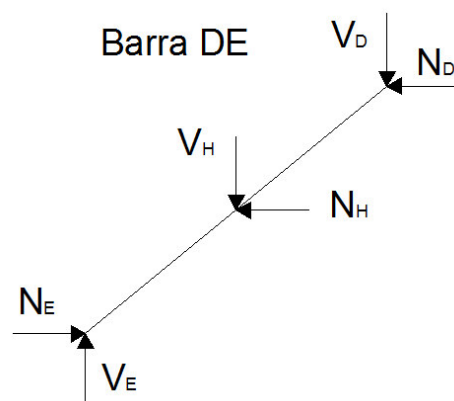


Figura 15.- Reacciones en el perfil DE

Sumatoria de fuerzas en el eje X:

$$\sum F_x = 0 \rightarrow +N_E - N_H - N_D = 0$$

Sumatoria de fuerzas en el eje Y:

$$\sum F_y = 0 \rightarrow -V_H - V_D + V_E = 0$$

Sumatoria de momentos en el punto E:

$$\sum M_E = 0 \rightarrow N_D \cdot \frac{h}{2} + N_H \cdot \frac{h}{4} - V_H \cdot \frac{x}{2} - V_D \cdot x = 0$$

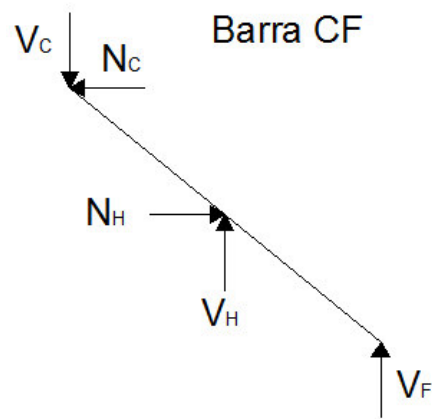


Figura 16.- Reacciones en el perfil CF

Sumatoria de fuerzas en el eje X:

$$\sum F_x = 0 \rightarrow +N_H - N_C = 0$$

Sumatoria de fuerzas en el eje Y:

$$\sum F_y = 0 \rightarrow -V_C + V_H + V_F = 0$$

Sumatoria de momentos en el punto F:

$$\sum M_F = 0 \rightarrow N_C \cdot \frac{h}{2} - N_H \cdot \frac{h}{4} - V_H \cdot \frac{x}{2} + V_C \cdot x = 0$$

Una vez planteadas estas ecuaciones, con ayuda de una plantilla construida en Excel para este problema, se procede a resolver todas las incógnitas (esta plantilla será adjuntada con el TFG) obteniendo:

Soluciones (N)					
Reacciones		Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
N_A	=	0	1000	0	0
V_A	=	3571	3571	4716	4941
V_B	=	4889	4889	3743	3519
N_G	=	4963	6933	5459	6551
V_G	=	4963	4993	5459	6551
N_C	=	4963	6933	5459	6551
V_C	=	74	104	1716	3032
N_D	=	-4963	-6963	-5459	-6551
V_D	=	-8534	-12169	-10176	-11492
N_I	=	0	970	0	0
V_I	=	0	-3605	0	0
N_H	=	-4963	-6933	-5459	-6551
V_H	=	-4963	-6933	-5459	-6551
V_F	=	4889	6829	3743	3519
N_E	=	0	30	0	0
V_E	=	3571	5236	4716	4941

Tabla 11.- Reacciones en sus componentes x e y

Módulo reacciones (N)					
Puntos		Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
A	=	3571	3708	4716	4941
B	=	4889	4889	3743	3519
G	=	7019	8544	7721	9265
C	=	4964	6934	5723	7219
D	=	9872	14020	11548	13228
I	=	0	3734	0	0
H	=	7019	9805	7721	9265
F	=	4889	6829	3743	3519
E	=	3571	5236	4716	4941

Tabla 12.- Módulo de las reacciones

Se puede comprobar que el punto más crítico respecto mayor reacción es el punto D. Estos valores, posteriormente serán de utilidad para el cálculo/dimensionado de la estructura, pero antes se debe de contrastar estos datos con una simulación por elementos finitos.

3.2.3. Dimensionado

3.2.3.1. Perfil tubular

Para dimensionar el perfil tubular tenemos que tener en cuenta lo calculado anteriormente, es decir, solicitaciones a las que se le somete como son momentos flectores, cortantes y axiles. Primero fijaremos nuestros ejes de referencia:

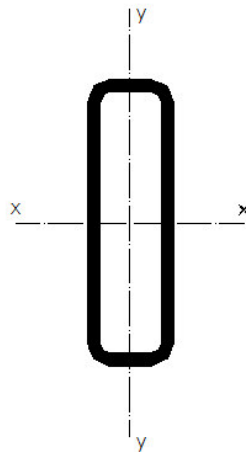


Figura 17.- Ejes de referencia perfil tubular

Como se pudo comprobar en el cálculo numérico, el perfil como mas solicitaciones es el ED, por lo que se procederá a analizarla:

➤ Diagrama de axiles

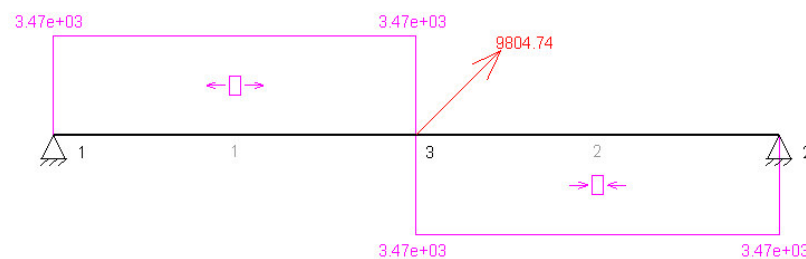


Figura 18.- Diagrama de axiles perfil ED

➤ Diagrama de cortantes

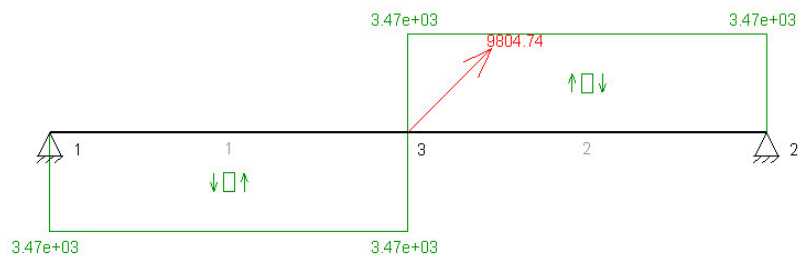


Figura 19.- Diagrama de cortantes perfil ED

➤ Diagrama de momentos flectores

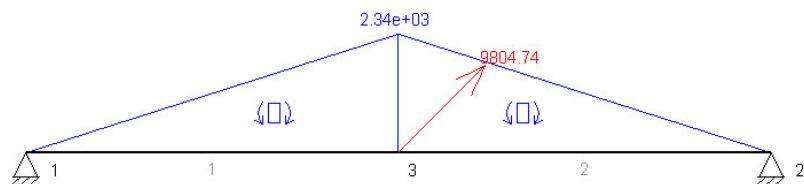


Figura 20.- Diagrama de momentos flectores perfil ED

Podemos ver que nuestro punto más desfavorable es el punto H en el cual tenemos:

$N_{\text{máx } z}$	3470	N
$V_{\text{máx}}$	3470	N
$M_{\text{máx } x}$	2340	Nm

Tabla 13.- Esfuerzos máximos perfil ED

La sección elegida inicialmente es de 100x30x4 mm, en la siguiente tabla podemos ver las propiedades de la sección.

Gama perfil tubular en frío - rectangular

DIMENSION ESPECÍFICA DE LADOS		ESPESOR ESPECÍFICO	MASA LINEAL	ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL	MOMENTO DE INERCIA		RADIO DE GIRO		MÓDULO ELÁSTICO		MÓDULO PLÁSTICO		MOMENTO DE INERCIA DE TORSIÓN	MÓDULO DE TORSIÓN	SUPERFICIE LATERAL POR UNIDAD DE LARGO	LARGO NOMINAL POR TONELADA	ÁREA SUPERFICIE EXTERIOR POR METRO
H	B	T	M	A	I _{xx}	I _{yy}	i _{xx}	i _{yy}	W _{elxx}	W _{ely}	W _{plxx}	W _{ply}	I _t	C _t	A _t	m	A _{ey}
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
100	30	2,5	4,78	6,09	67,4	9,79	3,33	1,27	13,5	6,53	17,8	7,42	29,4	12,0	0,251	209	413
100	30	3	5,66	7,21	78,2	11,2	3,29	1,25	15,6	7,46	20,8	8,63	34,0	13,8	0,250	177	346
100	30	4	7,34	9,35	97,3	13,5	3,23	1,20	19,5	9,00	26,4	10,8	42,1	16,8	0,246	136	263
100	40	1,5	3,18	4,05	50,5	12,2	3,53	1,73	10,1	6,08	12,7	6,69	31,9	10,8	0,275	314	678
100	40	2	4,19	5,34	65,4	15,6	3,50	1,71	13,1	7,81	16,5	8,69	41,5	13,9	0,273	239	512
100	40	2,5	5,17	6,59	79,3	18,8	3,47	1,69	15,9	9,39	20,2	10,6	50,5	16,8	0,271	193	412
100	40	3	6,13	7,81	92,3	21,7	3,44	1,67	18,5	10,8	23,7	12,4	59,0	19,4	0,270	163	345
100	40	4	7,97	10,1	116	26,7	3,38	1,62	23,1	13,3	30,3	15,7	74,5	24,0	0,266	126	262
100	40	5	9,70	12,4	136	30,8	3,31	1,58	27,1	15,4	36,1	18,5	87,9	27,9	0,263	103	213
100	40	6	11,3	14,4	152	34,0	3,25	1,53	30,4	17,0	41,3	21,0	99,2	31,0	0,259	88,3	180
100	40	6,3	11,5	14,7	148	33,4	3,17	1,51	29,6	16,7	41,0	21,0	101	31,2	0,253	86,7	172

Tabla 14.- Características y propiedades de perfiles tubulares

Aplicando la normativa hemos elegido un acero tipo S235, ya que es el más económico al tener menor límite elástico, posteriormente si no cumple, se procederá a elegir un acero tipo S275. En este caso S235 no cumplía, por lo que se ha utilizado un S275.

NORMA	f_y	275	N/mm ²
	s	1.5	
	σ_{adm}	183.333333	N/mm ²
	τ_{adm}	105.847549	N/mm ²

Tabla 15.- Acero S275. Norma UNE-EN 1493:2011

Una vez que se conocen estos datos, el siguiente paso es obtener las dimensiones del perfil. Para esto, se calcula las tensiones a las que esta sometidas el perfil, que al ser una sección rectangular y tener solo momentos en el eje X, la ecuación queda muy simplificada.

$$\sigma_z = \frac{N}{A} \pm \frac{M_x}{I_x} \cdot y;$$

$$\tau = (V \cdot m_x) / (b \cdot I_x)$$

$$m_x = A \cdot d$$

$$\sigma_{Von\ mises} = \sqrt{\sigma_z^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

Sustituyendo se obtiene:

Cálculo de tensiones		
σ_z	123.71123	MPa
τ_z	20	MPa
$\sigma_{Von\ Mises}$	128.4729	MPa

Tabla 16.- Cálculo de tensiones en perfil ED

Como se puede comprobar la tensión von mises esta por debajo de la tensión admisible en la sección escogida está por debajo de la admisible por lo que esta condición la cumple.

De no cumplir esta condición se tendrían que haber cambiado las dimensiones y por tanto las características de la sección. Además tampoco se puede optimizar la sección, ya que si se disminuyen las dimensiones, la primera condición no la cumpliría.

3.2.3.2. Base superior

Otro de los puntos más desfavorables como se vio en el análisis numérico es el punto B, por lo que se procede a su estudio como se ha realizado anteriormente en las barras. Así que se aplicarán las mismas ecuaciones, criterios y ejes de referencia.

➤ Diagrama de axiles

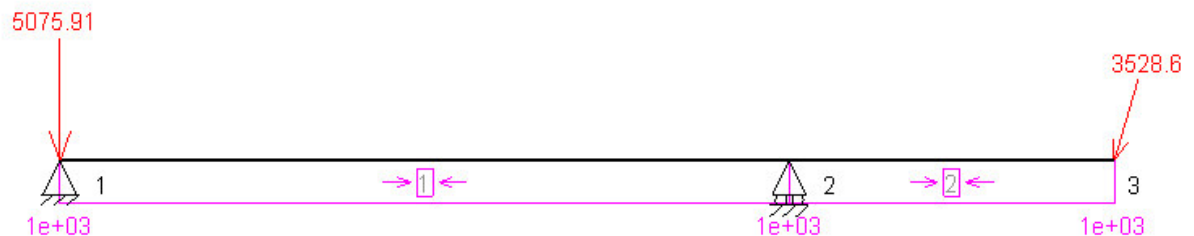


Figura 21.- Diagrama de axiles plataforma superior

➤ Diagrama de cortantes

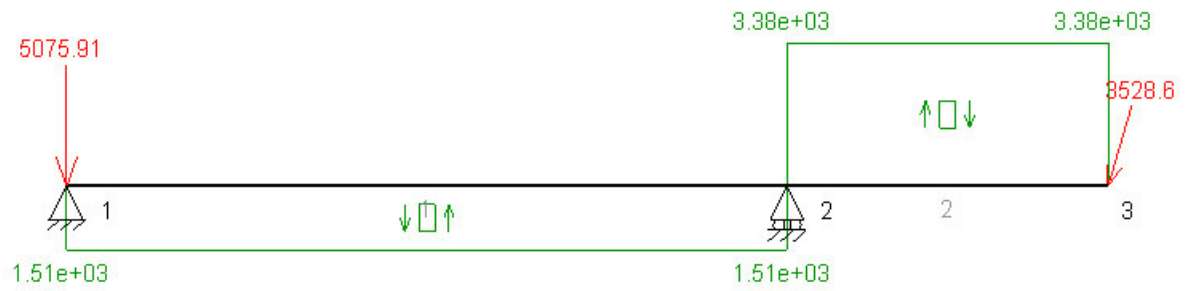


Figura 22.- Diagrama de cortantes plataforma superior

➤ Diagrama de momentos flectores

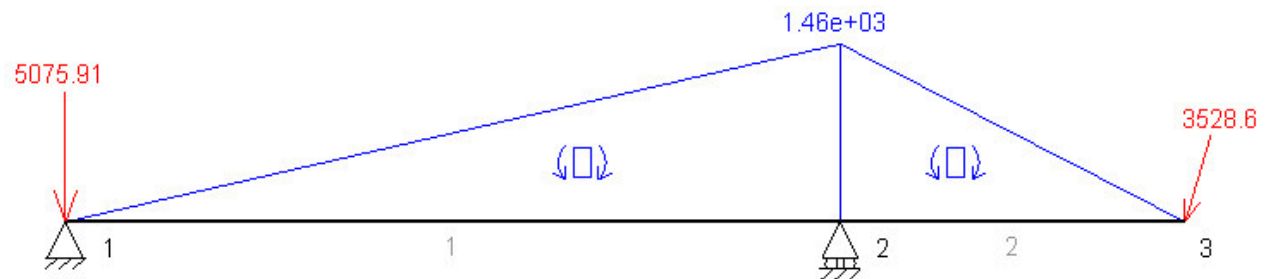


Figura 23.- Diagrama de momentos flectores plataforma superior

Se puede ver que el punto más desfavorable es el punto B en el cual se tiene:

$N_{\text{máx } z}$	1000	N
$V_{\text{máx}}$	3383,94	N
$M_{\text{máx } x}$	1460	Nm

Tabla 17.- Esfuerzos máximos plataforma superior

Estas son las características de la primera sección elegida:

PROPIEDADES	h	13	mm
	b	350	mm
	Densidad	7850	kg/m ³
	A	45.5	cm ²
	I_x	6.40791667	cm ⁴
	I_y	4644.79167	cm ⁴
	$W_{el\ x}$	9.85833333	cm ³
	$W_{el\ y}$	265.416667	cm ³
	$W_{pl\ x}$	29.575	cm ³
	$W_{pl\ y}$	796.25	cm ³
	f_y	235	N/mm ²
NORMA	s	1.5	
	σ_{adm}	156.666667	N/mm ²
	τ_{adm}	90.4515422	N/mm ²

Tabla 18. Propiedades de la plataforma superior. Norma UNE-EN 1493:2011

Y las comprobaciones de tensión von mises que se ha calculado anteriormente con los perfiles:

Cálculo de tensiones		
σ_z	148.317836	MPa
τ_z	2.2311	MPa
$\sigma_{Von\ Mises}$	148.368	MPa

Tabla 19.- Cálculo de tensiones plataforma superior

Como se puede ver la tensión von mises esta por debajo de la tensión admisible del material escogido, un acero S235.

3.2.3.3. Pasadores

Con el fin de que el montaje sea relativamente fácil y no tener demasiados tipos de pasadores en nuestra estructura vamos a analizar las fuerzas que han de soportar. Se tendrán 4 tipos de pasadores en nuestra estructura:

1. Los puntos A, B y E han de soportar fuerzas similares por lo que se elegirá la mayor que es la del punto E.
2. Los puntos G y H, han de soportar fuerzas similares por lo que se elegirá la mayor que es la del punto H.
3. Los puntos F y C, han de soportar fuerzas similares por lo que se elegirá la mayor que es la del punto C.
4. El punto D es el que mayor fuerza a de soportar, por lo que este pasador/eje será el más exigente.

Tendiendo todo esto en cuenta, mediante una hoja Excel analizamos los pasadores tanto por cortadura como por aplastamiento. Para el fallo a cortadura utilizamos la tensión tangencial admisible y para el fallo por aplastamiento utilizaremos la tensión admisible.

f_y	300	N/mm ²
X	300	N/mm ²
s	1,5	

Tabla 20.- Pernos elegidos (propiedades ejes/pernos según norma UNE-EN 1493:2011)

σ_{adm}	200	N/mm ²
τ_{adm}	141,42	N/mm ²

Tabla 21.- Esfuerzos admisibles pernos elegidos

			Cálculo de esfuerzos a cortadura		Cálculo de esfuerzos por aplastamiento		
Pasadores	Magnitud Fuerza Máx. (N)	A (mm ²)	r (mm)	A _{proyectada} (mm ²)	e _{contacto} (mm)	Diámetro (mm)	
A	5236	37,023	3,433	26,179	3,813	6,866	
B							
E							
G	9805	69,331	4,698	49,024	5,218	9,395	
H							
F	7219	51,046	4,031	36,095	4,477	8,062	
C							
D	14020	99,137	5,618	70,101	6,239	11,235	

Tabla 22.- Análisis 1 de los pernos elegidos

Analizando la tabla anterior se puede ver que el espesor supera en todos los casos (excepto en el primero) al espesor que se ha elegido para los perfiles elegidos (4 mm), por lo que en la siguiente tabla, se introducirá el diámetro (mayorándolo) para así obtener un espesor de contacto menor.

			Cálculo de esfuerzos a cortadura		Cálculo de esfuerzos por aplastamiento		
Pasadores	Magnitud Fuerza Máx. (N)	A (mm ²)	r (mm)	A _{proyectada} (mm ²)	e _{contacto} (mm)	Diámetro (mm)	
A	5236	78,54	5,000	26,179	2,618	10,000	
B							
E							
G	9805	153,94	7,000	49,024	3,502	14,000	
H							
F	7219	153,94	7,000	36,095	2,578	14,000	
C							
D	14020	314,16	10,00	70,101	3,505	20,000	

Tabla 23.- Análisis 2 de los pernos elegidos

Ahora si cumple la condición de espesor de contacto menor al espesor del perfil (4 mm). Además se ha simplificado la variedad de pasadores que compondrán el elevador. Pero al ir al catálogo de casquillos de acero lubricados de SANMETAL (puede ser otro catálogo), se contempla que los casquillos que tienen una longitud de 30 mm (anchura del

perfil), el diámetro mínimo interior es de 20 mm, por lo que se simplifica aún más este problema, facilitando aún más el montaje en caso de equivocaciones. Por lo tanto todos los pasadores tendrán diámetro 20, y todos los casquillos empleados serán iguales.

			Cálculo de esfuerzos a cortadura		Cálculo de esfuerzos por aplastamiento		
Pasadores	Magnitud Fuerza Máx. (N)	A (mm ²)	r (mm)	A _{proyectada} (mm ²)	e _{contacto} (mm)	Diámetro (mm)	
A	5236	314,16	10,00	26,179	1,309	20,000	
B							
E							
G	9805	314,16	10,00	49,024	2,451	20,000	
H							
F	7219	314,16	10,00	36,095	1,805	20,000	
C							
D	14020	314,16	10,00	70,101	3,505	20,000	

Tabla 24.- Análisis 3 de los pernos elegidos

Los pasadores de clase 5.6 cumplen suficientemente con los esfuerzos a los que se les somete, por lo tanto, son los que se usarán.

3.2.3.4. Cilindro hidráulico

Para finalizar, la elección del cilindro hidráulico, hasta ahora se ha estado analizando una tijera de las cuatro que componen el conjunto de un elevador tijera. En este caso se tendrán 2 cilindros (uno para cada plataforma) por lo que la fuerza que se ejerce en el punto I se debe de multiplicar por dos.

$$F_I = 3734 \text{ N} * 2 = \mathbf{7467 \text{ N}}$$

Para calcular la carrera se ha de estudiar la posición de nuestro punto I respecto al punto E en la posición más baja y más elevada, de esta manera mediante la hipotenusa del triángulo obtenido hayamos la carrera necesaria.

Puntos	Eje X	Eje Y	Módulo (mm)
I alta	726,525	1175	1381,472
I baja	1009,718	125	1017,426
Z (carrera) =	364,045	mm	

Tabla 25.- Carrera del cilindro hidráulico

Una vez obtenida la fuerza y carrera se mira en diferentes proveedores de cilindros hidráulicos, se ha optado por STS (puede ser otro catálogo), un cilindro de doble efecto con las siguientes características:

Características Técnicas	
Presión Máxima	200 bar
Velocidad Máxima	0.5 m/s
Temperatura de Trabajo	-30° C / + 90° C
Estanqueidad	
Cabeza Cierre	
Collarín de poliuretano, rascador metálico y junta tórica.	
Pistón	
Junta compacta doble efecto.	
Materiales	
Vástago	
Acero F-114 cromado 25 micras.	
Tubo	
Acero ST-52 lapeado.	

Figura 24.- Propiedades del cilindro hidráulico

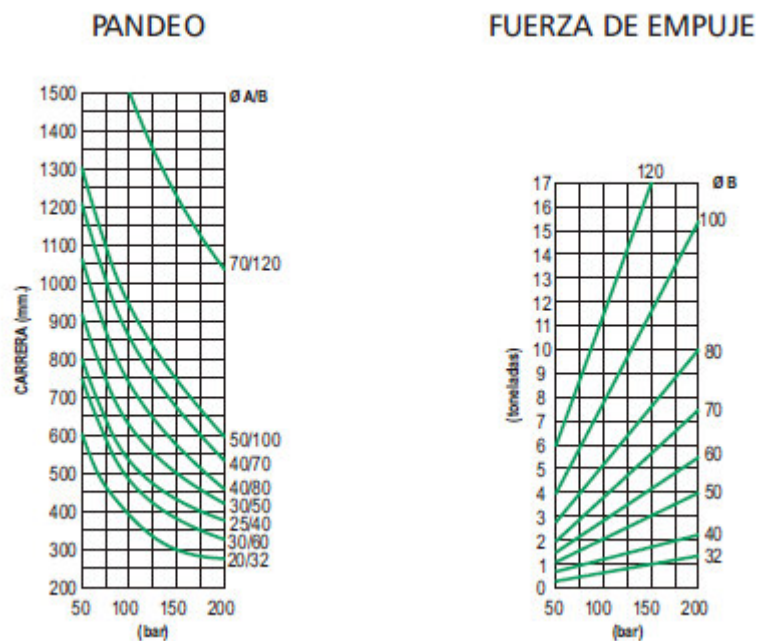


Figura 25. – Diagramas de pandeo y fuerza de empuje del cilindro hidráulico

Ateniéndonos a estas gráficas se ha optado por el cilindro que da la carrera y la longitud máxima de la posición más alta y nos cumpla con las dos gráficas anteriores de pandeo y fuerza de empuje.

CILINDROS ESTÁNDAR DOBLE EFECTO Medidas y Tarifa

2.2 cont.

CODIGO	P.V.P. (€)	REF.	ØA mm	ØB mm	Z (carrera) mm	E mm	C mm	D mm	F mm	G mm	H mm	I mm	J mm	K mm	L mm	M mm	Vol. litros	Peso kg
CICFAE1		704/1	40	70	100	310	25	30.5	55	80	39	50	58	65	15	3/8	0.85	11
CICFAEA		704/2			200	410	25	30.5	55	80	39	50	58	65	15	3/8	0.85	11
CICFAEB		704/3			300	510	25	30.5	55	80	39	50	58	65	15	3/8	1.20	13
CICFAEC		704/4			400	610	25	30.5	55	80	39	50	58	65	15	3/8	1.60	15
CICFAED		704/5			500	710	25	30.5	55	80	39	50	58	65	15	3/8	2.00	17
CICFAEE		704/6			600	810	25	30.5	55	80	39	50	58	65	15	3/8	2.35	19
CICFAEF		704/7			700	910	25	30.5	55	80	39	50	58	65	15	3/8	2.75	21
CICFAEG		704/8			800	1010	25	30.5	55	80	39	50	58	65	15	3/8	3.55	25
CICFAEH		704/9			900	1110	25	30.5	55	80	39	50	58	65	15	3/8	3.95	27
CICFAEI		704/10			1000	1210	25	30.5	55	80	39	50	58	65	15	3/8	4.35	29
CICFAEJ		704/11			1100	1310	25	30.5	55	80	39	50	58	65	15	3/8	4.75	31
CICFAEK		704/12			1200	1410	25	30.5	55	80	39	50	58	65	15	3/8	5.00	33
CICFAEL		704/13			1300	1510	25	30.5	55	80	39	50	58	65	15	3/8	5.40	35
CICFAF1		705/1	40	80	100	310	25	30.5	55	90	39	50	58	65	15	3/8	0.60	11
CICFAF2		705/2			200	410	25	30.5	55	90	39	50	58	65	15	3/8	1.10	13
CICFAFA		705/3			300	510	25	30.5	55	90	39	50	58	65	15	3/8	1.60	15
CICFAFB		705/4			400	610	25	30.5	55	90	39	50	58	65	15	3/8	2.10	18
CICFAFC		705/5			500	710	25	30.5	55	90	39	50	58	65	15	3/8	2.60	21
CICFAFD		705/6			600	810	25	30.5	55	90	39	50	58	65	15	3/8	3.10	24
CICFAFE		705/7			700	910	25	30.5	55	90	39	50	58	65	15	3/8	3.60	27

Tabla 26.- Datos de un catálogo de cilindros

El cilindro será el CICFAEE 704/6 (según este catálogo), con distancia mínima entre ejes 810 mm y carrera 600 mm.

3.2.3.4.1. Control y esquema hidráulico

El equipo hidráulico consta de un motor-bomba que bombea el fluido del depósito a través del grupo de válvulas (y la conducción) hacia el pistón.

Para subir

Cuando una de las válvulas se abre, el fluido presurizado escoge el camino que ofrece menos resistencia y regresa al depósito de la central. Pero cuando la válvula se cierra, el fluido no tiene más remedio que ir hacia el cilindro. Al acumularse el fluido en el cilindro, la presión empuja el pistón hacia arriba elevando la estructura.

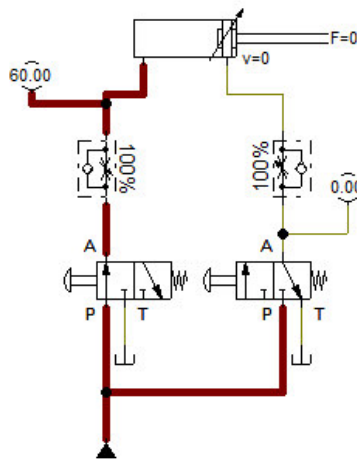


Figura 26.- Subida del elevador esquema hidráulico

Cuando la plataforma llega al punto en el que la plataforma es elevada hasta 1,9 m, el sistema de control envía una señal al motor eléctrico para parar la bomba gradualmente. Con la bomba parada, no hay más aceite que fluya, y el que ya estaba en el cilindro no puede escapar (no puede volver al depósito de la central a través de la bomba, y la válvula sigue cerrada). El vástago se apoya sobre el fluido y la plataforma se queda donde está.

Para bajar

Cuando la otra válvula se abre, el fluido que estaba en el cilindro fluye hacia el depósito.

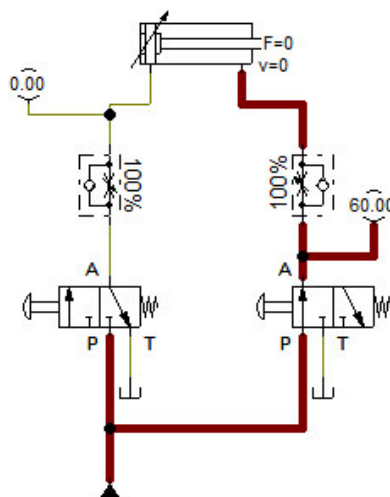


Figura 27.- Descenso del elevador esquema hidráulico

Gracias a la fuerza de gravedad, el peso de la estructura y la carga, empuja el cilindro hacia abajo y conduce el fluido al depósito, haciendo descender el elevador gradualmente. De este modo el elevador solo consume energía en el ascenso, ya que desciende por gravedad.

3.2.4. Análisis por elementos finitos

Para la realización del análisis seguimos los siguientes pasos:

- Comenzamos diseñando el elemento para el análisis. Introducimos los puntos que definen nuestra estructura.

Coordenadas puntos			
Puntos	=	Eje X	Eje Y
A	=	0	1880
B	=	968,7	1880
G	=	484,35	1410
C	=	0	940
D	=	968,7	940
I	=	726,525	1175
H	=	484,35	470
F	=	968,7	0
P2	=	1400	1880
E	=	0	0

Tabla 27.- Coordenadas de los puntos de la estructura

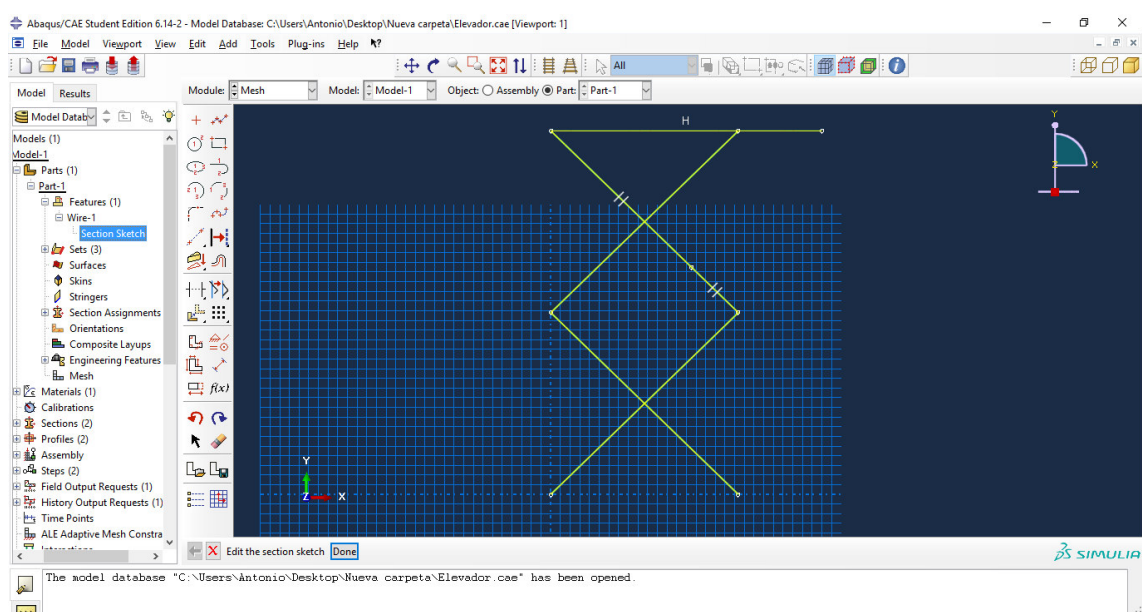


Figura 28.- Dibujo de los perfiles en elementos finitos

- Definimos el material que vamos a emplear. Introducimos el módulo de Young del acero (210000 MPa) y la el coeficiente de Poisson (0.3).

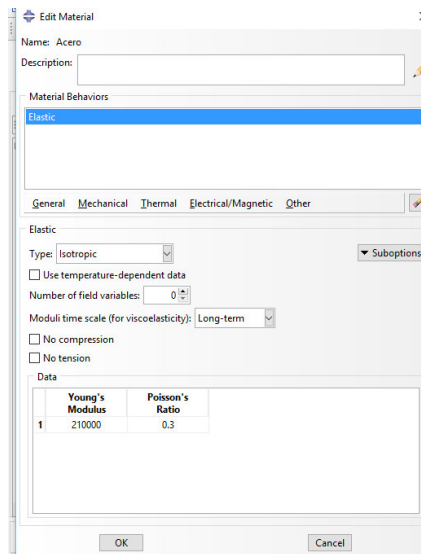


Figura 29.- Asignación de propiedades del material

- Definimos la sección de nuestro perfil a estudiar.

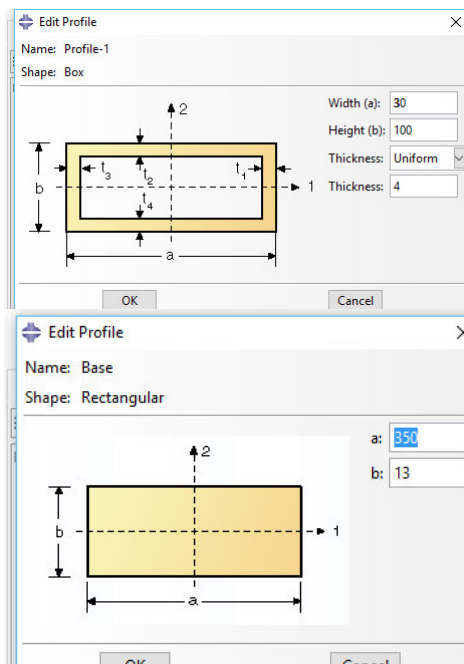


Figura 30.- Dimensiones de las secciones

- Una vez creadas las secciones pasamos a asignarlas a los elementos del análisis. Pinchamos en Assign Section, seleccionamos las barras a las que queremos

asignar una determinada sección y la seleccionamos en el desplegable que nos aparece.

- Antes de finalizar con el apartado de secciones debemos elegir una orientación para las mismas en el caso de elemento viga. Esto no es necesario en elemento barra ya que éste no presenta rigidez a la flexión. Pinchamos en Assign Beam Orientation, seleccionamos todas las barras del sistema y asignamos la orientación que encontramos por defecto.
- A continuación pasamos a crear y asignar la malla que nos permitirá realizar el análisis.

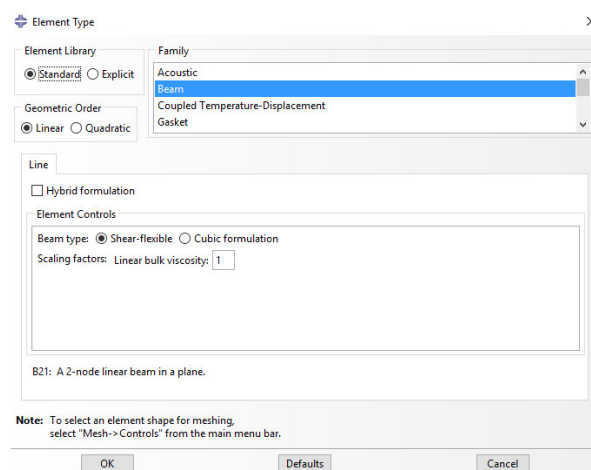


Figura 31.- Mallado 1

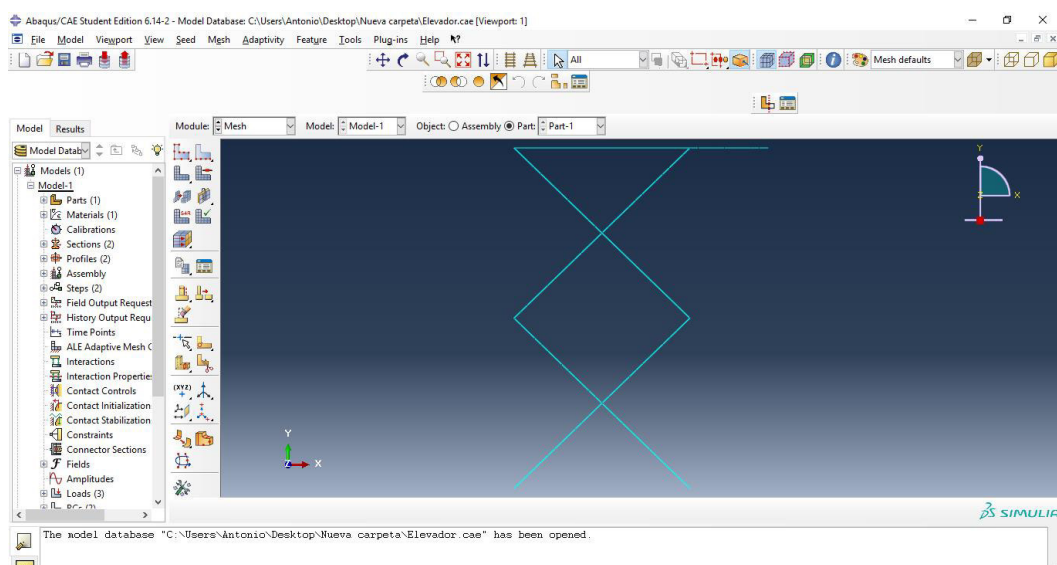


Figura 32.- Mallado 2

- Pasamos a crear los estados de carga y condiciones de contorno. En la paleta Step pinchamos en Create Step. Lo llamaremos “Estado1”. Seleccionamos Linear Perturbation, determinando así que trabajamos en campo elástico lineal, y dentro seleccionamos Static, Linear Perturbation. Aceptamos los siguientes pasos con los valores por defecto. Desplegamos el árbol Estado1 y seleccionamos Loads, para determinar las cargas que irán aplicadas en el sistema. Seleccionamos carga concentrada y la llamamos “Carga1”. Seleccionamos el punto A del sistema y le damos un valor de -5075.91 N en el campo CF2. “Carga2”, seleccionamos el punto P2 del sistema y le damos un valor de -3383.95 N en el campo CF2 y -1000 N en el campo CF1. “Carga3”, seleccionamos el punto I del sistema y le damos los valores obtenidos en el análisis manual. Para las condiciones de contorno seleccionamos BCs. Crearemos dos para el apoyo fijo y el apoyo deslizante de los puntos E y F. En ambos seleccionamos Displacement/Rotation. Para "Fijo" seleccionamos el punto E y restringimos los desplazamientos en ambas direcciones picando en U1 y U2. Para “deslizante” seleccionamos el punto F y restringimos solamente U2.

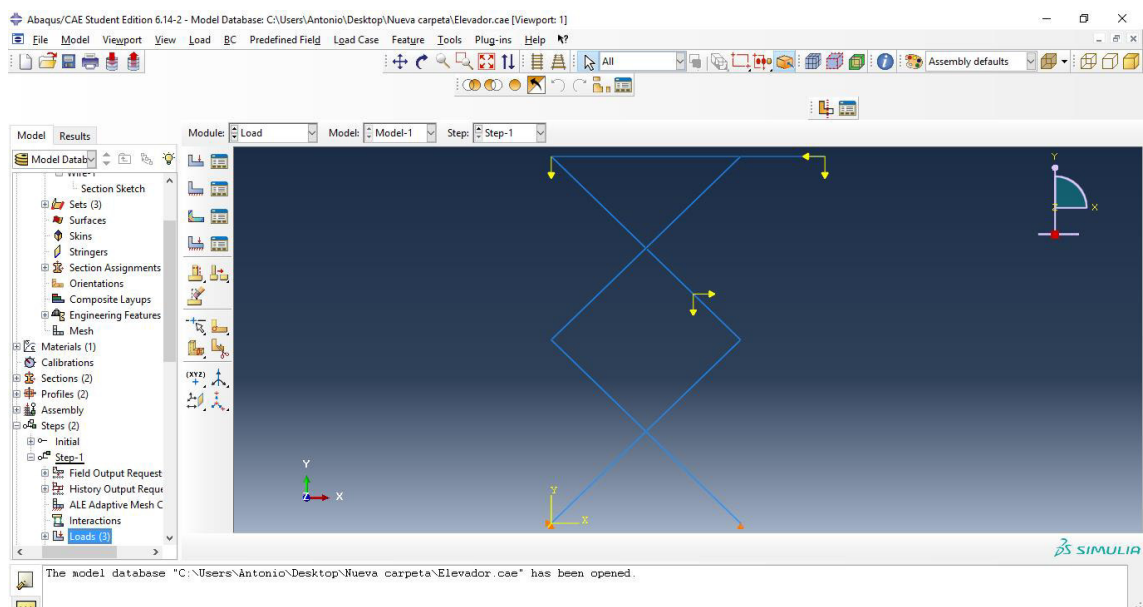


Figura 33.- Condiciones de contorno

Toda esta información y archivos del análisis, será adjuntada junto al Trabajo.

3.2.5. Resultados obtenidos análisis

Ahora se procede a analizar los resultados obtenidos por el método de elementos finitos mediante las siguientes imágenes.

Como se puede contemplar la fuerza resultante en el apoyo fijo que se ha llamado E, es de entorno unos 5,5 kN, y la fuerza resultante en el apoyo deslizante F es 6,83 kN, por lo que concuerda con lo obtenido manualmente, por lo tanto se seguirá estudiando el sistema.

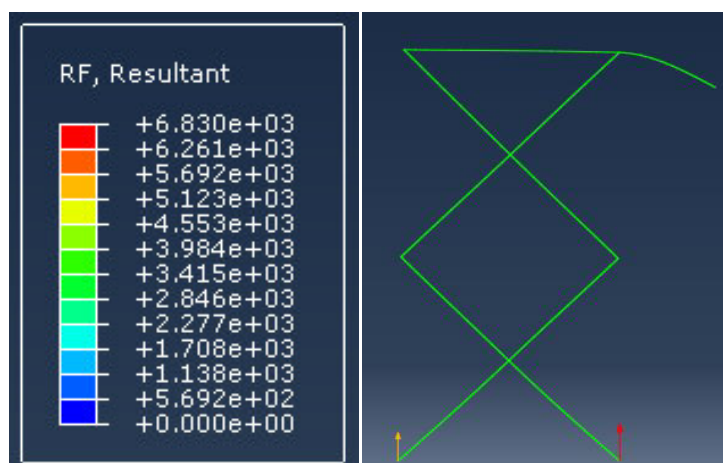


Figura 34.- Fuerzas resultantes mediante elementos finitos

Aquí se observa el módulo de las tensiones de Von Mises de cada viga, pero no se sabe si están trabajando a tracción o compresión:

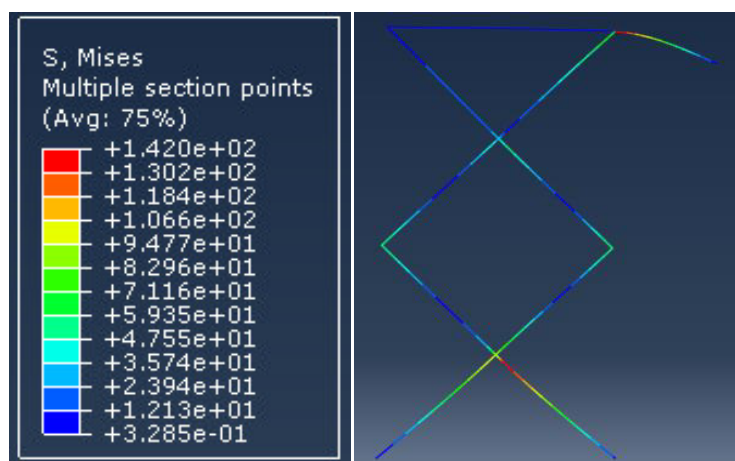


Figura 35.- Tensiones Von Mises mediante elementos finitos

En estas dos imágenes se puede ver los vectores de desplazamiento de la estructura, tanto horizontal, vertical o en módulo. También se aprecia que el desplazamiento máximo

se encuentra como es lógico en el voladizo donde esta aplicada carga horizontal de 1000 N y P_2 :

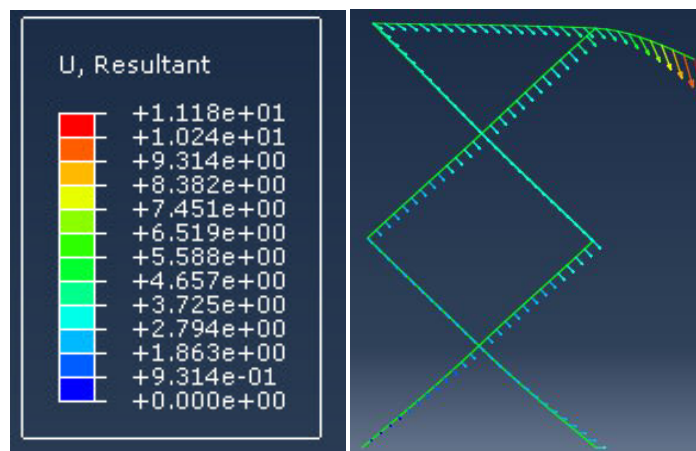


Figura 36.- Desplazamientos resultante mediante elementos finitos

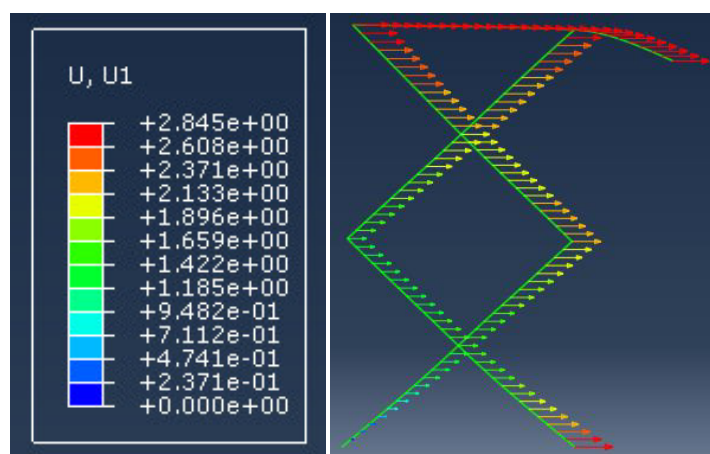


Figura 37.- Desplazamiento en X mediante elementos finitos

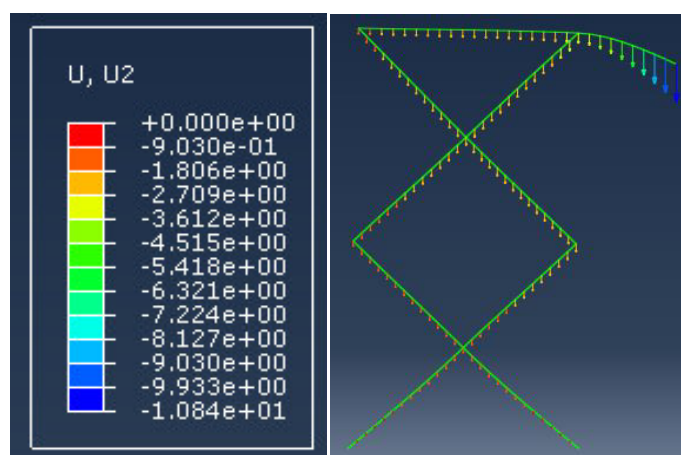


Figura 38.- Desplazamiento en Y mediante elementos finitos

Aquí se puede ver las zonas de máxima tracción:

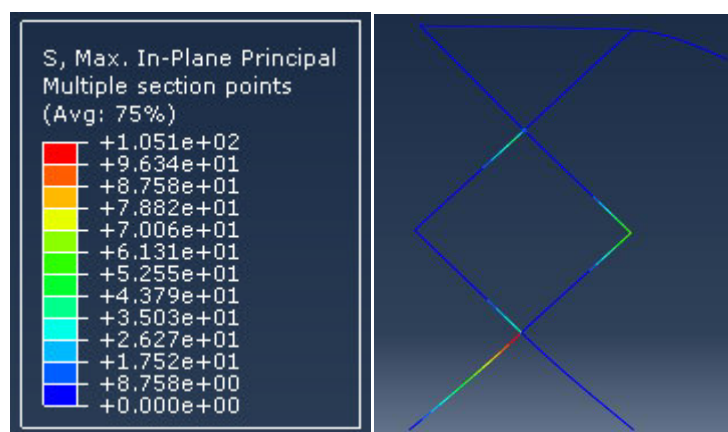


Figura 39. Zonas sometidas a tracción mediante elementos finitos

En la siguiente imagen puede verse, al contrario que la anterior, las zonas de máxima compresión:

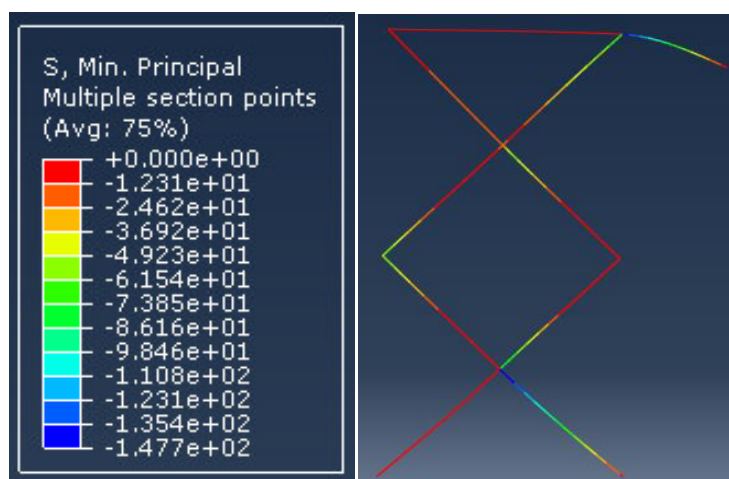


Figura 40.- Zonas sometidas a compresión mediante elementos finitos

Estudiando estas imágenes se puede comprobar que el punto más crítico es el punto H y B.

Como puede verse, no hay apenas diferencias entre el cálculo numérico y el análisis realizado mediante elementos finitos. Esto se verá mejor en el siguiente apartado.

3.2.6. Comparativa de cálculos

Antes de finalizar este apartado se a verificar que lo que se ha calculado a mano y los resultados que se han obtenido del análisis por elementos finitos concuerdan, de no ser así en algo se está fallando. Como se puede comprobar en la siguiente tabla, los resultados se asemejan y no hay mucha diferencia.

	Cálculo			
	Analítico		Elementos finitos	
Fuerzas resultantes (N)	E	F	E	F
	5236	6829	5123	6830
Tensión Von Mises (N/mm ₂)	B	H	B	H
	148,37	128.43	142	130,2

Tabla 28.- Comparativa de cálculos

3.3. Estudios con entidad propia

3.3.1. Estudio Básico de Seguridad y Salud

Este estudio tiene como objetivo dar unas instrucciones básicas al taller ejecutor que realizará el proyecto, para hacer de forma satisfactoria el cumplimiento de la prevención de riesgos profesionales, acorde con el RD 1627/97.

3.3.1.1. Objeto del estudio

La Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, es la normativa legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades necesario para determinar un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores como consecuencia a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo, en el marco de una política acorde, sincrónica y eficiente.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha Ley, serán las normas reglamentarias las que establecerán y precisarán los ámbitos más técnicos de las medidas preventivas, a través de normas mínimas que garanticen la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se

encuentran necesariamente las destinadas a garantizar la salud y la seguridad en las obras de construcción.

Teniendo en cuenta el Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras para la construcción, se advierte de la necesidad de desarrollar un Estudio Básico de Seguridad y Salud.

3.3.1.2. Marco general

Según el Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre que establece, en el marco de la Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, las disposiciones mínimas de seguridad y salud de los trabajadores y en concreto para obras de construcción, se determinan las condiciones mínimas, en cuanto el lugar de trabajo y trabajadores

3.3.1.2.1. Lugar de trabajo

El lugar de trabajo donde se va a realizar el elevador debe ser seguro y minimizar en la medida de lo posible los siguientes riesgos:

Riesgos en el taller

- Atropellos o atrapamientos por vehículos.
- Contaminación acústica, humos, polvos, etc.
- Salpicaduras por soldaduras u otros elementos.

Riesgos en estructuras

- Choque contra objetos.
- Caídas de objetos.
- Lesiones en pies y manos, lesiones por herramientas.
- Golpes por limitación de gálíbos.

Riesgos eléctricos

- Imprecisa instalación del sistema de protección contra contactos eléctricos en general y de tomas de tierra.
- Equipo deteriorado o inapropiado.

- Trabajar sin tensión sin cerciorarte de que los circuitos están impedidos o que se pueden reconectar.

Riesgos de incendio

- Cortocircuitos.
- Soldadura eléctrica.
- Soldadura oxiacetilénica.

3.3.1.2.2. Seguridad individual

Para los trabajadores de corte de material y labores de esmerilado de piezas metálicas y de otra naturaleza, el trabajador deberá ir provisto de un equipo de gafas, y cascos que disminuyan el nivel sonoro.

En las operaciones de lijado a máquina y pintura, el trabajador estará equipado con mascarilla que evite o disminuya sustancialmente la inhalación de vapores nocivos, polvo y otras partículas.

Se utilizarán guantes resistentes para la manipulación de piezas que pudieran estar provistas de vértices cortantes o desprender fragmentos que se introduzcan con facilidad bajo la piel.

En caso de transporte y acarreo de material pesado empleando como modo de sujeción las manos, el trabajador estará equipado de calzado cómodo y resistente al impacto de una caída del material.

Cuando el trabajador emplee andamios con riesgo de caída de altura superior a dos metros, se protegerán mediante barandillas. Estas barandillas serán resistentes y tendrán una altura mínima de noventa centímetros y dispondrá de un reborde de protección, un pasamano y una protección intermedia que impidan el paso o deslizamiento de los trabajadores.

Se prohíbe la utilización de máquinas y equipos para otros fines que no sean aquellos para los que han sido diseñados.

La utilización de elevadores hidráulicos deberá ser realizada por personal cualificado que haya recibido las instrucciones de uso necesarias. Su accionamiento se

realizará desde una consola en un lugar apartado del elevador, y solamente se manipulará cuando ninguna otra persona se halle debajo o en zonas próximas al elevador.

Para las operaciones de soldadura o corte de metales donde se desprenden proyecciones y radiaciones ultravioleta e infrarrojas, el operario debe emplear ropas sin dobleces hacia arriba y sin bolsillos, además de una protección adecuada para la vista.

Para casos en que se suelden metales que desprendan humos tóxicos, el operario deberá ir provisto de careta antigás, será obligatorio el uso de polainas y mandiles.

Resumiendo, podemos clasificar la seguridad en tres tipos:

1. Protección individual

- Guantes para el contacto de materiales agresivos mecánicamente.
- Guantes de soldador.
- Botas de seguridad en la zona de trabajo.
- Ropa adecuada para trabajo.
- Pantalla protectora para la soldadura.
- Tapones para la contaminación acústica.
- Gafas protectoras contra partículas, es decir, uso de gafas protectoras en trabajos donde puedan saltar partículas como taladros, radiales, etc.

2. Protecciones colectivas

- Extintores para zonas donde se utilicen líquidos inflamables, almacenes, etc.
- Extractores de humos en las zonas donde se generan.
- Interruptores diferenciales en la maquinaria y cuadros eléctricos.
- Botiquín de primeros auxilios con todo el material requerido teniendo en cuenta los ámbitos vigentes de la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el trabajo.
- Información sobre la localización del centro médico más próximo al cual acudir en caso de que alguien se accidentara.

3. Protecciones a terceros

- Señalizar los movimientos de vehículos de acuerdo con las normas de seguridad vial.

4. Planos

En este apartado se encuentran los distintos planos de montaje y despiece necesarios para la ejecución del proyecto. Serán adjuntados al final de este documento.

5. Pliego de condiciones

El Pliego de condiciones tiene como objetivo, el establecimiento de todas aquellas disposiciones que el autor considere oportunas y necesarias para tenerse en cuenta en la ejecución material del proyecto en cuestión, por parte del contratista de la obra.

Según la Real Academia de la Lengua, Pliego de Condiciones quiere decir: *“Documento que contiene las condiciones a que se han de sujetar las dos partes que formalizan un contrato.”*

5.1. Objetivo

Este Pliego de Condiciones, de aplicación en este Trabajo de Fin de Grado, lo constituye un conjunto de normas, especificaciones e instrucciones que han de llevarse a cabo para la buena realización del proyecto, en este caso un elevador de vehículos tipo tijera.

5.2. Calidad de los materiales empleados

Hemos de señalar la importancia de este apartado, ya que los materiales empleados para la elaboración del proyecto han de ser los señalados en la siguiente tabla. De no ser así el elevador no sería seguro y podría ser un peligro intentar elevar una carga.

Como indicamos en los cálculos justificativos, los elementos más exigentes son los pasadores, base superior y los perfiles. La base inferior será del mismo material que la superior. Los demás materiales vienen dados por el fabricante o de acero galvanizado, como indicamos en la siguiente tabla donde encontramos todas las piezas que componen nuestro elevador con una información muy interesante:

Ref. Plano	Nombre	Cantidad (UN)	Medidas (mm)	Longitud (mm)	Material	Peso (kg)	Referencia
1	Perfiles	16	100x60x4	1450	S275	200	100x30x4 FRÍO
2	Perfil cilindro	2	100x60x4	400	S275	92,32	100x30x4 FRÍO
3	Base superior	2	Plano 5/15	Plano 5/15	S235	147,42	
4	Base inferior	2	Plano 4/15	Plano 4/15	S235	37,46	
5	Eje/pasador G y H	24		30	Acero templado (600 Mpa)	1,76	DIN 6325 20x30
6	Eje/pasador orejeta cilindro	2	Plano 10/15	Plano 10/15	Clase 5.6 (300 MPa)	1,44	
7	Eje/pasador I	2	Plano 11/15	Plano 11/15	Clase 5.6 (300 MPa)	2,25	
8	Eje/pasador orejeta perfil	8	Plano 12/15	Plano 12/15	Clase 5.6 (300 MPa)	0,37	
9	Eje/pasador C y D	8	Plano 14/15	Plano 14/15	Clase 5.6 (300 MPa)	2,69	
10	Eje/pasador delizante B y F	4	Plano 15/15	Plano 15/15	Clase 5.6 (300 MPa)	6,86	
11	Casquillo acero	52	23x20	30	Acero	4,11	UA-20-23
12	Arandela seguridad	44	20x19x1,2	1,2	Acero al carbono	0,30	DIN 471 20x1,2
13	Orejeta perfil	8	Plano 8/15	Plano 8/15	Acero galvanizado	14,10	
14	Orejeta cilindro	4	Plano 9/15	Plano 9/15	Acero galvanizado	13,88	
15	Cilindro	4				76,00	CICFAEE 704/6

16	Tubo antitorsión 1	2	Plano 13/15	460	S235	2,86	
17	Tubo antitorsión 2	2	Plano 13/15	582	S235	3,62	

Tabla 29.- Calidad de los materiales empleados

5.3. Normas de ejecución

Todas las medidas especificadas en los planos de montaje han de cumplirse, por el contrario, la estructura no cumplirá su función y por lo tanto gastaremos tiempo y dinero. Las medidas de las piezas realizadas por nosotros han de cumplir las medidas de los planos. Las medidas de los pasadores, arandelas, casquillos comprados de un proveedor han de ser las especificadas y verificarlas en su recepción para realizar su devolución/reclamación en caso necesario.

Se ha de tener en cuenta que los procesos de soldadura se han de atenerse a la norma vigente (UNE-EN ISO 14731:2008 y UNE-EN ISO 6520-1:2009), se utilizará soldadura MIG/MAG (soldadura por arco bajo gas protector con electrodo consumible), ya que es un proceso versátil y puede realizar cordones de soldadura de hasta 6 mm.

Primeramente se comenzará con las uniones entre perfiles, cada perfil perforado tendrá los casquillos soldados en sus perforaciones, en los cuales se les insertara los ejes/pasadores que unen un elemento con otro.

Unión puntos G y H

Esta unión la compone un casquillo por cada perfil, y un eje pasador por cada dos perfiles.

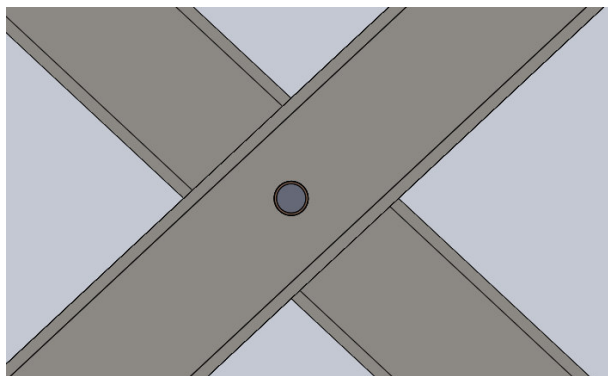


Figura 41.- Unión de los puntos G y H

Unión puntos B y F

Los puntos B y F son apoyos deslizantes y como se puede ver en la siguiente figura consta de un eje pasador, casquillos en los perfiles y arandelas de retención

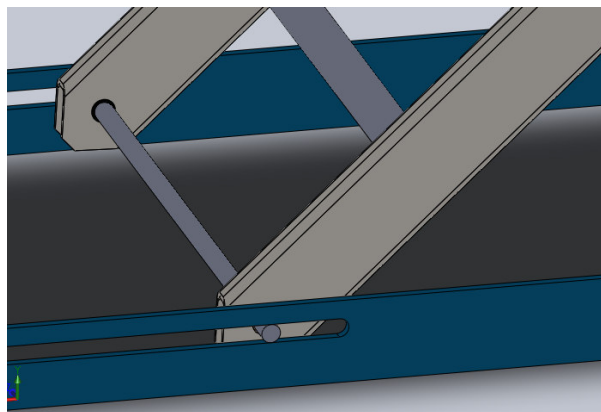


Figura 42.- Unión de los puntos B y F

Unión puntos A y E

Como se puede ver en las imágenes, estas uniones la componen casquillos en los perfiles (soldados a ellos), un eje/pasador y dos arandelas de seguridad por cada perfil.

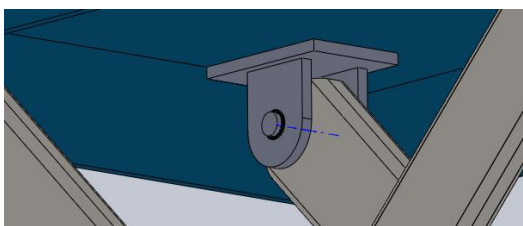


Figura 43.- Unión de los puntos A y E superior

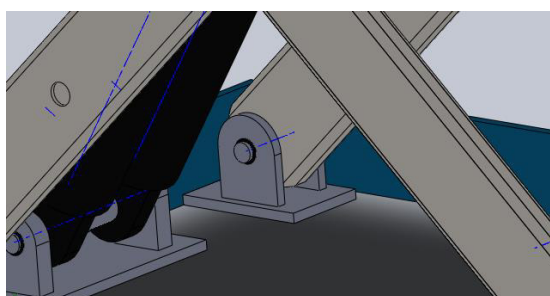


Figura 44.- Unión de los puntos A y E en el inferior

Unión cilindro (A-I)

Esta unión está compuesta por una orejeta unida a la base inferior, arandelas de retención y un eje/pasador. La parte superior (I), consta de un perfil soldado a los perfiles de los extremos y de una orejeta que une el pasador con los perfiles y el cilindro, con esto se transmite la fuerza para que la estructura pueda elevarse.



Figura 45.- Unión del punto A cilindro

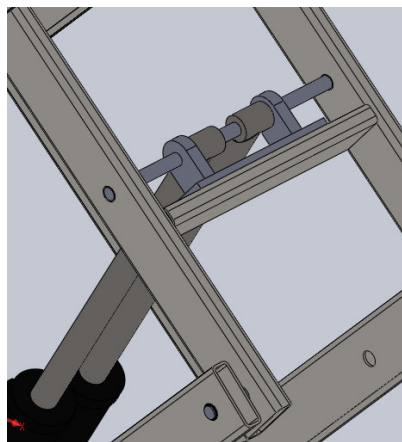


Figura 46.- Unión del punto I cilindro

Unión puntos C y D

Esta unión está compuesta por casquillos, arandelas de retención y un eje/pasador. Las arandelas de retención o seguridad son para que el eje no se desplace.

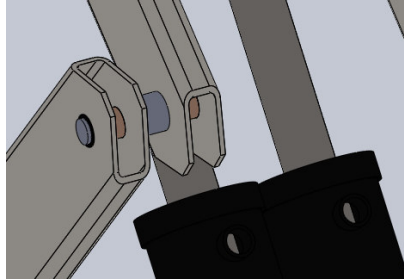


Figura 47.- Unión de los puntos C y D

Las dos orejetas superiores estarán unidas a la base superior por soldadura, y en la situación que detalla el plano 2/15.

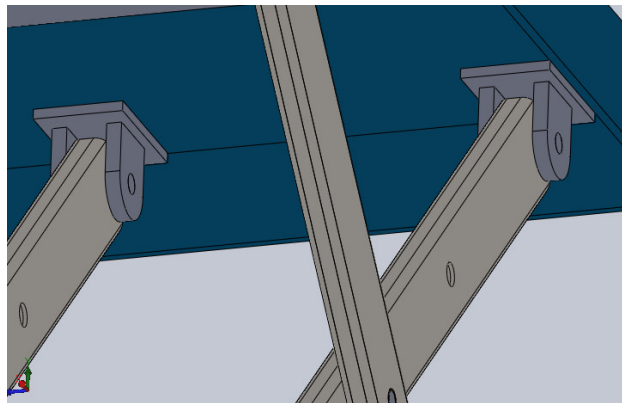


Figura 48.- Unión de las orejetas de los perfiles

Las dos orejetas inferiores estarán unidas a la base inferior por soldadura, y en la situación que detalla el plano 2/15 (Figura 49), estas medidas deben de cumplirse para que el conjunto cumpla su función, además este es el primer paso para el montaje del elevador. La orejeta del cilindro también estará unida a la base inferior por medio de soldadura.

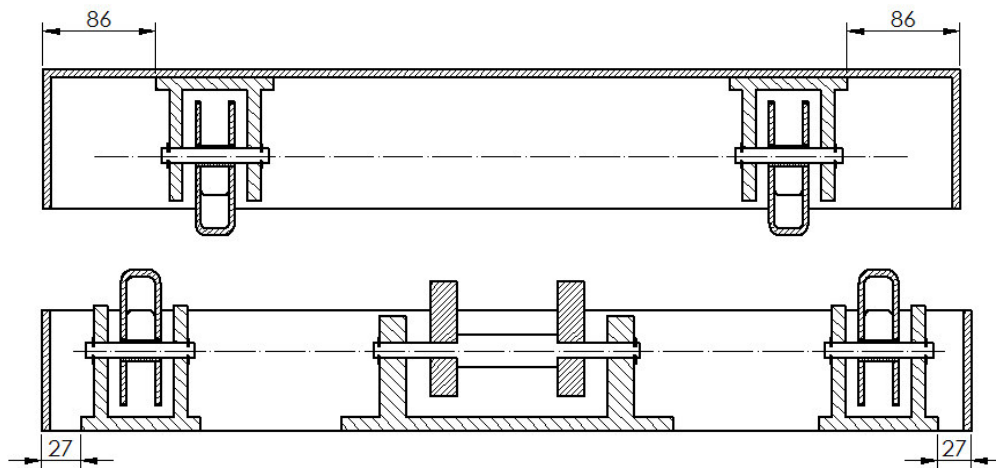


Figura 49.- Unión de las orejetas de los perfiles y de la orejeta del cilindro

Además de los componentes nombrados, por cuestión de seguridad también se incluirá en el conjunto dos barras “antitorsi3n”, unidas por soldadura a los perfiles, para evitar que los perfiles intenten abrirse o cerrarse entre ellos. Una situada entre los puntos G-B y otra entre los puntos H-F.



Figura 49.- Barras antitorsi3n

5.4. Taller ejecutor

El proyecto descrito en el presente Trabajo Fin de Grado se ejecutara en el taller que acepte la ejecuci3n del proyecto, y que este provisto de las herramientas y m1quinas necesarias para la elaboraci3n del proyecto.

6. Mediciones

Para presupuestar y tener una idea aproximada del precio, se tendrá que calcular el coste del material, teniendo en cuenta las piezas que se han de fabricar o incluso se podrían mandar a fabricar a una empresa destinada a hacer estos trabajos.

Para empezar a calcular, se necesita la densidad del acero y su precio actual, 7,8 kg/dm³ y 1,2€/kg. Teniendo estos datos, se procede a obtener el volumen de cada pieza, y que se muestra en la siguiente tabla.

MEDICIONES							
	Nombre	Medidas (mm)	Longitud (mm)	Material	Volumen (dm ³)	Peso (kg)	Precio unidad (€)
	Base superior	Plano 5/15	Plano 5/15	S235	9,4498	100	120
	Base inferior	Plano 4/15	Plano 4/15	S235	2,4013	18,730	22,476
	Eje/pasador orejeta cilindro	Plano 10/15	Plano 10/15	Clase 5.6 (300 MPa)	0,0926	0,722	0,866
	Eje/pasador I	Plano 11/15	Plano 11/15	Clase 5.6 (300 MPa)	0,1445	1,127	1,353
	Eje/pasador orejeta perfil	Plano 12/15	Plano 12/15	Clase 5.6 (300 MPa)	0,0060	0,047	0,056
	Eje/pasador C y D	Plano 14/15	Plano 14/15	Clase 5.6 (300 MPa)	0,0432	0,337	0,404
	Eje/pasador delizante B y F	Plano 15/15	Plano 15/15	Clase 5.6 (300 MPa)	0,2199	1,715	2,058
	Orejeta perfil	Plano 8/15	Plano 8/15	Acero galvanizado	0,2260	1,762	2,115
	Orejeta cilindro	Plano 9/15	Plano 9/15	Acero galvanizado	0,4450	3,471	4,165

Tabla 30.- Mediciones

Más adelante, en el apartado de presupuesto se calcularán más detalles como son el precio total y el peso del conjunto que forman las dos plataformas.

7. Presupuesto

Con todos los datos recopilados anteriormente, precio material, cubicaciones, cantidad de piezas, etc, se procede a presupuestar nuestro Trabajo para saber su coste. Estos datos se han recopilado en la siguiente tabla:

Datos del elevador									
Ref. Plano	Nombre	Cantidad (UN)	Medidas (mm)	Longitud (mm)	Material	Peso (kg)	Referencia	Precio unidad ó metro lineal	Precio (€)
3	Perfiles	16	100x60x4	1450	S275	170.29	100x30x4 FRÍO	9.800	227.360
4	Perfil cilindro	2	100x60x4	400	S275	5.87	100x30x4 FRÍO	9.800	7.840
2	Base superior	2	Plano 5/15	Plano 5/15	S235	200.00		240.000	480.000
1	Base inferior	2	Plano 4/15	Plano 4/15	S235	37.46		44.952	89.904
17	Eje/pasador G y H	24		30	Acero templado (600 Mpa)	1.76	DIN 6325 20x30	2.010	48.240
7	Eje/pasador orejeta cilindro	2	Plano 10/15	Plano 10/15	Clase 5.6 (300 MPa)	1.44		1.733	3.465
8	Eje/pasador I	2	Plano 11/15	Plano 11/15	Clase 5.6 (300 MPa)	2.25		2.705	5.411
9	Eje/pasador orejeta perfil	8	Plano 12/15	Plano 12/15	Clase 5.6 (300 MPa)	0.37		0.450	3.598
15	Eje/pasador C y D	8	Plano 14/15	Plano 14/15	Clase 5.6 (300 MPa)	2.69		3.232	25.852
16	Eje/pasador delizante B y F	4	Plano 15/15	Plano 15/15	Clase 5.6 (300 MPa)	6.86		8.233	32.934
14	Casquillo acero	52	23x20	30	Acero	4.11	UA-20-23	5.920	307.840
13	Arandela seguridad	44	20x19x1,2	1.2	Acero al carbono	0.30	DIN 471 20x1,2	0.095	4.184
5	Orejeta perfil	8	Plano 8/15	Plano 8/15	Acero galvanizado	14.10		16.919	135.354
6	Orejeta cilindro	4	Plano 9/15	Plano 9/15	Acero galvanizado	13.88		16.659	66.636
12	Cilindro	4				76.00	CICFAEE 704/6	219.830	879.320
10	Tubo antitorsor 1	2	Plano 13/15	460	S235	2.86		5.210	4.793
11	Tubo antitorsor 2	2	Plano 13/15	582	S235	3.62		5.210	6.064
Peso total 2 plataformas =						537.403			2328.796

Tabla 31.- Coste material y peso del conjunto

En esta tabla se puede ver el precio total de los materiales es de 2202,6€. A este precio no se le ha incluido el coste de la mano de obra. Por lo que se va a proceder a considerarla. En la siguiente tabla se muestra todos los datos referentes a la mano de obra.

Los datos referentes a mano de obra están establecidos por el Convenio Colectivo de ámbito sectorial para la Industria Siderometalúrgica, de la provincia de Jaén, para un oficial de primera.

DATOS REFERENTES A MANOS DE OBRA		
Días	365	días
Vacaciones	1	mes
Pagas extras	2	
Seguridad social	35	%
Gastos generales	30	%
Beneficio industrial	18	%
Horas trabajadas al año	1758	horas
Sueldo diario	24,82	€
Horas montaje y soldadura	24	horas

Tabla 32.- Mano de obra

Una vez se tienen estos datos, se aplica la fórmula para hallar el valor de la mano de obra y seguidamente sumársela al coste de materia, aplicándole el porcentaje de beneficio industrial. La ecuación de la mano de obra es la siguiente:

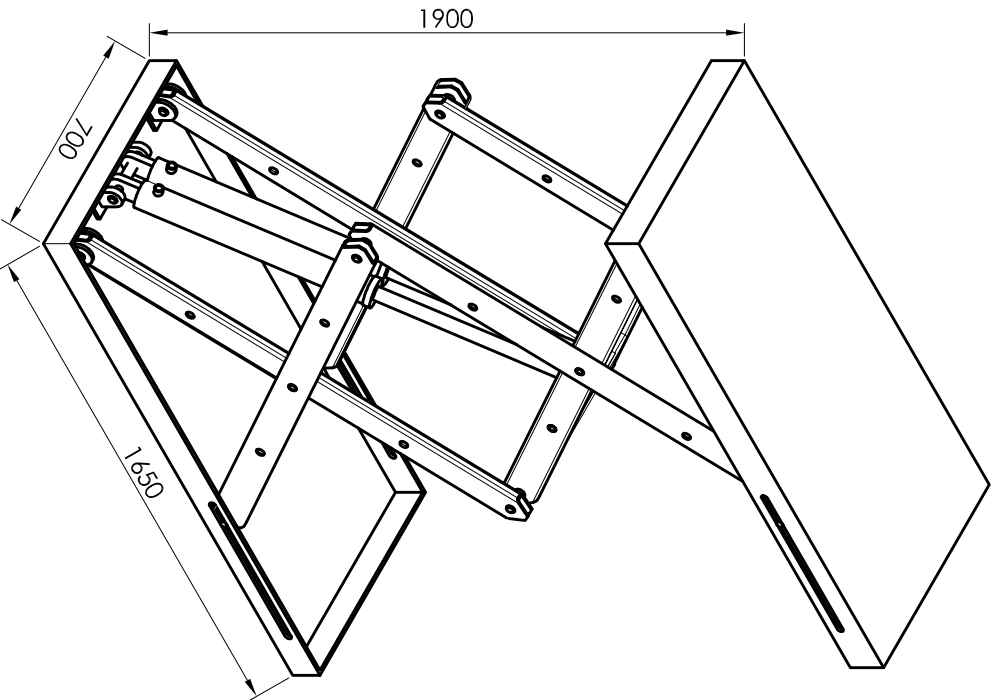
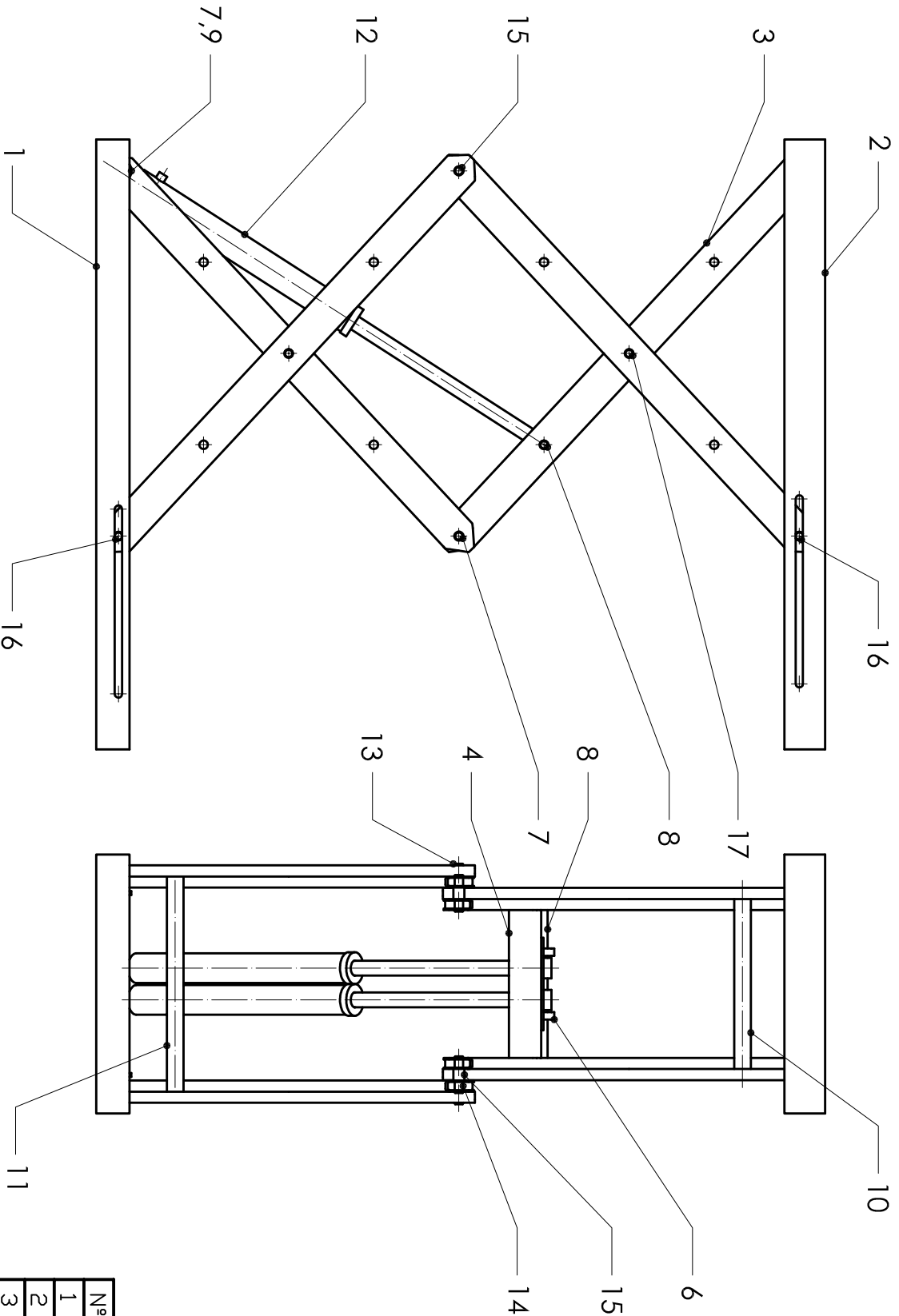
$$m. o. d = \frac{A \cdot 365 \cdot \left(\frac{12 + \text{pagas extras}}{12} \right)}{N} \cdot (1 + \text{Seg. Social} + \text{Gastos generales})$$

Donde A, es el sueldo diario y N las horas trabajadas al año.

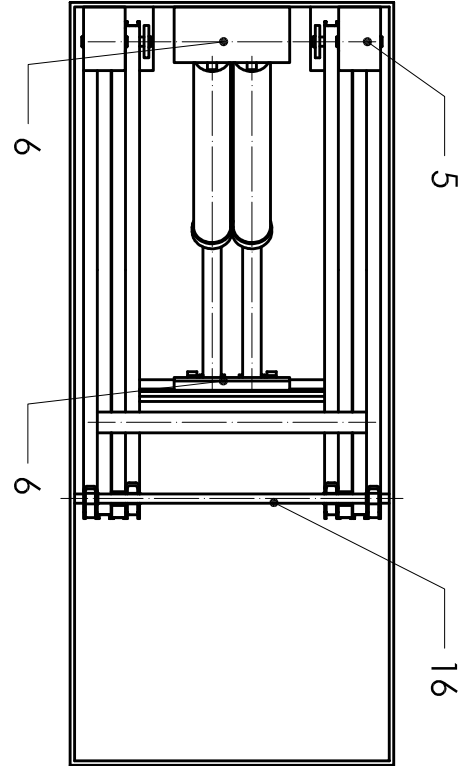
Aplicando esta fórmula se obtiene un presupuesto de:

Mano de obra =	9.92	€/hora
Coste m.o.d del elevador =	238,08	€/elevador
Coste del elevador =	3028,91	€

Tabla 33.- Presupuesto final

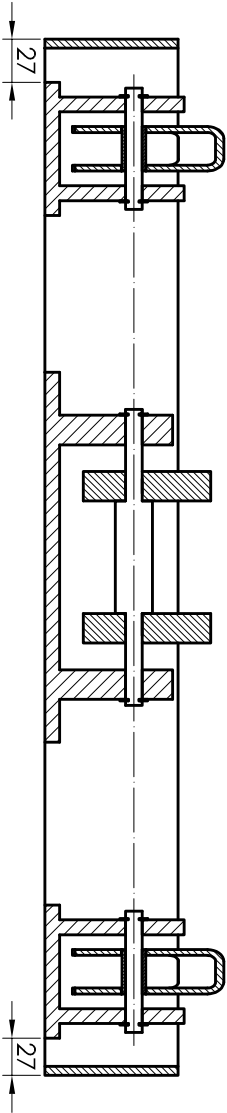
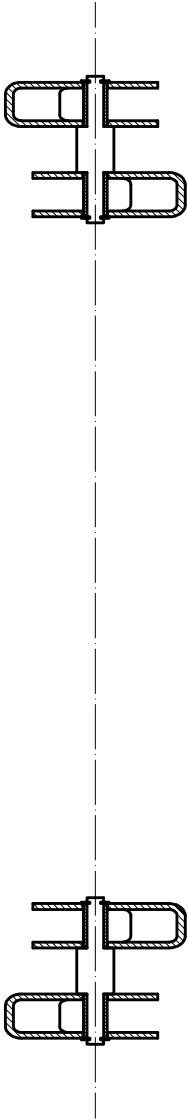
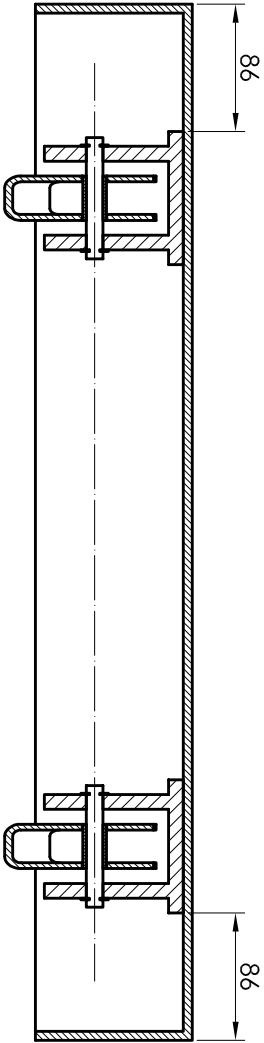


Nº	NOMBRE	PLANO	REFERENCIA	MATERIAL	CANT.
1	Base inferior	4/15		S235	2
2	Base superior	5/15		S235	2
3	Perfil	6/15	100x30x4	S275	16
4	Perfil cilindro	7/15	100x30x4	S275	2
5	Drejeta perfil	8/15		Acero galv.	8
6	Drejeta cilindro	9/15		Acero galv.	4
7	Eje/pasador cilindro	10/15		Clase 5.6	2
8	Eje/pasador I	11/15		Clase 5.6	2
9	Eje/pasador perfil	12/15		Clase 5.6	8
10	Tubo 45x3 Antitorsi3n 1	13/15	45x3	S235	2
11	Tubo 45x3 Antitorsi3n 2	13/15	45x3	S235	2
12	Cilindro		CICFAEE 704/6		4
13	Arandela seguridad		DIN 471 20 eje		44
14	Casquillo 30 mm longitud		20x23x30	Acero	52
15	Eje/pasador C y D	14/15		Clase 5.6	8
16	Eje/pasador B y F	15/15		Clase 5.6	4
17	Eje/pasador G y H		DIN 6325 20x30		24

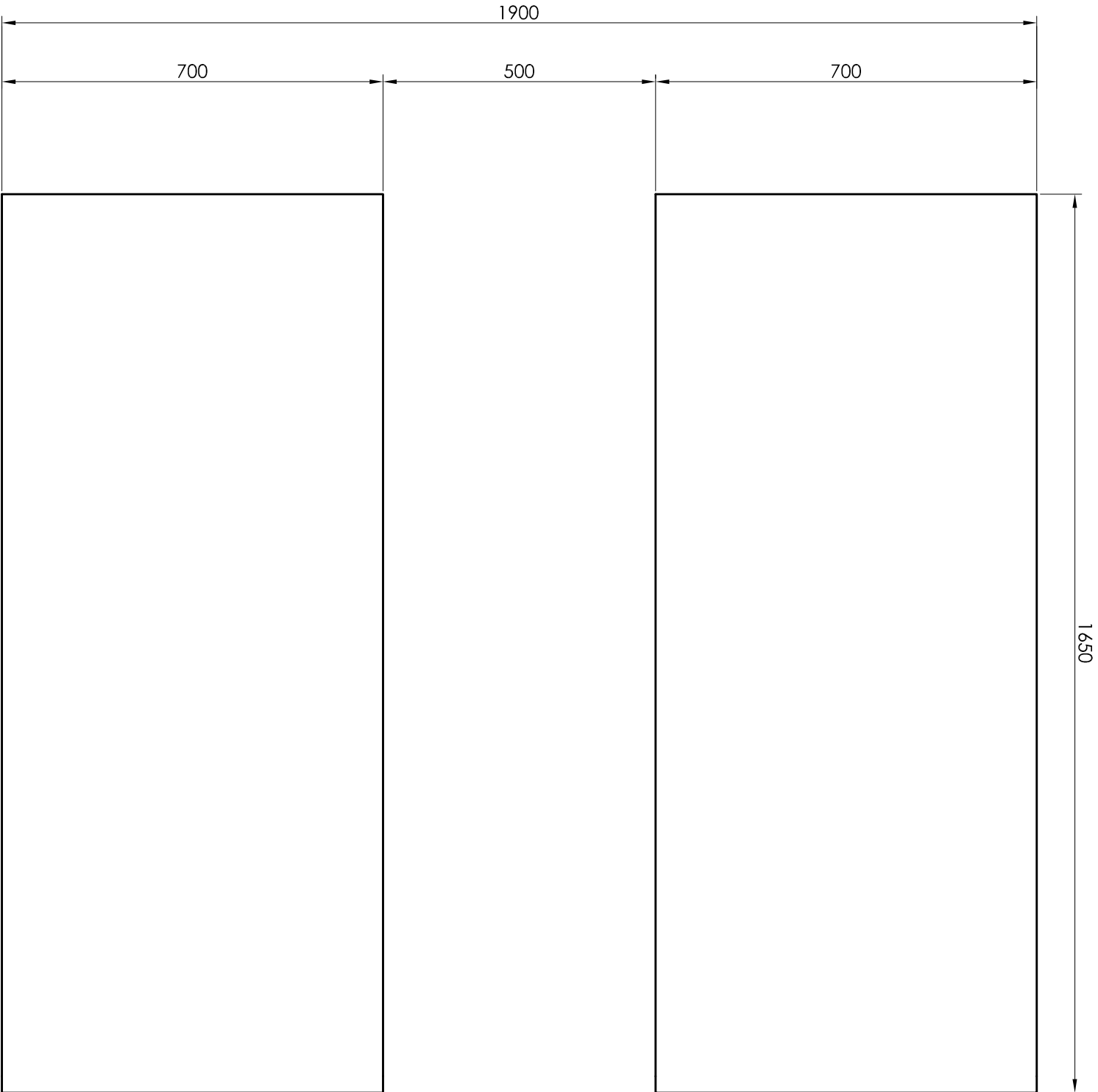


ESCALA:	Diseño y cálculo de un mecanismo elevador de vehículos		Nº PLANO
1:16	ELEVADOR DOBLE TIJERA		1/15
			SUSTITUYE A:
			SUSTITUIDO POR:

ESCUELA POLITÉCNICA
SUPERIOR
LINARES

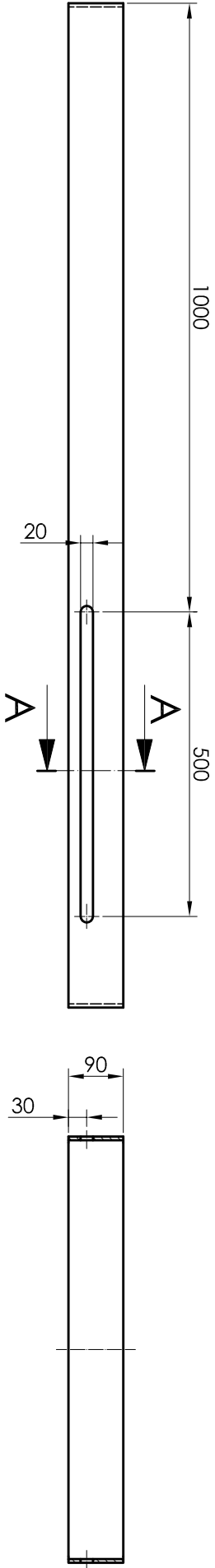


	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO		ANTONIO			
COMPROBADO	06	TORRES			
	2016	MALDONADO			
ESCALA:	Diseño y cálculo de un mecanismo elevador de vehículos				Nº PLANO 2/15
1:5	Disposición de orejetas				SUSTITUYE A:
					SUSTITUIDO POR:

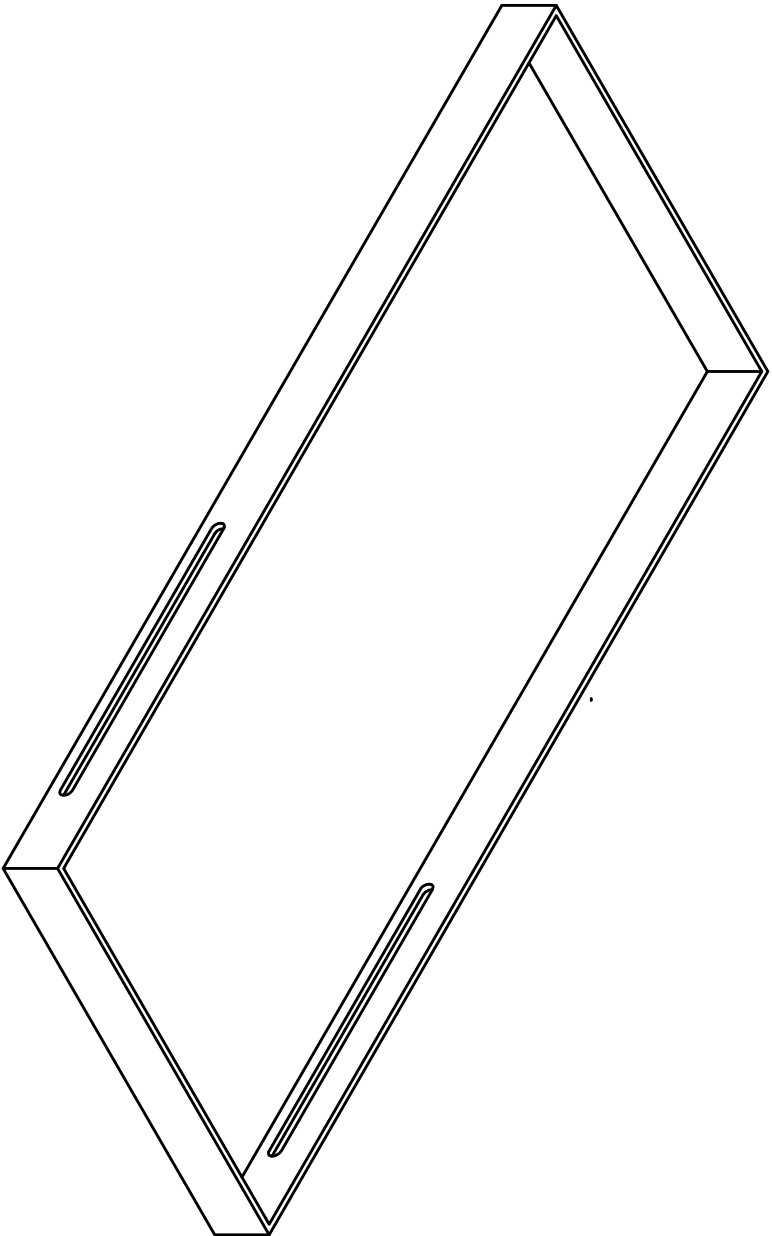
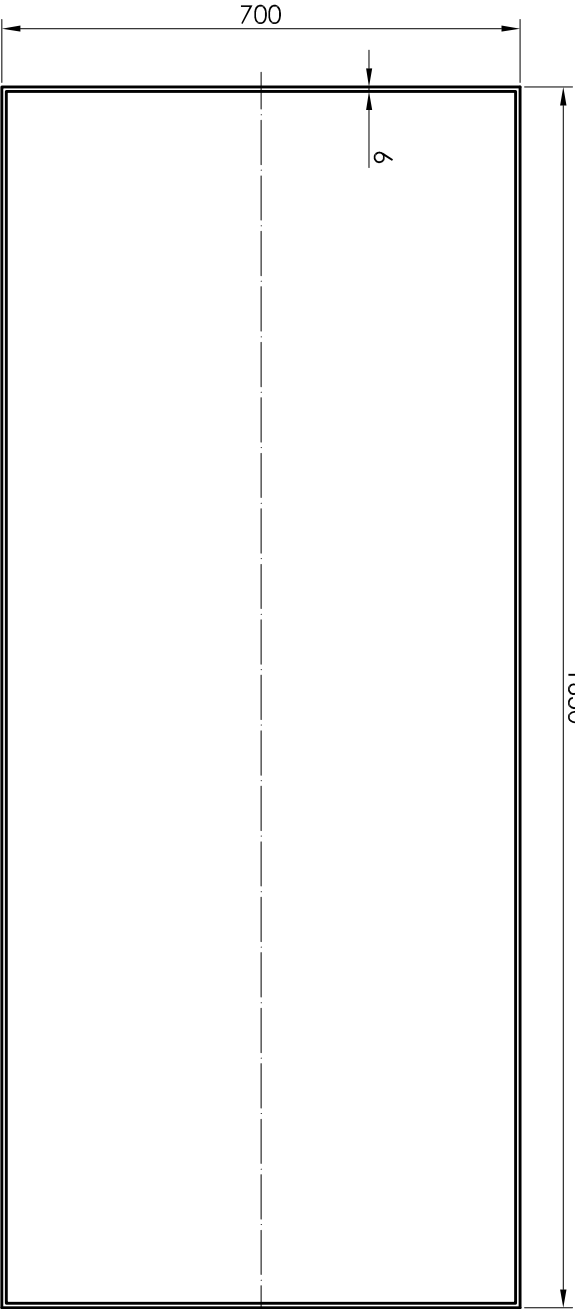


	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES		
DIBUJADO		ANTONIO				
COMPROBADO	06	TORRES				
	2016	MALDONADO		Diseño y cálculo de un mecanismo elevador de vehículos		
ESCALA:						
1:10	DISPOSICIÓN			Nº PLANO 3/15		
SUSTITUYE A:						
SUSTITUIDO POR:						

1

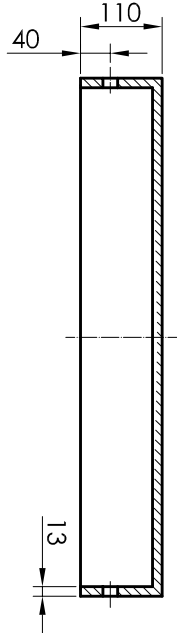
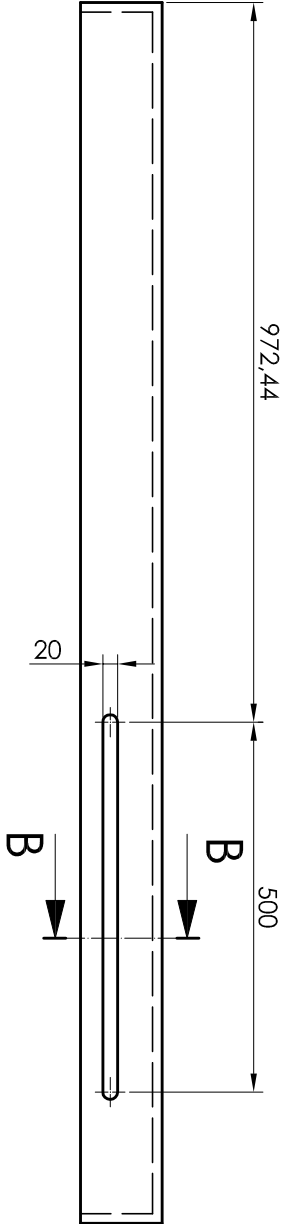


Corte AA

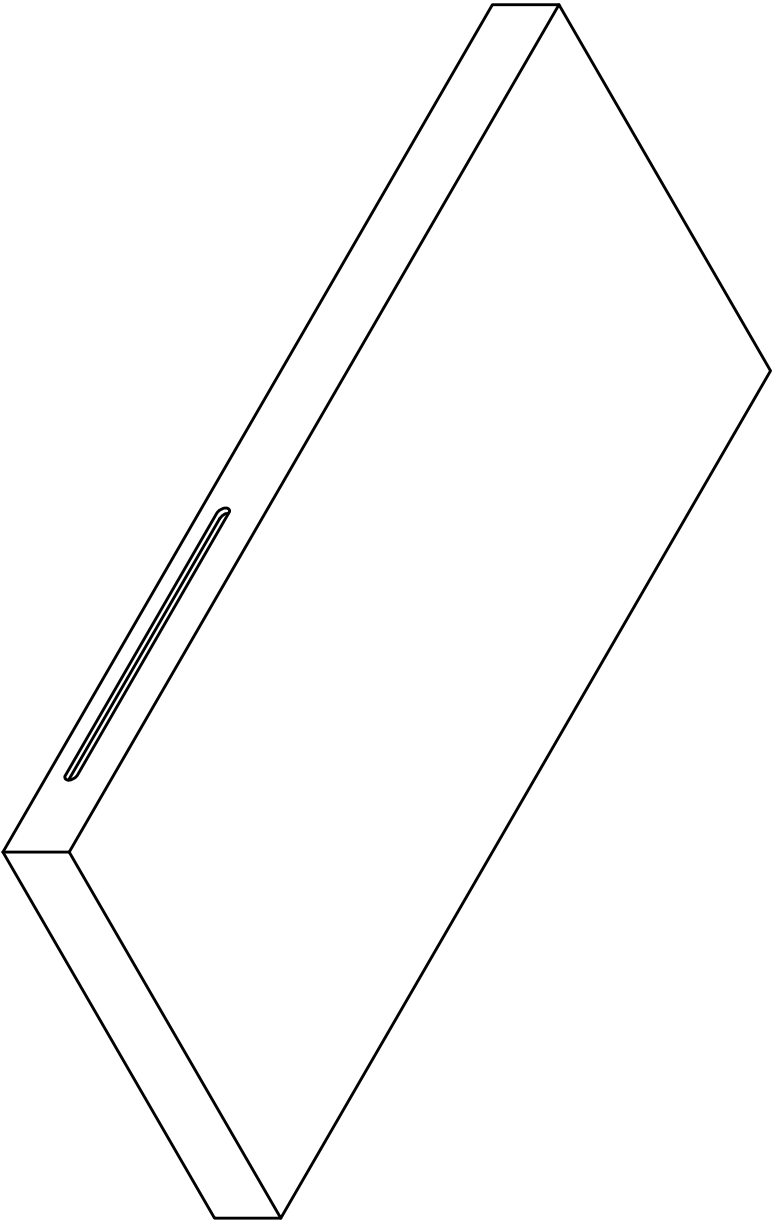
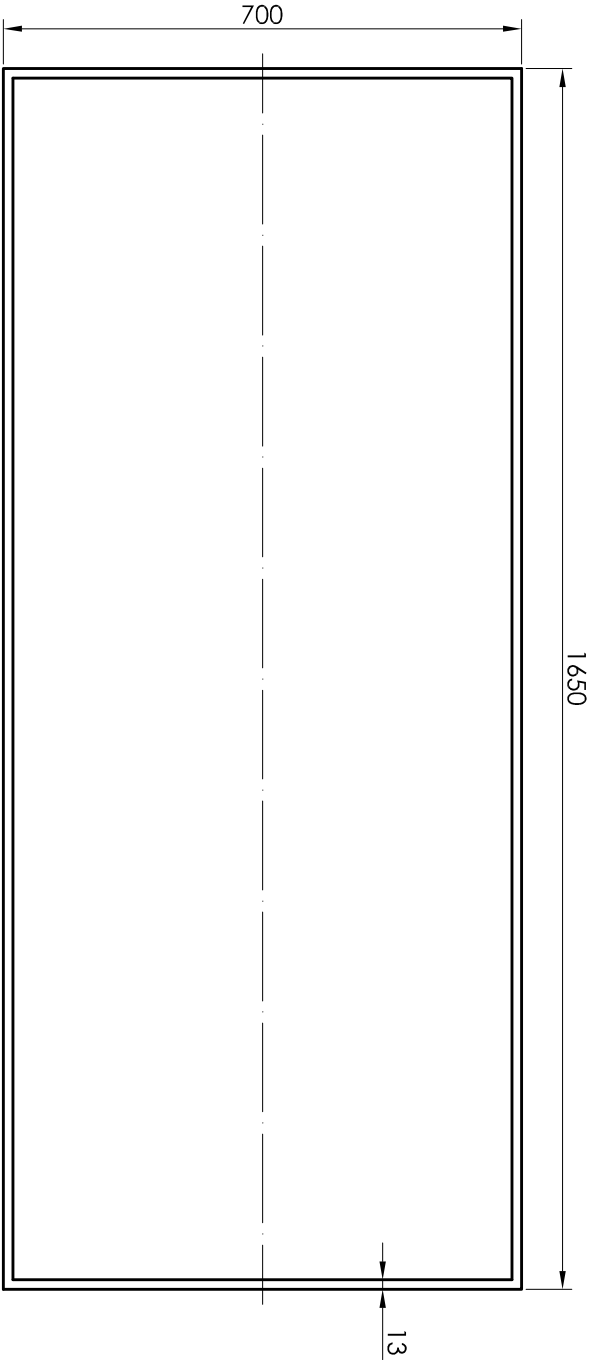


	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO		ANTONIO			
COMPROBADO	06	TORRES			
	2016	MALDONADO			
ESCALA:	Diseño y cálculo de un mecanismo elevador de vehículos			Nº PLANO 4/15	
1:10	Base inferior			SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	

2

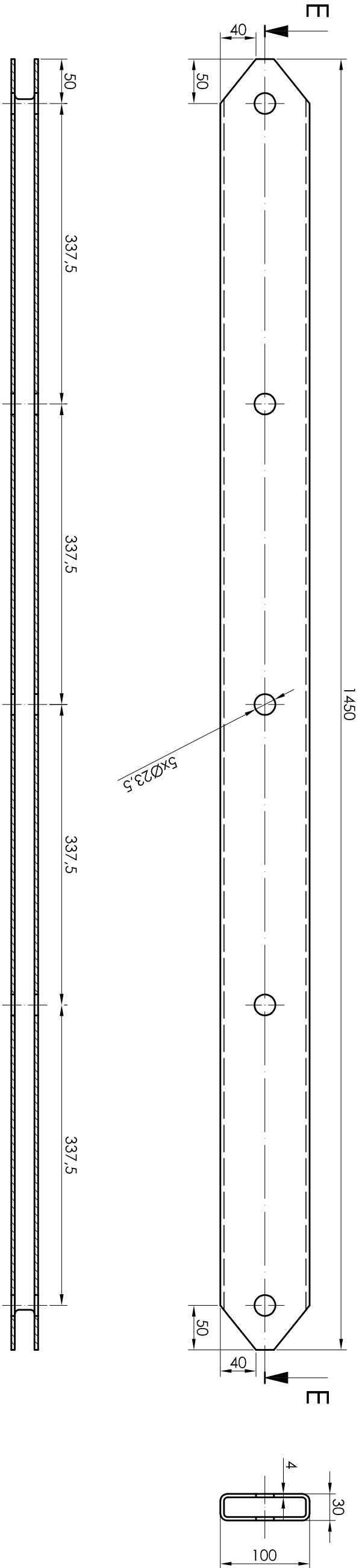


Corte BB

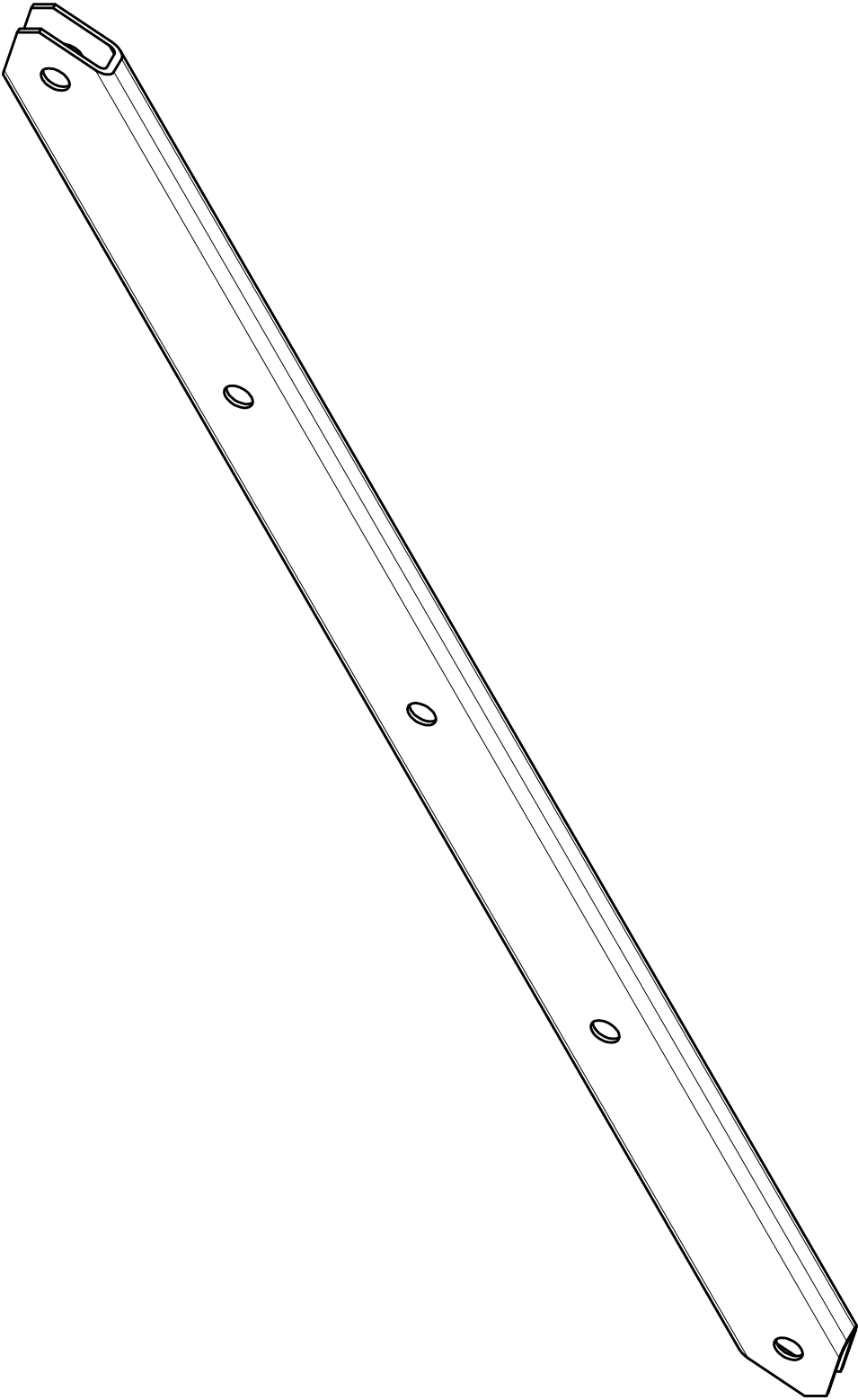


	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES		
DIBUJADO		ANTONIO				
COMPROBADO	06	TORRES				
	2016	MALDONADO		Diseño y cálculo de un mecanismo elevador de vehículos		
ESCALA:						
1:10	Base superior			Nº PLANO 5/15		
SUSTITUYE A:						
SUSTITUIDO POR:						

3

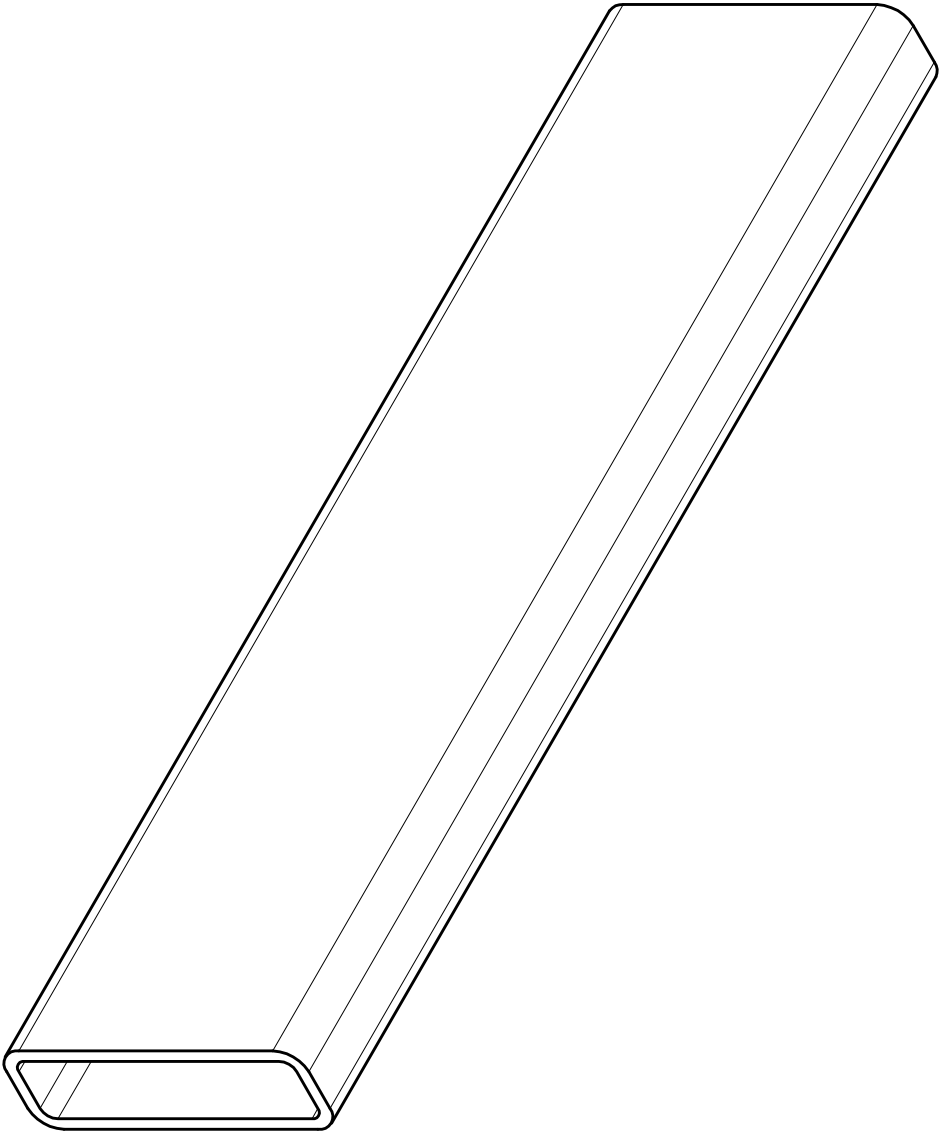
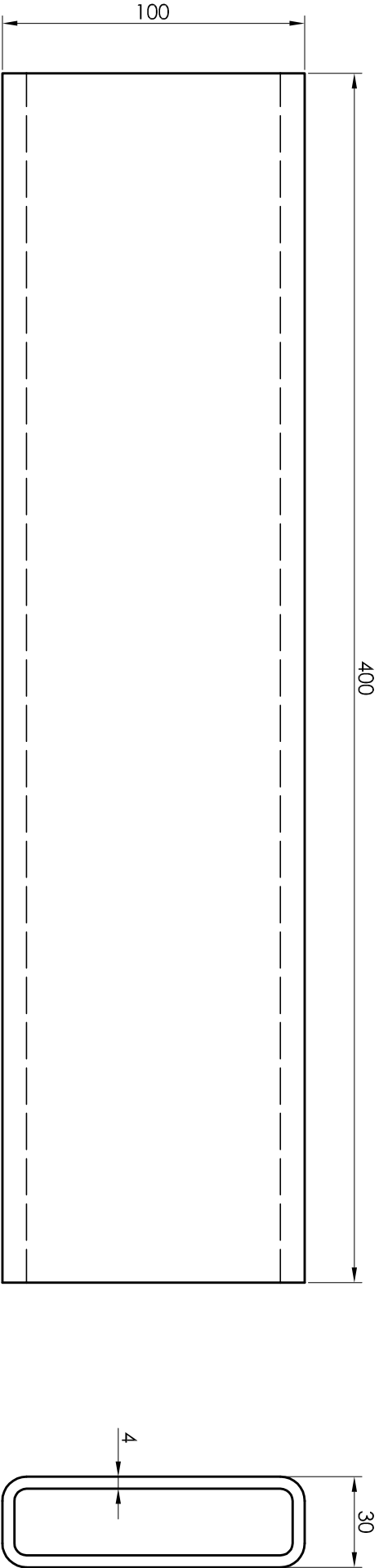


Corte EE

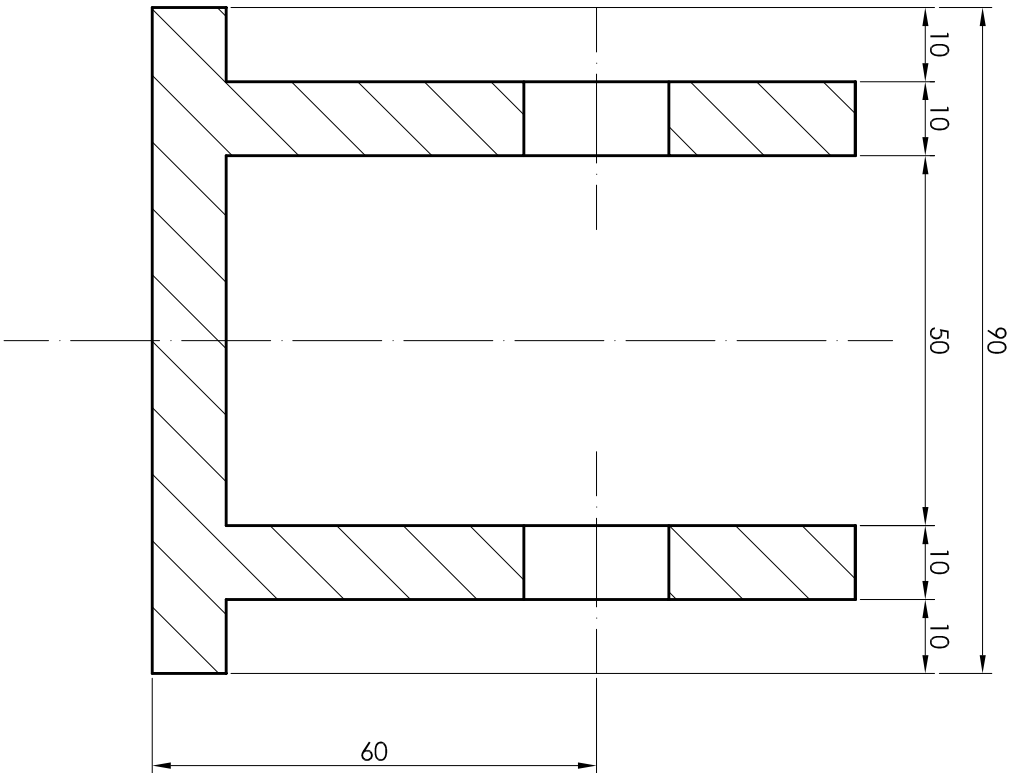
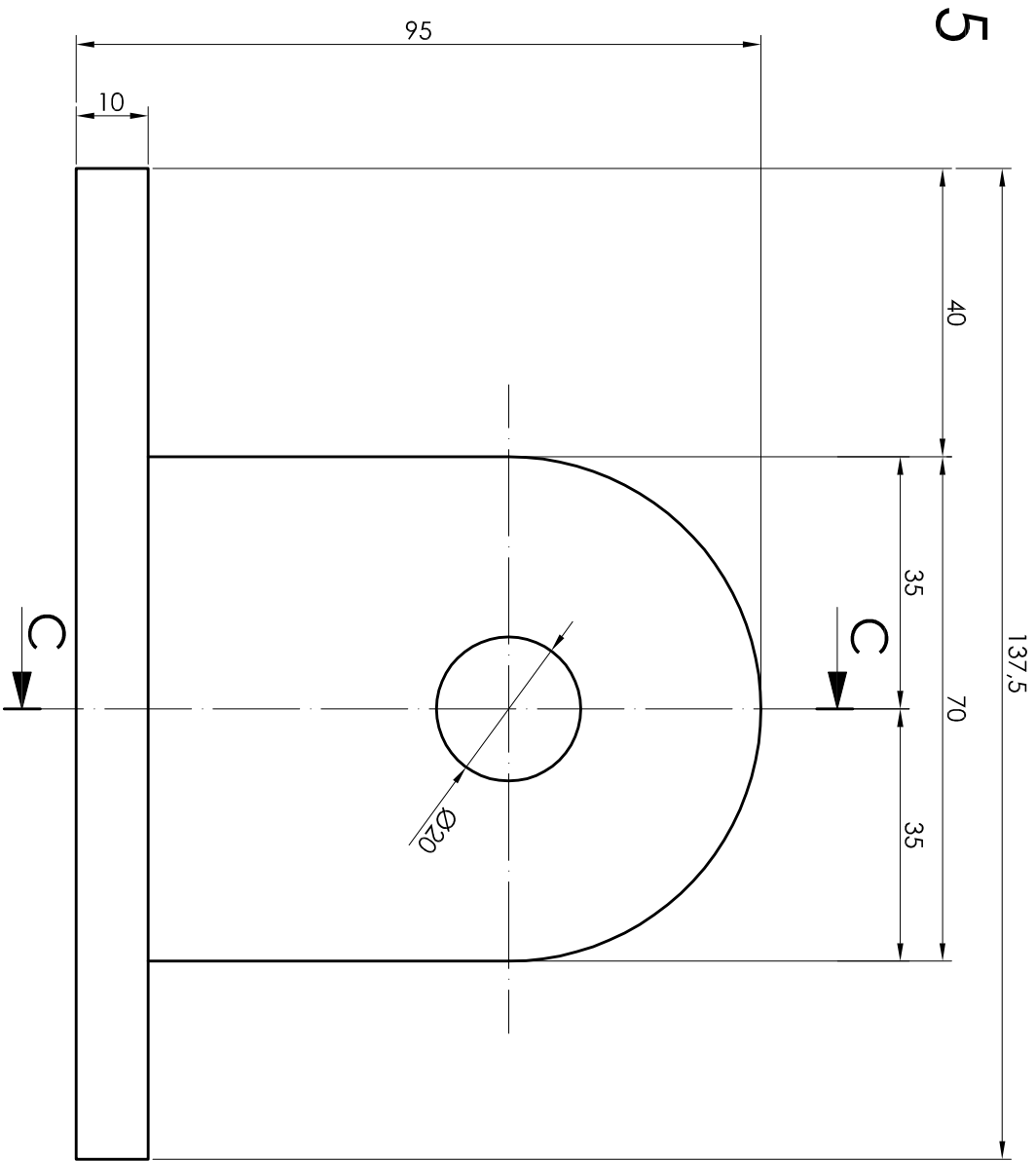


	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO		ANTONIO			
COMPROBADO	06	TORRES			
	2016	MALDONADO		Nº PLANO 6/15	
ESCALA:	Diseño y cálculo de un mecanismo elevador de vehículos			SUSTITUYE A:	
1:5	Perfil			SUSTITUIDO POR:	

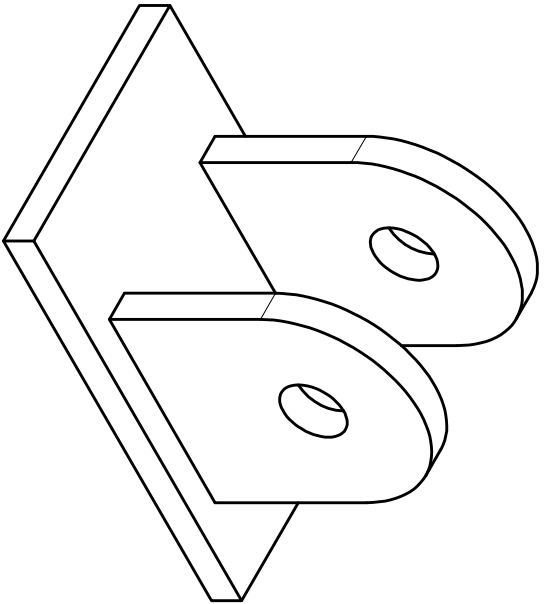
4



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO		ANTONIO			
COMPROBADO	06	TORRES			
	2016	MALDONADO			
ESCALA:	Diseño y cálculo de un mecanismo elevador de vehículos Perfil cilindro				Nº PLANO
1:2					7/15
					SUSTITUYE A:
					SUSTITUIDO POR:



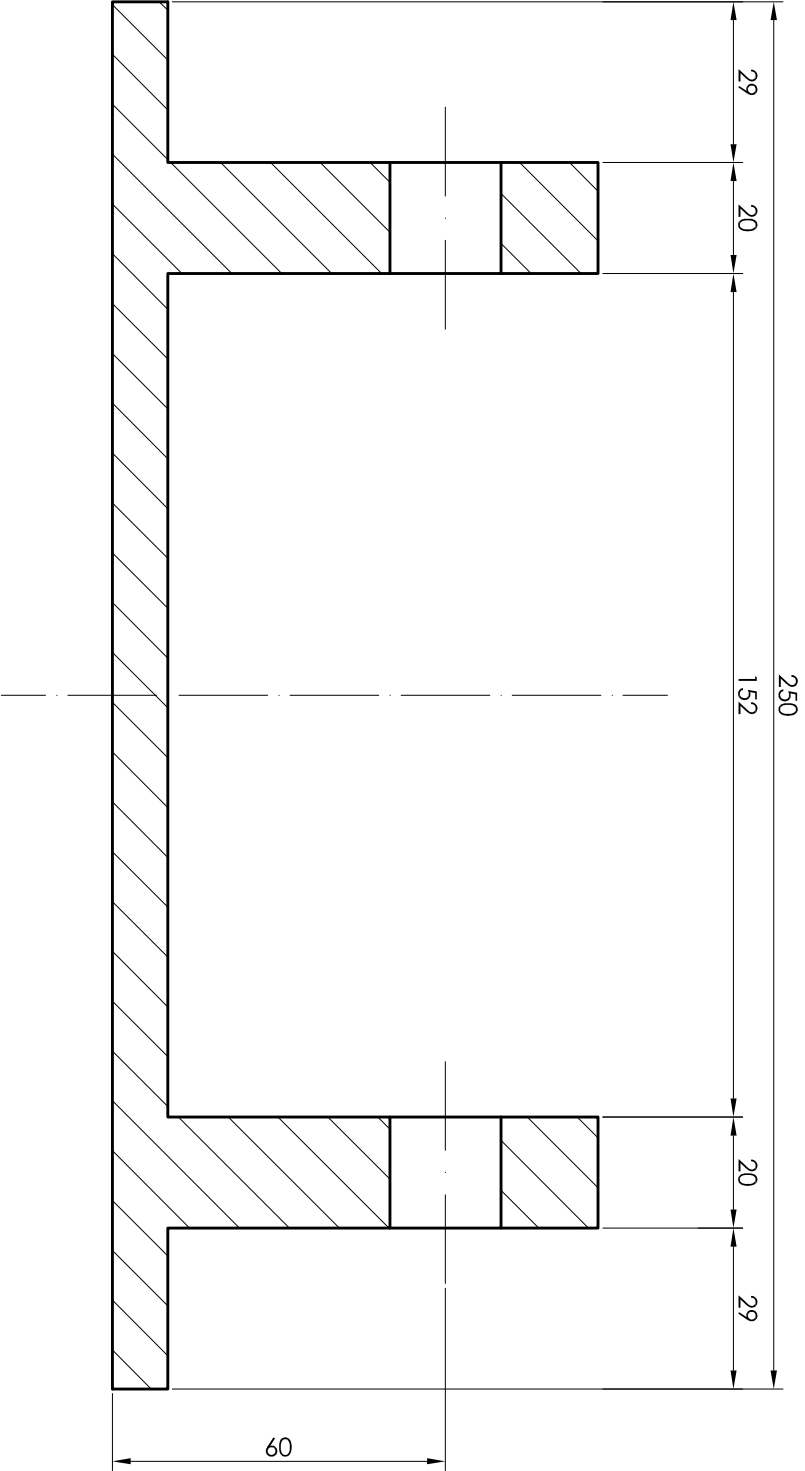
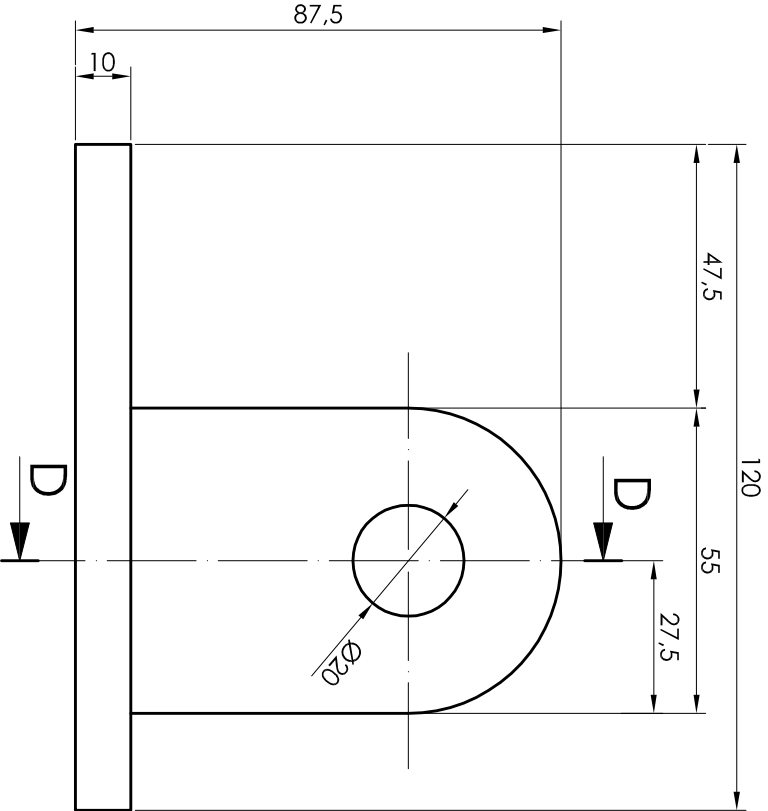
Corte CC



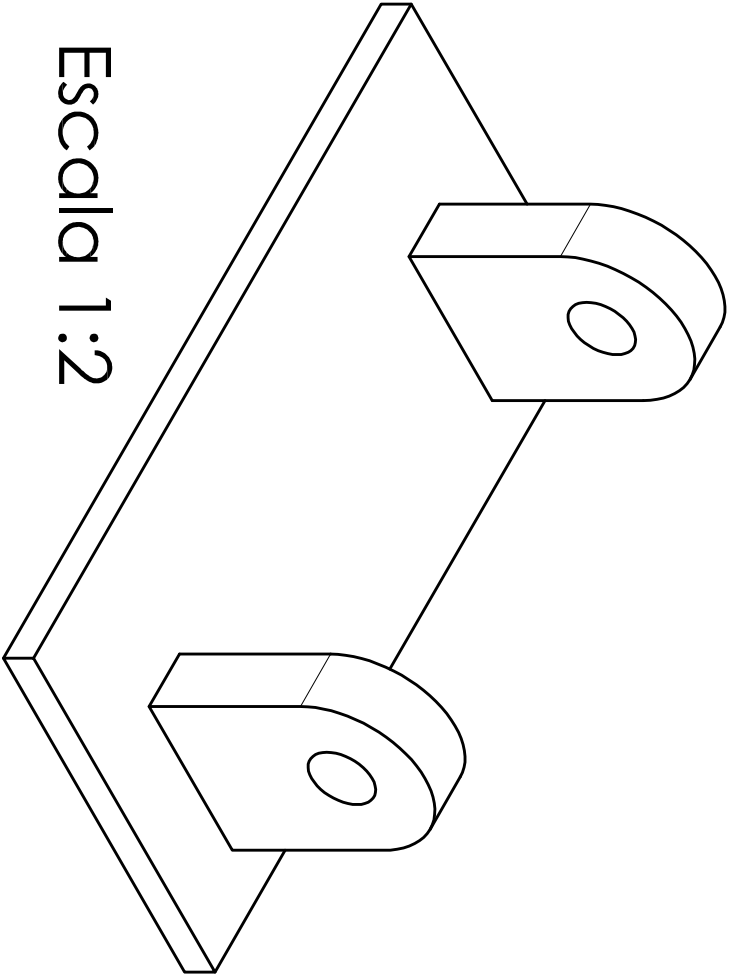
Escala 1:2

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO		ANTONIO			
COMPROBADO	06	TORRES			
	2016	MALDONADO			
ESCALA:	Diseño y cálculo de un mecanismo elevador de vehículos			Nº PLANO	
1:1	Projeta perfil			8/15	
				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	

6



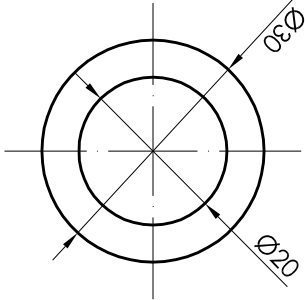
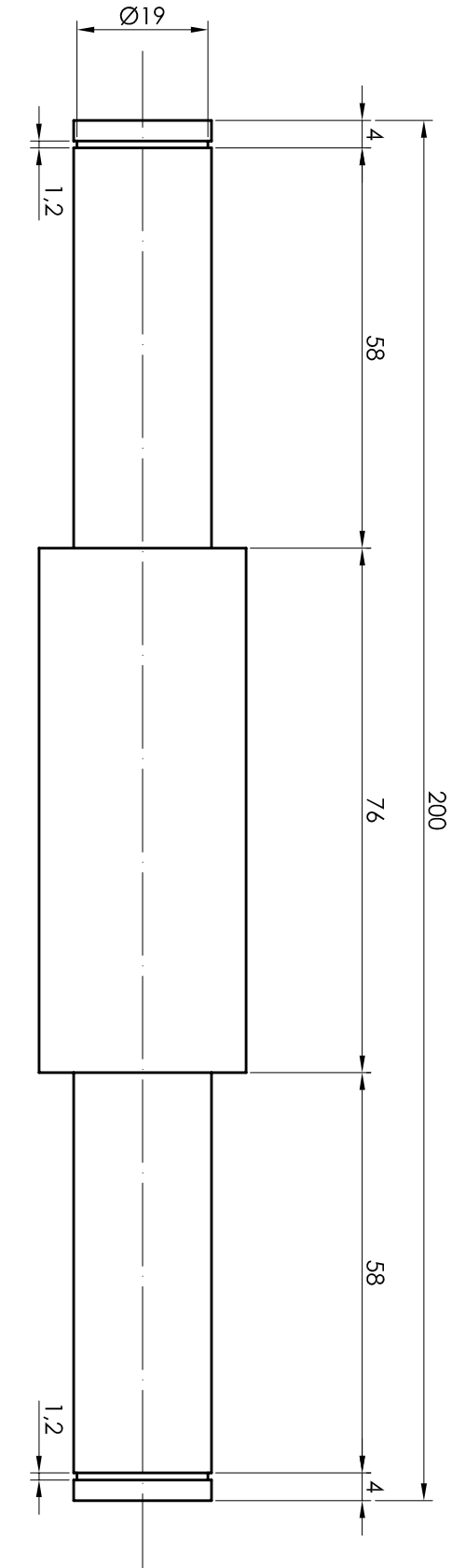
Corte DD



Escala 1:2

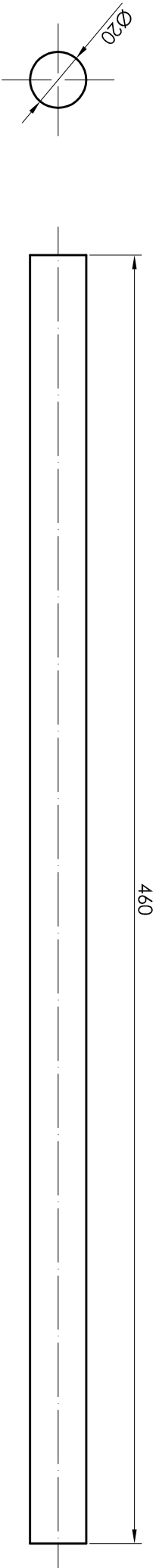
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO		ANTONIO			
COMPROBADO	06	TORRES			
	2016	MALDONADO			
ESCALA:	Diseño y cálculo de un mecanismo elevador de vehículos			Nº PLANO	
3:4	Proyecto cilindro			9/15	
				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	

7

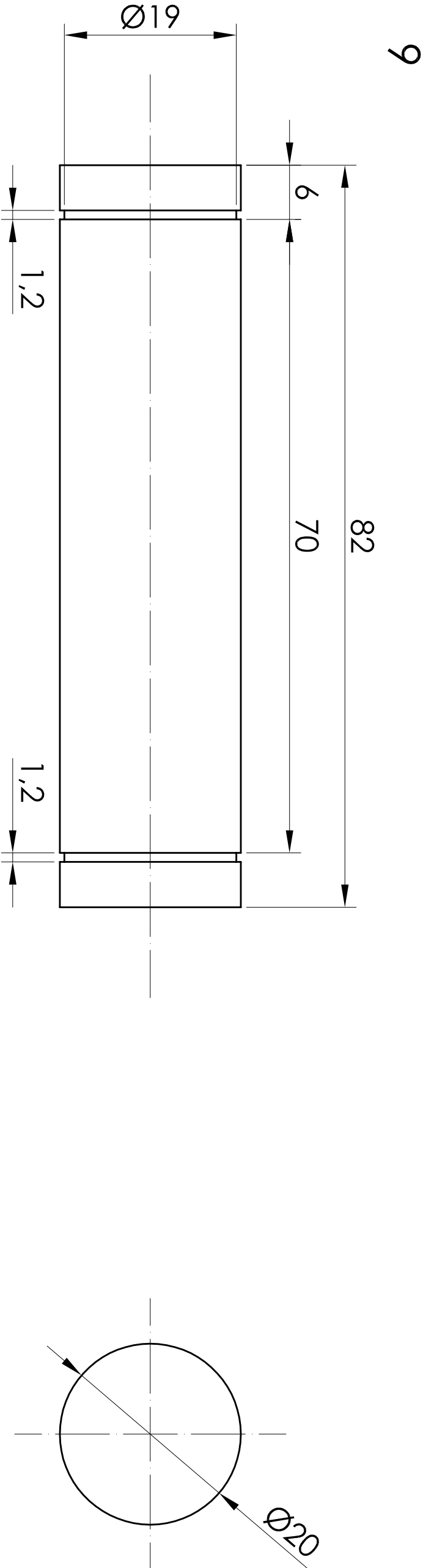


	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO		ANTONIO			
COMPROBADO	06	TORRES			
	2016	MALDONADO			
ESCALA:	Diseño y cálculo de un mecanismo elevador de vehículos			Nº PLANO	
1:1	Eje/pasador cilindro			10/15	
				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	

8

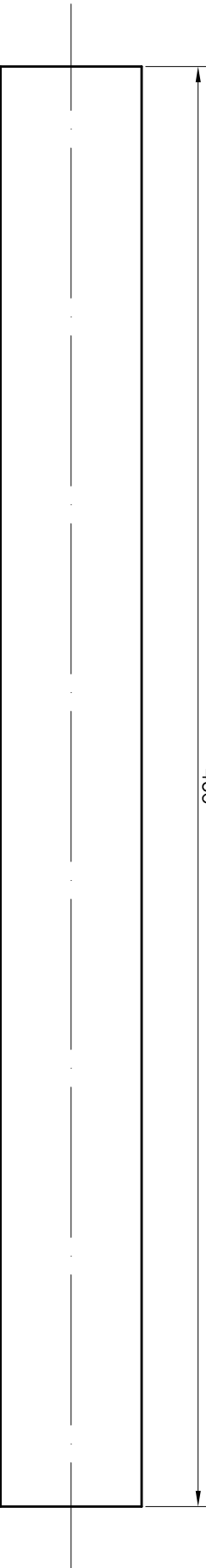
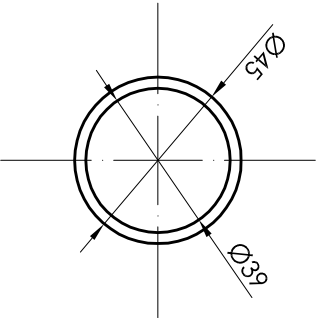


		FECHA		NOMBRE		FIRMA		ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES			
DIBUJADO				ANTONIO							
COMPROBADO		06		TORRES							
		2016		MALDONADO							
ESCALA:		Diseño y cálculo de un mecanismo elevador de vehículos							Nº PLANO		
1:2									11/15		
									SUSTITUYE A:		
		Eje/pasador I							SUSTITUIDO POR:		

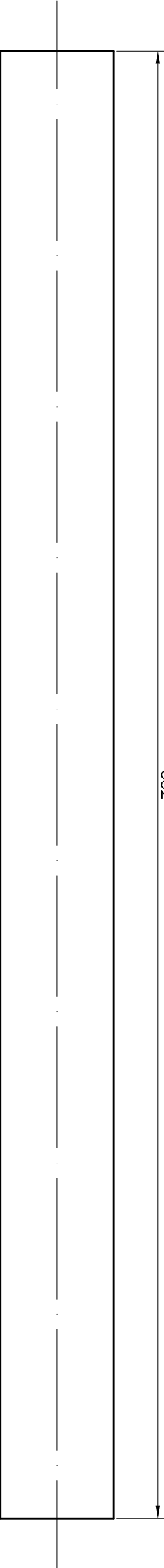
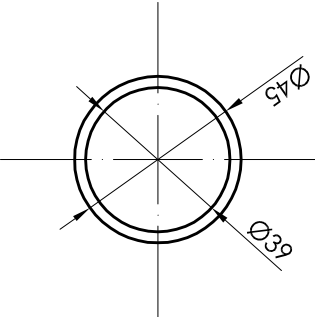


	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO		ANTONIO		
COMPROBADO	06	TORRES		
	2016	MALDONADO		
ESCALA:	Diseño y cálculo de un mecanismo elevador de vehículos			Nº PLANO 12/15 SUSTITUYE A: SUSTITUIDO POR:
2:1	Eje/pasador perfil			

10

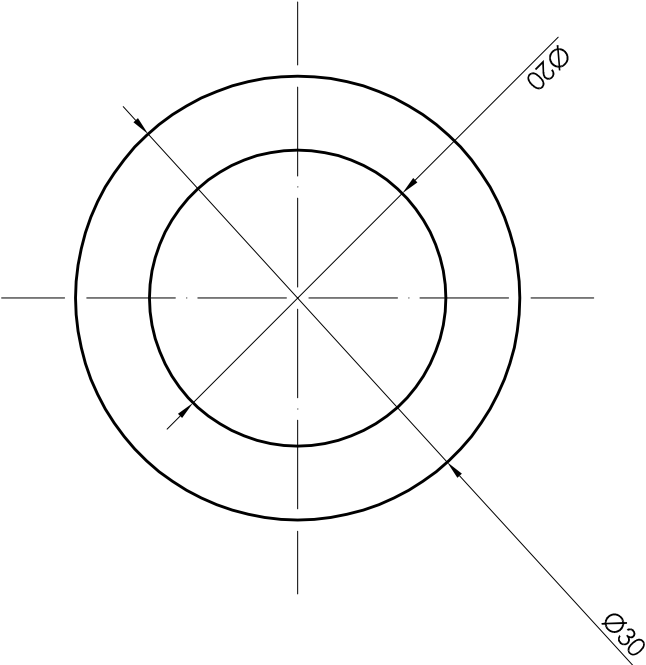
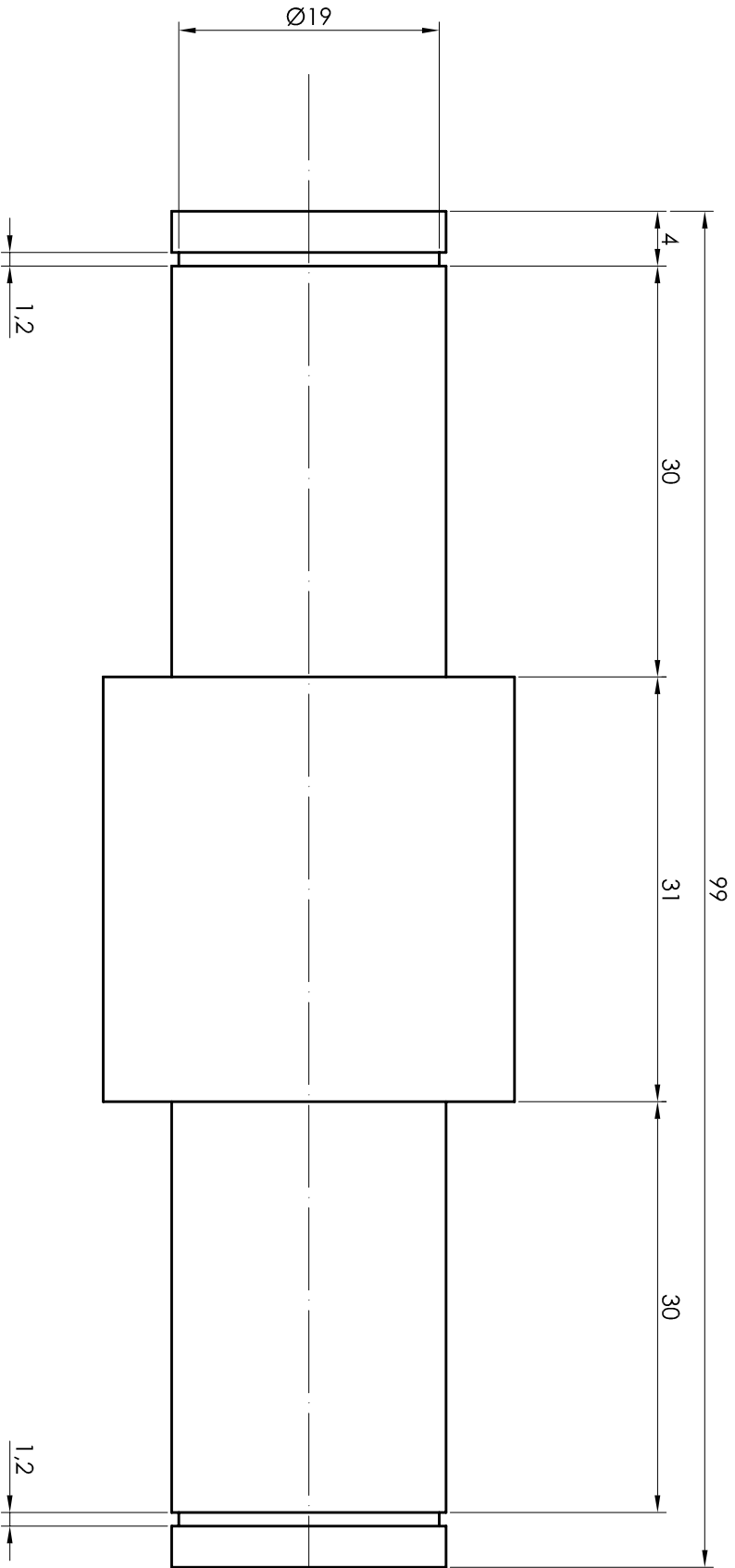


11



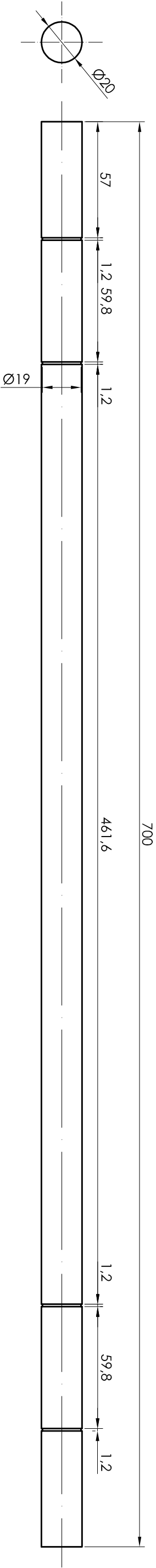
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO		ANTONIO			
COMPROBADO	06	TORRES			
	2016	MALDONADO			
ESCALA:	Diseño y cálculo de un mecanismo elevador de vehículos Tubo 45x3 Antitorsión				Nº PLANO
1:2					13/15
					SUSTITUYE A:
					SUSTITUIDO POR:

15



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO		ANTONIO			
COMPROBADO	06	TORRES			
	2016	MALDONADO			
ESCALA:	Diseño y cálculo de un mecanismo elevador de vehículos			Nº PLANO	
2:1	Eje/pasador C y D			14/15	
				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	

16



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES		
DIBUJADO		ANTONIO				
COMPROBADO	06	TORRES				
	2016	MALDONADO				
ESCALA:	Diseño y cálculo de un mecanismo elevador de vehículos			Nº PLANO		
1:1	Eje pasador B y F			15/15		
				SUSTITUYE A:		
				SUSTITUIDO POR:		