

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE  
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ELCHE  
GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA.



# "DISEÑO Y HOMOLOGACIÓN DE CAMIÓN CÉLULA VIVIENDA"

TRABAJO FIN DE GRADO

Septiembre-2022

AUTOR: Javier Cano Ramírez.

DIRECTOR/ES: Francisco Javier Simón Portillo

## ÍNDICE.

1.	INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....	3
1.1.	NORMATIVA APLICABLE.....	9
1.2.	CARACTERÍSTICAS DEL VEHICULO ANTES DE LA REFORMA.....	13
1.3.	CARACTERÍSTICAS DEL VEHÍCULO DESPUES DE LA REFORMA.....	15
1.4.	DESCRIPCION DE LA REFORMA.....	17
1.5.	MATERIALES EMPLEADOS.....	20
2.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.....	23
2.1.	CÁLCULO DEL REPARTO DE MASAS POR EJES.....	24
2.2.	CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE CARGA EN VEHÍCULOS N2.....	29
2.3.	CÁLCULO DE ESFUERZOS EN SISTEMAS DE FIJACIÓN (INTERIOR).....	30
-	Para tracción:.....	33
2.4.	ESFUERZOS LONGITUDINALES.....	36
2.4.1.	CÁLCULO DE RESISTENCIA DE LOS ANCLAJES DEBIDO A LA FUERZA CENTRÍFUGA.....	36
2.4.2.	CÁLCULO DE RESISTENCIA DE LOS ANCLAJES DE LOS ELEMENTOS PRINCIPALES RESPECTO A UNA FUERZA DE DECELERACIÓN BRUSCA COMO PUEDE SER UN FRENAZO.....	39
2.5.	CÁLCULO DE ESFUERZOS EN SISTEMAS DE FIJACIÓN (EXTERIOR).....	43
2.5.1.	CÁLCULO ANCLAJES PANEL SOLAR.....	45
2.5.2.	CÁLCULO ANCLAJES DEPÓSITO DE AGUAS GRISES.....	46
2.6.	CÁLCULO DE ESFUERZOS SOBRE EL BASTIDOR.....	49
2.6.1.	CÁLCULO DEL CONJUNTO CON CHASIS Y FALSO BASTIDOR.....	51
2.7.	CÁLCULO Y DISEÑO DE LOS ELEMENTOS DE FIJACIÓN DE LA ESTRUCTURA.....	69
2.7.1.	CÁLCULO DE LAS FIJACIONES DEL FALSO BASTIDOR AL CHASIS.....	69
2.8.	CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	79
2.9.	CÁLCULO BÁSICO DE ESTRUCTURA EXTERIOR.....	83
3.	DOCUMENTACIÓN NECESARIA PARA EL PROYECTO.....	89
4.	DISEÑO DE LA CÉLULA VIVIENDA.....	91

4.1. ESTRUCTURA .....	94
4.1.1. ESTRUCTURA CÉLULA VIVIENDA. ....	96
4.2. MOBILIARIO.....	99
4.2.1. MATERIAL PARA LA FABRICACIÓN DE LOS MUEBLES.....	101
4.2.2. ELEMENTOS DE FIJACIÓN.....	107
5. PLIEGO DE CONDICIONES.....	110
5.1. CALIDAD DE LOS MATERIALES EMPLEADOS.....	110
5.2. NORMAS DE EJECUCIÓN. ....	110
5.2.1. PRESCRIPCIONES GENERALES. ....	110
5.2.2. NORMAS DE PRESCRIPCIÓN DE SOLDADURA: .....	111
5.2.3. NORMAS DE EJECUCIÓN DE LAS UNIONES ATORNILLADAS. ....	111
5.3. CERTIFICADOS Y AUTORIZACIONES NECESARIOS.....	112
6. PRESUPUESTO.....	113
7. ANEXOS.....	114



## 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.

El objetivo de este proyecto es el diseño y homologación de una célula vivienda para satisfacer la necesidad de dar uso de vivienda a un vehículo.

En este caso la instalación de la célula vivienda se incorpora a un vehículo de categoría N2 de tipo chasis cabina.

Actualmente la demanda de este tipo de vehículos ha aumentado tanto en vehículos de esta categoría como en vehículos ligeros, de tipo furgoneta, pick up, o vehículos de categoría N1 chasis cabina.

Podemos encontrar diferentes soluciones para usar el vehículo como vivienda.



*Figura1. Autocaravanas comerciales destinadas desde su fabricación como vehículo vivienda.*



*Figura 2. Furgonetas campers destinadas al uso como vivienda con un tamaño más reducido que las autocaravanas convencionales y más accesibles tanto para su conducción como por su precio.*



Figura 3. Vehículo todo terreno pick up. No requerimiento de homologación siempre y cuando no afecte a los datos técnicos originales.



Figura 4. Vehículo de categoría N tipo chasis cabina con instalación de célula vivienda inamovible al vehículo.

El proyecto a realizar se basa en la figura nº , por lo que se estudia el diseño de la célula vivienda para este tipo de vehículo, buscando materiales accesibles y comerciales que se adapten al presupuesto y requerimientos de la demanda.

Los métodos más comunes para fabricar este tipo de células se basan en hacer la estructura principal con los propios materiales aislantes que servirán de cerramiento de la célula, usando métodos de fijación mediante pernos o tornillos a una estructura previa que servirá como marco de fijación de los paneles o mediante adhesivo de alta resistencia directamente sobre los paneles exteriores dando estos la rigidez final del conjunto.

Uno de los métodos más utilizados es el uso de perfiles donde se apoyan los paneles bien por fijaciones mediante tornillos y pernos, o el uso de adhesivo entre los paneles y los perfiles como se puede observar en las siguientes imágenes:



Figura 5. Estructura para la fijación de la base al chasis del vehículo e instalar sobre esta la célula vivienda.

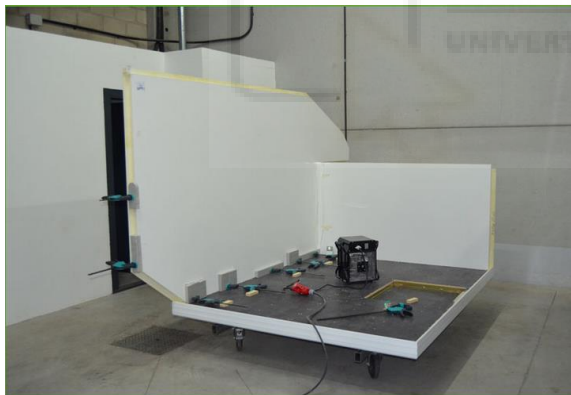


Figura 6. Fijación entre los paneles mediante adhesivo.

El método usado en esta reforma se realiza mediante estructura previa con perfiles normalizados de acero soldados entre si sirviendo de marco para los paneles , los cuales están embutidos en dicho marco impidiendo el movimiento de los mismo, y sellados con adhesivo para evitar pequeñas holguras y paso de agua.

El conjunto de estructura previa y célula vivienda se une al bastidor del vehículo mediante un falso bastidor soldado a la célula y mediante fijación de tornillos al chasis original del vehículo.

El espacio destinado a la vivienda cuenta de una cama en la parte trasera con espacio para almacenaje en la parte inferior de la misma y acceso desde el interior y exterior.

Zona de aseo y ducha en la parte central izquierda de la célula vivienda con cerramiento individual.

Contiguo al baño se encuentra la cocina compuesta por dos fuegos, fregadero y espacio para menaje y albergar la instalación de gas accesible desde interior y exterior.

En la parte derecha de la célula vivienda encontramos la puerta y un mueble asiento, con capacidad de almacenaje y espacio para albergar los elementos de la instalación eléctrica como batería y regulador de corriente.

Se instalan dos depósitos uno de agua limpia en el interior y otro de aguas grises en el exterior del vehículo fijado al falso bastidor.

La estructura y el falso bastidor se fabrican en acero por su precio, soldabilidad y recomendaciones del fabricante del vehículo base.

El cerramiento se diseña en material destinado a fabricación de este tipo de vehículo, compuesto por resina de vidrio, poliuretano y madera contrachapada con un grosor final de 50mm

En el exterior de la célula instalamos un total de dos ventanas en la parte izquierda, tres claraboyas en el techo de la célula vivienda y dos placas solares también en la parte superior de la estructura.

Se contempla la normativa a seguir para su homologación siguiendo el código técnico de reformas y la documentación necesario para su aceptación

Con este proyecto técnico se justificarán las reformas que se realizarán en el vehículo IVECO DAILY E6 garantizando el cumplimiento de las normas constructivas y de seguridad que exige la normativa vigente para este tipo de vehículo y reforma.

Se justifica mediante cálculos y procedimientos la incorporación de una caja vivienda en la parte posterior del vehículo destinada a la incorporación de los distintos tipos de transportadores de carga, en nuestro caso de una caja cerrada destinada a vivienda.

#### IDENTIFICACIÓN DEL VEHÍCULO:

- MARCA: Iveco.
- TIPO: 50 C.
- MODELO: Daily E6.

El vehículo original cumple con los Actos Reglamentarios aplicables a fecha de la 1ª matriculación y se asegura el cumplimiento de carrozado de las fases anteriores según el fabricante.

El vehículo servirá de base para la realización de la reforma mencionada anteriormente y descrita a continuación.

Con este proyecto técnico se determinará si con la realización de la reforma será apto para la circulación, haciéndolo cumplir con lo establecido en el manual de reformas y las indicaciones o limitaciones exigidas por el fabricante.

Las reformas a realizar serán las siguientes:

- Incorporación de subchasis portador de célula vivienda.
- Diseño de célula vivienda compuesta de estructura de acero, paredes de aislante y vinilo.
- Instalación de célula vivienda al subchasis.
- Cambio del criterio de utilización del vehículo pasando a camión vivienda (2048).



- Instalación de puerta de entrada al habitáculo, 2 ventanas (dos en la parte derecha zona de cocina y aseo, y una en la parte izquierda zona cama).
- Instalación eléctrica a 12V/230V compuesta por:
  - Instalación de placas dos solares ubicadas en el techo (zona central).
  - Instalación de regulador de carga.
  - Instalación de baterías auxiliares.
  - Instalación de 12V/230V en el habitáculo, compuesta de iluminación, interruptores, toma de corriente, enchufes USB, indicador de carga de la batería e indicador de nivel de aguas limpias.
- Instalación del interior del habitáculo compuesto por:
  - Instalación de nevera mixta.
  - Instalación de depósito de aguas grises de 30 litros de capacidad para el fregadero.
  - Instalación de mueble fregadero ubicado en zona lateral derecha anterior.
  - Instalación de aseo con ducha ubicado en la zona lateral derecha central.
  - Instalación de cama con zona de almacenamiento.
  - Instalación de dos claraboyas en el techo de la zona habitable.
- Instalación de elementos exteriores, siendo estos:
  - Instalación de depósito de aguas grises de 80 litros, ubicado en los bajos del vehículo, zona central.
  - Placas solares.
  - Ventanas y claraboyas.
- Instalación de gas compuesta por:
  - Calentador de agua de tipo estanco.
  - Cocina de dos fuegos.
- Instalación de depósito de aguas limpias de 60 litros, con bomba de agua de 12Vdc.

## 1.1. NORMATIVA APLICABLE.

Según el Código de Circulación, y de conformidad con el Anexo I del Real Decreto 866/2010 de 2 de Julio, por el que se regula la tramitación de reformas de vehículos, el cambio de uso y modificación del vehículo en los cambios mencionados anteriormente está tipificado como reforma de importancia por el cual se redacta el presente proyecto técnico.

### Normativa aplicable.

Las secciones de las reformas están clasificadas de la siguiente manera:

1. Identificación.
2. Unidad motriz.
3. Transmisión.
4. Ejes.
5. Suspensión.
6. Dirección.
7. Frenos.
8. Carrocería.
9. Dispositivos de alumbrado y señalización.
10. Uniones entre vehículos tractores y sus remolques.
11. Modificaciones de los datos que aparecen en la TIT.

Las reformas que se aplicarán son las tipificadas con los códigos de reformas siguientes:

8.50	Cambio del emplazamiento de la placa de matrícula posterior
8.52	Modificación, incorporación o desinstalación de elementos en el exterior del vehículo
8.60	Cambio o incorporación de carrocería instalando caja cerrada como espacio vivienda
11.1	Cambio de clasificación

Tabla 1. Códigos de reformas afectados por el diseño.

- RD 750/2010 de 4 junio, por el que se regulan los procedimientos de homologación de vehículos de motor y sus remolques, máquinas autopropulsadas o remolcadas, vehículos agrícolas, así como de sistemas, partes y piezas de dichos vehículos.
- Real Decreto 2028/1986, de 6 de junio, por el que se dictan normas para la aplicación de determinadas Directivas de la CEE, relativas a la homologación de tipos de vehículos automóviles, remolques y semirremolques, así como de partes y piezas de dichos vehículos.
- Directiva 2007/46/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de septiembre de 2007, por la que se crea un marco para la homologación de los vehículos de motor y de los remolques, sistemas, componentes y unidades técnicas independientes destinados a dichos vehículos.
- Manual de Reformas de Vehículos en su 7ª Revisión.
- Código de circulación.
- Reglamento ECE 26R: Salientes exteriores en los vehículos.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el REBT.
- Real Decreto 919/2006, de 28 de julio, por el que se aprueba el Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos y sus instrucciones técnicas complementarias ICG 01 a 11.
- ITC-ICG 10 Instalaciones de gases licuados del petróleo (GLP) de uso doméstico en caravanas y autocaravanas.
- R.D 866/2010 del 2 de Julio por el que se regula la tramitación de las reformas de vehículos de carretera.
- Actos reglamentarios según el RD 866/2010 del 2 de Julio en concreto:

Se listará cada una de las reformas aplicadas y el acto Reglamentario justificado según tabla anterior, teniendo en cuenta el nivel de aplicación:

- (1). - *El AR se aplica en su última actualización en vigor, a fecha de tramitación de la reforma.*
- (2). - *El AR se aplica en la actualización en vigor en la fecha de la primera matriculación del vehículo, si la homologación del mismo exige el AR incluido en la tabla. En caso de que el AR no fuera exigido para la homologación del vehículo en la fecha de su primera matriculación, se deberá aplicar al menos el AR en la primera versión incluida en el Real Decreto 2028/1986, de 6 junio, como obligatoria (A).*

APLICACIÓN AR N2	CODIGO/S REFORMAS	REF.A. R	JUSTIFICACION A.R.
---------------------	-------------------	----------	--------------------

Masas y dimensiones (resto vehículos).	8.50	8.60	8.62	97/27/CE	Las masas y dimensiones del vehículo completado están dentro de las especificadas en el R.G.V. y estas no superan en ningún caso las máximas establecidas por el fabricante del vehículo. El montaje se ha realizado en base a la documentación cedida por IVECO.
Mecanismos de dirección.	8.50	-	-	70/311/CEE	No se modifican con la reforma.
Dispositivos de protección trasera.	8.50	8.60	8.62	70/221/CEE	No se ve afectado por la reforma.
Instalación de los dispositivos de alumbrado y señalización luminosa.	8.50	8.60	8.62	76/756/CE	Montaje realizado según el R.G.V.

Emplazamiento de la placa de matrícula trasera.	8.50	8.60	8.62	70/222/CE	Montaje realizado según el R.G.V.
Dispositivos de visión indirecta.	8.50	8.60		2003/97/CE	No se modifican los dispositivos originales
Parásitos radioléctricos.	-	8.60	8.62	72/245/CEE	No aplica debido al uso estacionario de la reforma
Salientes exteriores de las cabinas.	8.50	-	-	92/114/CEE	No se realizan instalaciones de salientes exteriores en la cabina
Antiempotramiento delantero.	8.50	-	-	2000/40/CE	No se ve afectado con la reforma
Cerraduras y bisagras de las puertas de la cabina.	-	-	-	70/387/CEE	No se modifican cerraduras y bisagras de las puertas principales
Dispositivos de remolcado.	-	-	-	77/389/CEE	No modifica ni se añaden dispositivos de remolcado
Cristales de seguridad.	-	-	-	92/22/CEE	No se modifican cristales de seguridad
Sistemas antiproyección.	-	8.60	8.62	91/226/CEE	Siguiendo el R.G.V, la instalación de la propia reforma cumple con lo establecido en el Reglamento.
Protección lateral.	-	8.60	8.62	89/297/CEE	La instalación de la reforma cumple con lo establecido en el R.G.V en lo que a protección lateral se refiere.
Estabilidad contra el vuelco de vehículos cisterna.	-	8.60	-	Reglamento CEPE/ONU 111R	No se ve afectado por la reforma

Tabla 2. Códigos de reformas con actos reglamentarios

## 1.2. CARACTERÍSTICAS DEL VEHICULO ANTES DE LA REFORMA.

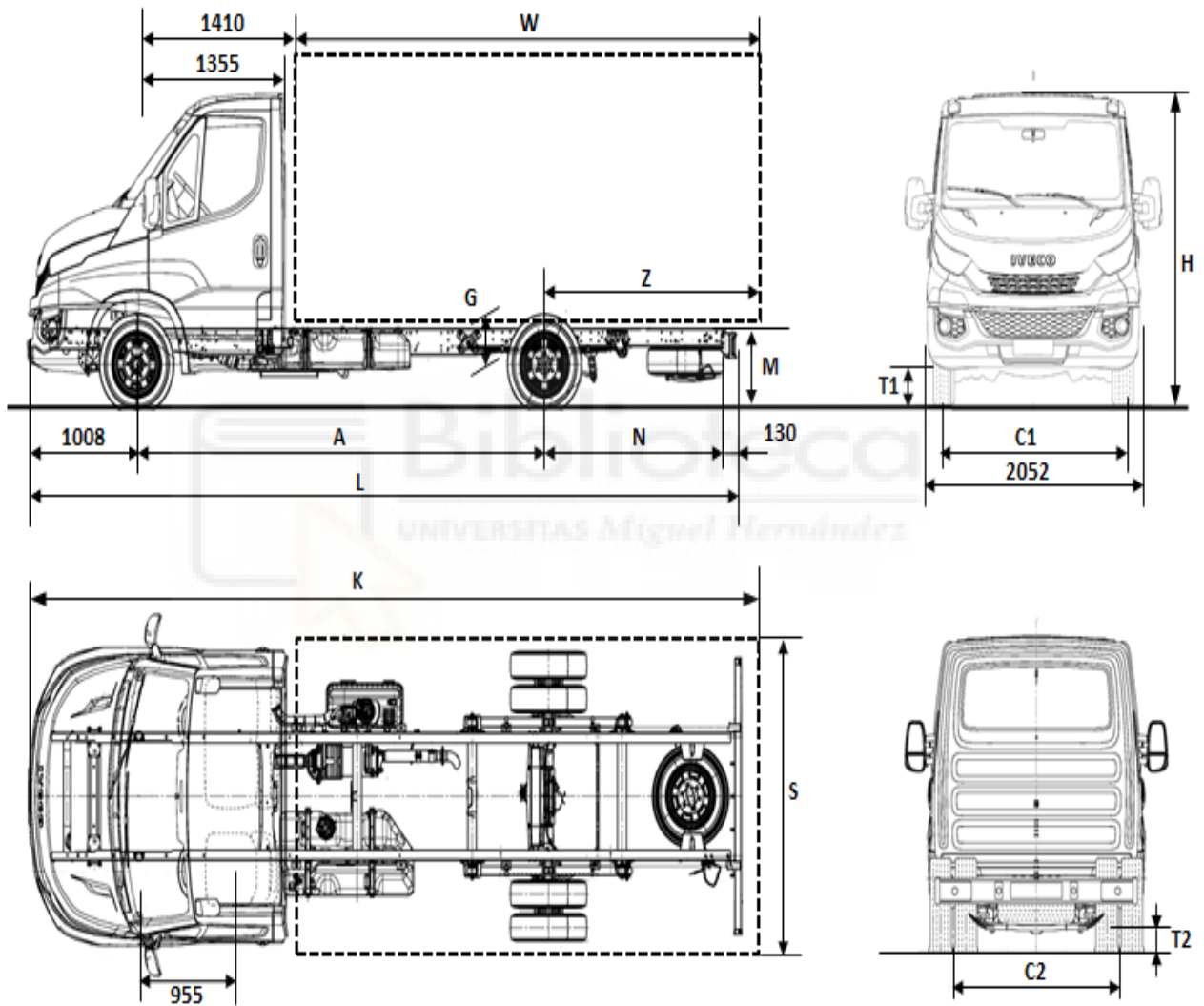
ESQUEMA DE MEDIDAS Y DIMENSIONES.

Figura 7. Esquema de dimensiones del vehículo original

<b>DIMENSIONES</b>	
Paso (A)	3750
Saliente trasero (N)	1681
Antieptotramiento	130
Voladizo delantero	1008
Longitud del chasis cabina (L)	6569
Altura (H)	2174
Altura Plano Carga (M)	583
Anchura máx (S)	2200
Vía delantera (C1)	1696
Vía trasera (C2)	1540
Altura libre suelo del. (T1)	196
Altura libre suelo tras. (T2)	177
Saliente trasero mín. (N)	790
Long. carrocería mín. (W)	3260
Long. mínima vehículo (K)	5678
Voladizo trasero estándar (Z)	2171
Long. Carrocería estándar (W1)	4511
Long. Vehículo estándar (K1)	6929
Voladizo tras. Máx. (Z)	2171
Long. veh. Máx. (K)	6929

Tabla 3. Dimensiones antes de la reforma

<b>MASAS</b>	
MTMA	5200
MTMAC	8700
1° eje	2100
2° eje	3700
Tara mínima eje delantero	1419
Tara mínima eje trasero	662
Tara mínima total	2081
Carga útil	3119

Tabla 4. Masas antes de la reforma

### 1.3. CARACTERÍSTICAS DEL VEHÍCULO DESPUES DE LA REFORMA.

<b>DIMENSIONES</b>	
Paso (A)	3750
Saliente trasero (N)	1681
Antiempotramiento	130
Voladizo delantero	1008
Longitud del chasis cabina (L)	6569
Altura (H)	3005
Altura Plano Carga (M)	583
Anchura máx. (S)	2200



Vía delantera (C1)	1696
Vía trasera (C2)	1540
Altura libre suelo del. (T1)	196
Altura libre suelo tras. (T2)	177
Saliente trasero mín. (N)	790
Long. carrocería mín. (W)	4610
Long. mínima vehículo (K)	5678
Voladizo trasero estándar (Z)	2171
Long. carrocería estándar (W1)	4511
Long. Vehículo estándar (K1)	6929
Voladizo tras. Máx. (Z)	2171

Tabla 5. Dimensiones después de la reforma.

<b>MASAS</b>	
MTMA	5200
MTMAC	8700
1° eje	2100
2° eje	3700
Tara mínima eje delantero	1445
Tara mínima eje trasero	1600
Tara mínima total	3045
Carga útil	2155

Tabla 6. Masas después de la reforma

#### 1.4. DESCRIPCION DE LA REFORMA.

Se describe a continuación el proceso, materiales y e instalación de la reforma en base a los siguientes apartados:

##### VARIACIONES Y SUSTITUCIONES:

- Se varía la altura total del vehículo siendo la altura resultante de 2495 mm por la incorporación de la célula de habitabilidad instalada en la parte posterior del chasis.
- Se sustituye el emplazamiento de la placa de matrícula trasera, por el emplazamiento ubicado en la célula de habitabilidad instalada de acuerdo con el R.G.V tanto en visibilidad, altura e inclinación.
- Se sustituye el emplazamiento de las luces traseras ubicadas primeramente en la protección trasera del chasis-cabina ubicándose finalmente en la parte posterior inferior de la caja instalada, siguiendo el R.G.V y los actos reglamentarios indicados en el cuadro de reformas arriba descrito.
- Se cambia la clasificación del vehículo tras la reforma siendo camión vivienda (2148).

##### MONTAJES REALIZADOS:

- Se instala sobre el bastidor, un falso bastidor que va desde la parte posterior de la cabina hasta el final de bastidor del vehículo. Formado por dos perfiles acero de tico “[“de 120x60x6 mm según recomendaciones del fabricante en el caso de IVECO.
  - La unión entre bastidor y falso bastidor se realiza mediante un mínimo de 8 cartelas, (4 por larguero), unidas entre si mediante un tornillo M12, calidad 8.8 cada una. Por lo que con esta unión se considera la unión bastidor-falso bastidor como rígida.

- Los largueros del falso bastidor están unidos entre si mediante 5 perfiles cuadrados de 100x60 mm de acero mediante soldadura, uno en cada extremo de los largueros y tres distribuidos a lo largo de los mismos.
- A su vez, cada larguero tiene transversalmente 4 perfiles de 60 mm de longitud, de 120x60 mm disminuyendo su sección en ángulo hasta 30 mm en su parte final por su zona inferior. Usando el método de unión por soldadura con los largueros. Estos servirán de apoyo a la célula vivienda instalada.
- Sobre el falso bastidor se instala una carrocería de tipo caja cerrada, para uso como vivienda con una longitud de 4650 mm, una anchura máxima de 2100 mm y una altura 2450 mm en su parte más elevada. La estructura de la carrocería se compone de perfiles de aluminio, aislante térmico y vinilo para las paredes.
- Dispone de puerta lateral izquierda, puerta para almacén parte trasera izquierda, tres ventanas de policarbonato una en la parte izquierda trasera y dos en el lateral derecho de la caja. También dispone de dos claraboyas en la parte superior de la estructura. Así como un respiradero en la parte lateral derecha para la zona de cocina(gas).
- Instalación de puerta de entrada al habitáculo, 3 ventanas (dos en la parte derecha zona de cocina y aseo, y una en la parte izquierda zona cama).
- Instalación eléctrica a 12V/230V compuesta por:
  - Instalación de placas solares ubicadas en el techo, zona central.
    - Detalles: 2x panel solar fotovoltaico 600w.
  - Instalación de regulador de carga.
    - Detalles: regulador MPPT 50A con pantalla.
  - Instalación de baterías auxiliares:
    - 1x batería de Gel Ecosolar 250Ah C100.

- Instalación de 12V/230V en el habitáculo, compuesta de iluminación, interruptores, toma de corriente, enchufes USB, indicador de carga de la batería e indicador de nivel de aguas limpias.
- Inversor.
  - Detalles: inversor de onda pura ecosolar 1500w.
- Instalación del interior del habitáculo compuesto por:
  - Instalación de nevera mixta.
  - Instalación de mueble fregadero ubicado en zona lateral izquierda anterior.
  - Instalación de aseo con ducha ubicado en la zona lateral izquierda central.
  - Instalación de cama con zona de almacenamiento.
  - Instalación de tres claraboyas en el techo de la zona habitable.
- Instalación de elementos exteriores, siendo estos:
  - Instalación de depósito de aguas grises de 80 litros, ubicado en los bajos del vehículo, zona central.
  - Placas solares.
  - Ventanas y claraboyas.
- Instalación de gas compuesta por:
  - Calentador de agua de tipo estanco.
  - Cocina de dos fuegos.
    - Detalles: cocina fregadero Can FL1765.
- Instalación de depósito de aguas limpias de 60 litros, con bomba de agua de 12Vdc.

Se instalan los muebles indispensables para el uso de la caja instalada como vivienda, siendo estos: un mueble de cocina, una cama, un aseo completo, un armario, una mesa, tres plazas de asiento para uso estacionario y un mueble altillo.

Se hace la instalación de agua corriente para la ducha y la cocina según las indicaciones del fabricante de los kits elegidos.

### 1.5. MATERIALES EMPLEADOS.

#### ESTRUCTURA:

Los perfiles empleados para el falso bastidor son de acero de tipo “[de 80x60x4 mm según recomendaciones del fabricante en el caso de IVECO. La tornillería empleada para la fijación de los elementos es de calidad mínima 8.8.

Perfil en C recomendado (mm)		
80 × 50 × 4	80 × 60 × 4	80 × 50 × 5
	80 × 60 × 5	
	80 × 60 × 6	
	80 × 60 × 7	100 × 50 × 5
	80 × 60 × 8	100 × 60 × 5
	100 × 60 × 6	
	100 × 60 × 7	
80 × 80 × 8	100 × 60 × 8	
120 × 60 × 6	120 × 60 × 7	
	120 × 60 × 8	
	140 × 60 × 7	120 × 70 × 7
	140 × 60 × 8	120 × 80 × 8
	160 × 60 × 7	
	180 × 60 × 8	
160 × 70 × 7	180 × 60 × 7	140 × 80 × 8
	180 × 60 × 8	
200 × 80 × 6	200 × 60 × 8	180 × 70 × 7
	220 × 60 × 7	
	220 × 60 × 8	
200 × 80 × 8	240 × 60 × 8	
220 × 80 × 8	240 × 70 × 8	
250 × 80 × 7	260 × 70 × 8	
250 × 80 × 8	260 × 80 × 8	
220 × 80 × 8	280 × 70 × 8	
250 × 100 × 8	280 × 80 × 8	
280 × 100 × 8		
300 × 80 × 8		
340 × 100 × 8		
380 × 100 × 8		
400 × 100 × 8		

Tabla 7. Perfiles recomendados por el fabricante

CAJA.

- Paredes y techo fabricado con Isofont, Gelcoat RAL 9010, placas compuestas por resina de vidrio de 4mm, madera contrachapada, espuma de poliuretano y otros 4mm de madera contrachapada con refuerzo de vidrio White Gelcoat, con un grosor final de 50 mm.
  - Detalles: 14 kg/m<sup>2</sup> ;0.61 w/m<sup>2</sup> °C

Longitud máxima (mm)	15000
Ancho máximo (mm)	2950
L Peso del vidrio (g/m <sup>2</sup> )	1000
Peso (kg/m <sup>2</sup> ) +/- 10%	4,3
S Peso del vidrio (g/m <sup>2</sup> )	1300
Peso (kg/m <sup>2</sup> ) +/- 10% 8	1
H Peso del vidrio (g/m <sup>2</sup> )	2000
Peso (kg/m <sup>2</sup> ) +/- 10%	9,4
Valor K (W/m <sup>2</sup> -°C)	0.61



Figura 8. Material paneles exteriores

Tabla 8. Características material panel exterior

- El suelo estará fabricado de resina de poliéster reforzada con vidrio y wbp madera contrachapada y otro recubrimiento de resina de poliéster con vidrio con insertos de las tuercas de fijación para el falso bastidor.
  - Detalles: 24mm espesor; 16kg/m<sup>2</sup>; 5 w/m<sup>2</sup> °C.

Espesores (mm)	
48	
Longitud máxima (mm)	15000
Ancho máximo (mm)	2950
Peso del vidrio PWL (g/m <sup>2</sup> )	840
Peso (kg/m <sup>2</sup> ) +/-15%	13,0
PWS Peso del vidrio (g/m <sup>2</sup> )	1200
Peso (kg/m <sup>2</sup> ) +/-15%	15,9
Valor K (W/m <sup>2</sup> -°C)	6

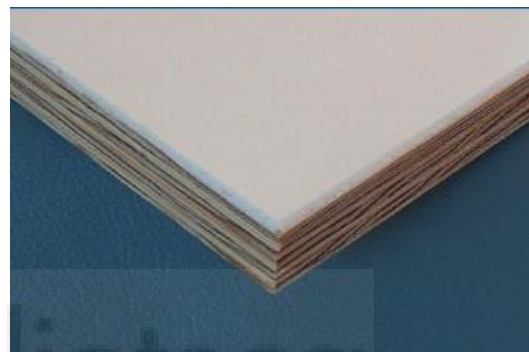


Figura 9. Material piso

Tabla 9. Características material piso

- Habitáculo:
  - Interior:
    - Modulo altillo, mesa fregadero y cocina de madera tipo contrachapado.
    - Partición para aseo de fibra de vidrio reforzada.
    - Componentes varios de instalación eléctrica, como interruptores, cajas eléctricas y enchufes de PVC.
  - Exterior:
    - Ventanas y claraboyas de vidrio templado, plástico ABS.

## 2. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.

En los cálculos se diferenciará los aplicados al mobiliario y habitáculo interior de la zona vivienda como los módulos de muebles, cocina, baño y cama, así como elementos de almacenaje de la estructura de la caja añadida o instalada al bastidor del vehículo, así como se diferenciará también el cálculo y diseño del falso bastidor al bastidor y a la propia caja vivienda.

Por tanto, los cálculos se separarán en falso bastidor, caja vivienda y elementos interiores de la zona vivienda.

Los cálculos del falso bastidor al bastidor además de los esfuerzos en las fijaciones a cortante y a tracción se simulará en el programa Autodesk Inventor mediante el método de Von Mises para obtener una aproximación de las deformaciones creadas tanto en el bastidor propio del vehículo como del falso bastidor.

Los coeficientes de seguridad se apreciarán elevados en el caso del falso bastidor debido a las recomendaciones del fabricante, respetando así la elección de las dimensiones de los largueros y travesaños destinados al falso bastidor y debido a que la incorporación de una célula vivienda no conlleva esfuerzos extremos ni máximos puntuales fuera de lo común como por ejemplo en un portacontenedores o grúa si los tendría, las dimensiones mínimas exigidas por el fabricante siguen estando muy por encima de las exigencias de nuestra carga instalada.

El resto de los cálculos de los elementos interiores y exteriores de la zona destinada a vivienda se centrarán en los esfuerzos a tracción y a cortante de las fijaciones de los elementos.

Además, como es necesario y de aplicación del reparto de masas por ejes después de la reforma para verificar su correcta distribución y cumplimiento con las masas máximas



establecidas con el fabricante, siendo el caso de IVECO, del cual también respetaremos las advertencias en dimensiones y tipos de uniones del falso bastidor al bastidor del vehículo.

## 2.1. CÁLCULO DEL REPARTO DE MASAS POR EJES.

El peso del equipo instalado en la presente reforma no es suficiente como para considerarlo una carga puntual importante sobre el bastidor del vehículo. Se comprobará a continuación que el reparto de cargas sobre los ejes del vehículo es correcto en el vehículo reformado.

En este apartado se calculan las reacciones sobre los ejes causadas por el peso de los ocupantes y el peso de la carga útil del vehículo.

Hemos tomado como hipótesis para el cálculo de los esfuerzos sobre los ejes el caso más desfavorable, que en este caso es con toda la carga útil en la zona trasera del vehículo.

Dado que las MMTAs y las MMAs del vehículo son iguales, realizaremos los cálculos para una de ellas, siendo de aplicación para ambas.

Las masas máximas autorizadas total y por ejes del vehículo reformado no variarán.

- MMTA /MMA- 5200 kg.
- MMTA /MMA 1r eje – 2100 kg.
- MMTA /MMA 2º eje – 3700 kg.

Para el reparto de cargas sobre los ejes del vehículo se van a considerar las siguientes cargas:

- (P1) Peso ocupantes delanteros 225 kg.
- (P2) Carga útil: diferencia entre la MMTA y los pesos totales soportados por el vehículo 455 Kg.

- Tara del vehículo: 3045 Kg.
- Tara eje delantero: 1.445 Kg.
- Tara eje trasero: 1.600 Kg.

Para la ubicación de los c.d.g. de cada uno de los elementos anteriores, tomaremos un sistema de coordenadas con origen (X, Y) en el eje delantero y dirección positiva del eje X desde el eje delantero al trasero, obteniendo las posiciones que se observan en el plano siguiente:

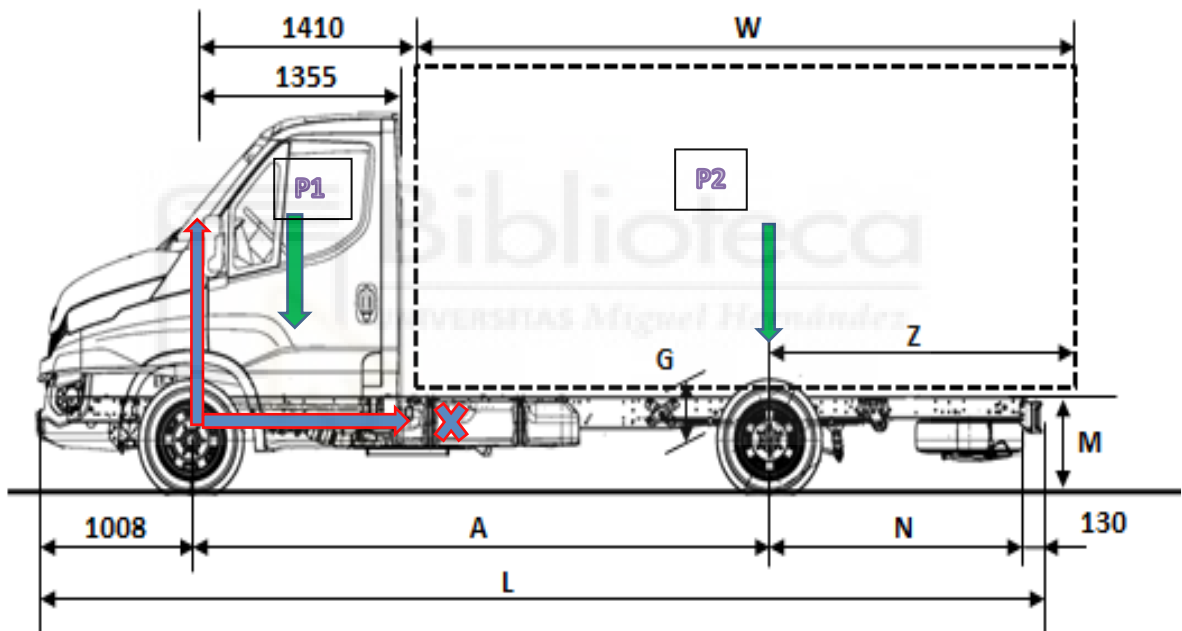


Figura 10. Esquema reparto de pesos

DESGLOSE DE MASAS DESPUÉS DE LA REFORMA:

Se considerará que la masa en la zona de carga esta uniformemente repartida una vez incluida la masa total de los elementos destinados al uso de la parte de vivienda, así como la célula de habitabilidad y el falso bastidor instalado sobre el chasis del vehículo.

El cálculo se ejecutará como carga repartida en una viga continua siendo sus apoyos fijos los centros del primer y segundo eje.

- Masa de los ocupantes:
  - $75\text{kg} \times 3 = 225\text{kg}$ .
- Masa del falso bastidor:
  - Acero 235 en perfiles UPE 80x60x40 mm según fabricante 7,9 kg/m  
 $16,9\text{m} \times 7,9 \text{ kg} = 135 \text{ kg}$ .
- Masa del conjunto célula vivienda:
  - Caja paredes, techo, estructura y suelo =  $28\text{m}^2 \times 14\text{kg} = 392\text{kg}$   
 $9,5\text{m}^2 \times 16\text{kg} = 152\text{kg}$ .

Muebles	madera contrachapada de 9mm = 30 kg.
Accesorios	placas, batería, cableado, cocina = 120kg.
Depósitos	aguas limpias y grises = 140kg
Paneles interiores	$26\text{m}^2$ de contrachapado = 165 kg

Tabla 10. Peso elementos célula vivienda

Ahora se calcularán las reacciones en los ejes del vehículo.

- Rd: primer eje.
- Rt: segundo eje.

Distribución de masas de los ocupantes:

- Ocupantes Rd  $225\text{kg} \times 2,795\text{m} = 628,875 / 3,75 = 167,7 \text{ kg}$  resultando 1677 N.
- Ocupantes Rt  $225\text{kg} \times 0,955\text{m} = 214,875 / 3,75 = 57,34\text{kg}$  resultando 573,4 N.

Distribución de masas del falso bastidor:

- Bastidor Rd  $135\text{kg} \times 0.4025\text{m} = 54.34\text{kg}$  resultando  $54.34 \times 2.67 = 144.9\text{ N}$ .
- Bastidor Rt  $135\text{kg} \times 3.347\text{m} = 451.91\text{kg}$  resultando  $451.91 \times 2.67 = 1205.1\text{ N}$ .

Distribución de masas de la célula vivienda:

- Vivienda Rd  $1000\text{kg} \times 0.4025\text{m} = 402.5\text{kg}$  resultando  $402.5 \times 2.67 = 1073.33\text{ N}$ .
- Vivienda Rt  $1000\text{kg} \times 3.347\text{m} = 3347\text{kg}$  resultando  $3347 \times 2.67 = 8920.53\text{ N}$ .

La distribución total con las cargas después de la reforma por ejes queda de la siguiente forma:

- RdT: ocupantes + falso bastidor + célula vivienda.
- RdT =  $167.7\text{ kg} + 14.49\text{ kg} + 107.43\text{kg} = 289.62\text{ kg}$  resultando  $289.62 \times 9.81 = 2838.17\text{ N}$ .
- RtT: ocupantes + falso bastidor + célula vivienda.
- RtT =  $57.34\text{ kg} + 120.51\text{ kg} + 892.53\text{kg} = 1070.38\text{ kg}$  resultando  $1070.38 \times 9.81 = 10500.53\text{ N}$ .

Ahora se comprobará que las fuerzas o masas resultantes tras añadir los elementos que conforman la reforma junto con la tara indicada por el fabricante no superan las MMAs por ejes indicadas por el mismo.

- R primer eje: Tara primer eje + RdT.
- R primer eje =  $1419\text{kg} + 289.62\text{ kg} = 1708.62\text{ kg}$ .
  
- R segundo eje: Tara segundo eje + RtT.
- R segundo eje =  $662\text{kg} + 1070.38\text{kg} = 1732.38\text{ kg}$ .

- MMA primer eje 2100 kg.
- MMA segundo eje 3700 kg.
  
- R primer eje < MMA primer eje.  
1702.72 kg < 2100kg.
- R segundo eje < MMA segundo eje.  
1732.38 kg < 3700 kg.

Siendo la MOM total 3435.1 kg.

Por tanto, 3435.1kg < 5200 kg (MMA) conjunto.

Por lo que los pesos o masas después de la reforma no comprometen la estructura ni los elementos de seguridad activa del vehículo puesto que no se supera la MTMA según el fabricante.

Por consiguiente, nos queda margen para uso exclusivo de carga en la zona vivienda que se deberá a complementos, utensilios, o elementos comunes para el uso de la vivienda tanto para esta como para los propios ocupantes, por lo que no se calculará este margen de carga debido a que la carga será insignificante para el estudio de la repartición de masas.

A continuación, se propone una tabla resumen con la distribución de masas y el cumplimiento de estas con las MMAs indicadas por el fabricante.

Sustituyendo los valores anteriores, en las ecuaciones de la estática, se obtiene el siguiente cuadro con los valores de las reacciones sobre los ejes en el vehículo reformado:

$$\sum F = 0; \sum M 1^{\circ} \text{ eje} = 0$$

Referencia que estudiar	Primer eje (Kg)	Segundo eje (Kg)	Total (Kg)
Tara en vacío (con depósitos llenos)	1702.72	1732.38	3435.1
M.M.T.A. / MMA	2100	3700	5800

Tabla 11. Resultado tara tras reforma

Donde se puede observar que los resultados obtenidos son absolutamente correctos, ya que no se superan los límites establecidos para cada eje.

### CONCLUSIÓN:

Con los resultados obtenidos se comprueba que no se sobrecargará ninguno de los ejes del vehículo,

- Reacción obtenida 1° eje: 1702.72kg < MMTA/MMA 1° eje: 2100 kg.
- Reacción obtenida 2° eje: 1732.38 kg < MMTA/MMA 2° eje: 3700 kg.

Teniendo consideración con los materiales empleados y los límites de los mismos se puede deducir que resten 2364.9 kg destinados a carga del vehículo, aunque en nuestro caso no se destina a dicho uso, por tanto tenemos la seguridad que en ninguna circunstancia se llegará a los límites establecidos por el fabricante en referencia a pesos máximos capaces del vehículo.

## 2.2. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE CARGA EN VEHÍCULOS N2.

Al haber modificado el número de plazas de asiento, para vehículos de categoría N es obligatorio que el vehículo disponga de una masa reservada para carga de acuerdo con la

fórmula establecida en el Anexo II de la directiva marco 2007/46/CE actualizada por el Reglamento (UE) 678/2011. En este caso: cuando  $0 < N \leq 2$ :

$P - (M + N \times 68) \geq 150$  kg; donde las letras significan lo siguiente:

«P» es la masa máxima en carga técnicamente admisible;

«M» es la masa en orden de marcha;

«N» es el número de plazas de asiento, excluida la del conductor.

En nuestro caso:

$$5800 - ((3435.1 + 75) + (2 \times 68)) = 2445.9 \text{ Kg} \geq 150 \text{ kg.}$$

Con lo que el vehículo cumple con la fórmula para ser clasificado como N2.

### 2.3. CÁLCULO DE ESFUERZOS EN SISTEMAS DE FIJACIÓN (INTERIOR).

Para este cálculo solo se tendrán en cuenta los elementos que van anclados directamente a la estructura de la caja vivienda, como son los muebles, excluyendo los elementos que puedan ir en el interior de estos, puesto que carecen de libertad de movimiento, siendo la misma estructura del mueble lo que limita su movimiento, por lo que se considerará carga.

Si se tendrá en cuenta la capacidad aproximada de carga de los muebles para el cálculo de los anclajes de estos.

Se tendrán en cuenta los pesos y las dimensiones de las superficies a anclar para imponer un número mínimo de tornillos, así como su calidad en función de esfuerzos de tracción y cortadora capaces de soportar.

En el siguiente cuadro se muestran las características de resistencia de los distintos tornillos que se usarán en el montaje del mobiliario y elementos interiores de la zona vivienda.

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA DEL TORNILLO		
MEDIDA	TRACCIÓN [KN]	CORTADURA [KN]
ST 2.9	2.62	1.31
ST 3.5	3.81	1.91
ST 3.9	4.64	2.32
ST 4.2	5.26	2.63
ST 4.8	7.11	3.56
ST 5.5	9.63	4.82
ST 6.3	13.36	6.68

Tabla 11. Característica de tornillos

Elementos	Nº mínimo de tornillos	Diámetro mínimo tornillos	Tensión de rotura(K/N)(Tt)	Límite elástico (K/N) (Le)
Recubrimiento de suelo	10	6	9,6	4,82
Recubrimiento de paredes	10	6	9,6	4,82
Módulo de fregadero	6	5	7,11	3,56
Módulo altillo superior delantero	6	5	7,11	3,56



<b>Modulo altillo superior derecho</b>	6	5	7,11	3,56
<b>Modulo asientos</b>	8	6	9,6	4,82
<b>Modulo baño</b>	8	6	9,6	4,82
<b>Módulo soporte cama</b>	6	6	9,6	4,82
<b>Modulo armario</b>	4	5	7,11	3,56
<b>Depósito de aguas limpias</b>	6	6	9,6	4,82
<b>Depósito de aguas grises</b>	6	6	9,6	4,82
<b>Placas solares</b>	4	6	9,6	4,82
<b>Módulo baterías auxiliares</b>	4	6	9,6	4,82
<b>Módulo eléctrico</b>	4	4	5,26	2,63
<b>Inversor solar</b>	4	4	5,26	2,63
<b>Enchufes e interruptores</b>	1	4	5,26	2,63

Tabla 12. Numero de tornillos y resistencia

Con los datos obtenidos en la tabla anterior procedemos a calcular la resistencia a cortante y a tracción, para lo que se usarán las siguientes expresiones simplificadas del cálculo de uniones y empaquetaduras considerando los elementos donde se anclarán y los propios elementos anclados.

- Para cortante:

$$R_c = \frac{0,6 \cdot T \cdot A}{C_s}$$

- Para tracción:

$$R_t = \frac{0,9 \cdot T \cdot A}{C_s}$$

Donde:

- Tr.(tensión de rotura).
- Le.(límite elástico).
- A.(Área resistente).
- Cs. (coeficiente de seguridad).

El coeficiente de seguridad que se usará será de 1,25

Para poder aplicar estas expresiones necesitamos el valor del área resistente de cada tornillo en función de su diámetro, por lo que se refleja en la siguiente tabla.

<b>Diámetro tornillo (mm)</b>	<b>Área resistente (mm<sup>2</sup>)</b>
<b>4</b>	12.57
<b>5</b>	19.63
<b>6</b>	28.27

Tabla 13. Área resistente de los tornillos

<b>Elementos</b>	<b>Nº mínimo de tornillos</b>	<b>Área resistente</b>	<b>Resistencia cortante</b>	<b>Resistencia cortante total</b>	<b>Resistencia tracción</b>	<b>Resistencia tracción total</b>
<b>Recubrimiento de suelo</b>	10	28,27	130,26	1302,68	195,40	1954,02
<b>Recubrimiento de paredes</b>	10	28,27	130,26	1302,68	195,40	1954,02
<b>Módulo de fregadero</b>	6	19,63	66,99	401,95	100,48	602,93
<b>Módulo altillo superior delantero</b>	6	19,63	66,99	401,95	100,48	602,93
<b>Modulo altillo superior derecho</b>	6	19,63	66,99	401,95	100,48	602,93
<b>Modulo asientos</b>	8	28,27	130,26	1042,14	195,40	1563,21
<b>Modulo baño</b>	8	28,27	130,26	1042,14	195,40	1563,21
<b>Módulo soporte cama</b>	6	28,27	130,26	781,60	195,40	1172,41
<b>Modulo armario</b>	4	19,63	66,99	267,97	100,48	401,95
<b>Depósito de aguas limpias</b>	6	28,27	130,26	781,60	195,40	1172,41
<b>Depósito de aguas grises</b>	6	28,27	130,26	781,60	195,40	1172,41
<b>Placas solares</b>	4	28,27	130,26	521,07	195,40	781,60
<b>Módulo baterías auxiliares</b>	4	28,27	130,26	521,07	195,40	781,60

<b>Módulo eléctrico</b>	4	12,57	31,73	126,94	47,60	190,42
<b>Inversor solar</b>	4	12,57	31,73	126,94	47,60	190,42
<b>Enchufes e interruptores</b>	1	12,57	31,73	31,73	47,60	47,60

Tabla 14. Resultados de resistencia a tracción y a cortante

En la tabla anterior se muestra la capacidad que tienen los tornillos tanto a resistencia a tracción como a cortadura, calculando tanto la capacidad por unidad como la resistencia total del número mínimo de tornillos para la fijación de cada elemento.

Los esfuerzos que son capaces de soportar los tornillos son superiores a lo necesario para sustentar el peso de cada elemento, aunque más adelante se calculará si la resistencia es suficiente tanto para una frenada de emergencia a la velocidad máxima del vehículo como esta la posibilidad más desfavorable y calculando además la resistencia de los mismos en un radio de giro determinado.

Además, no se tendrán en cuenta el rozamiento entre elemento y superficie siendo el cálculo más restrictivo solo a los anclajes de los mismos.

Si el cálculo de dichos esfuerzos es favorable y muy por encima de lo necesario es debido al número de tornillos empleado no tanto para el soporte de dichos esfuerzos sino para la estabilidad correcta de cada elemento en función de su tamaño y superficie.

## 2.4. ESFUERZOS LONGITUDINALES.

### 2.4.1. CÁLCULO DE RESISTENCIA DE LOS ANCLAJES DEBIDO A LA FUERZA CENTRÍFUGA.

Este cálculo se considera debido a los cambios de dirección que pueda ejecutar el vehículo en las maniobras de conducción, por lo que se considerará un valor aproximado o cedido por los fabricantes de cada elemento excluyendo el mobiliario debido a que serán de fabricación artesanal por lo que se tendrá en cuenta el tipo y cantidad de material usado para estos elementos.

Para el cálculo se escogerá un radio de 200 m ya que en radio menores la velocidad de vehículo no será suficiente como para presentar problemas en las fijaciones de los elementos, aun así, este cálculo tendrá mucha menos importancia que el cálculo siguiente en el que se calculará los esfuerzos creados por una deceleración brusca.

Para el cálculo se usará la siguiente expresión:

$$a_n = \frac{v^2}{r}$$

Por lo que la fuerza centrífuga vendrá dada por :

$$F_c = m * \frac{v^2}{r}$$

- v: velocidad .
- r: radio de curva.
- m: masa.

La velocidad máxima del vehículo es de 165 km/h según fabricante con lo que para el cálculo se hará con 45,83 m/s.

<b>Elementos</b>	<b>Masa del elemento</b>	<b>Velocidad(m/s)</b>	<b>Radio de curva(m)</b>	<b>Fuerza centrífuga(kg)</b>
<b>Recubrimiento de suelo</b>	35	45,83	200	37,47
<b>Recubrimiento de paredes</b>	70	45,83	200	74,94
<b>Módulo de fregadero</b>	30	45,83	200	32,12
<b>Módulo altillo superior delantero</b>	25	45,83	200	26,76
<b>Modulo altillo superior derecho</b>	30	45,83	200	32,12
<b>Modulo asientos</b>	20	45,83	200	21,41
<b>Modulo baño</b>	50	45,83	200	53,53
<b>Módulo soporte cama</b>	30	45,83	200	32,12
<b>Modulo armario</b>	50	45,83	200	53,53
<b>Depósito de aguas limpias</b>	100	45,83	200	107,05
<b>Depósito de aguas grises</b>	100	45,83	200	107,05
<b>Placas solares</b>	10	45,83	200	10,71
<b>Módulo baterías auxiliares</b>	40	45,83	200	42,82
<b>Módulo eléctrico</b>	5	45,83	200	5,35
<b>Inversor solar</b>	10	45,83	200	10,71
<b>Enchufes e interruptores</b>	1	45,83	200	1,07

Tabla 15. Calculo de la fuerza centrífuga ejercida en los elementos

Haciendo una comparativa entre la fuerza obtenida y la fuerza resistente a cortante de los tornillos en cada elemento tendremos la validez de los mismo frente a este esfuerzo

<b>Elementos</b>	<b>Fuerza centrífuga(kg)</b>	<b>Resistencia cortante total</b>	<b>Cumple</b>	<b>Resistencia tracción total</b>
<b>Recubrimiento de suelo</b>	37,47	1302,68	SI	1954,02
<b>Recubrimiento de paredes</b>	74,94	1302,68	SI	1954,02
<b>Módulo de fregadero</b>	32,12	401,95	SI	602,93
<b>Módulo altillo superior delantero</b>	26,76	401,95	SI	602,93
<b>Modulo altillo superior derecho</b>	32,12	401,95	SI	602,93
<b>Modulo asientos</b>	21,41	1042,14	SI	1563,21
<b>Modulo baño</b>	53,53	1042,14	SI	1563,21
<b>Módulo soporte cama</b>	32,12	781,60	SI	1172,41
<b>Modulo armario</b>	53,53	267,97	SI	401,95
<b>Depósito de aguas limpias</b>	107,05	781,60	SI	1172,41
<b>Depósito de aguas grises</b>	107,05	781,60	SI	1172,34
<b>Placas solares</b>	10,71	521,07	SI	781,60
<b>Módulo baterías auxiliares</b>	42,82	521,07	SI	781,60
<b>Módulo eléctrico</b>	5,35	126,94	SI	190,42
<b>Inversor solar</b>	10,71	126,94	SI	190,42
<b>Enchufes e interruptores</b>	1,07	31,73	SI	47,60

Tabla 16. Comparativa fuerza ejercida frente a fuerza capaz

#### 2.4.2. CÁLCULO DE RESISTENCIA DE LOS ANCLAJES DE LOS ELEMENTOS PRINCIPALES RESPECTO A UNA FUERZA DE DECELERACIÓN BRUSCA COMO PUEDE SER UN FRENAZO.

Para ello se tendrá en cuenta el peso de los elementos y la velocidad máxima del vehículo que será el caso más desfavorable.

Para el cálculo del número de tornillos o pernos y la calidad de los mismos se considerará los esfuerzos sometidos mediante una trayectoria curva o deceleración fuerte en caso de frenada.

Estas fuerzas se considerarán en los anclajes de cada elemento instalado tanto en el interior como en el exterior del vehículo, sin considerar la fuerza de rozamiento ejercida por los mismos sobre la superficie de apoyo obteniendo así una situación más desfavorable.

Es caso mas desfavorable de ambos cálculos será sin duda el estudio del esfuerzo en una situación de deceleración brusca del vehículo, pues los anclajes se verán sometidos a una fuerza mayor que a la considerada en un giro con un determinado radio.

Para obtener de forma ordenada las fuerzas generadas por la deceleración causada por el freno introducimos el siguiente cuadro:



<b>Elementos</b>	<b>Masa elemento (kg)</b>	<b>Vel.I (k/h)</b>	<b>Vel.F (m/s)<sup>2</sup></b>	<b>Descenso velocidad (m/s)</b>	<b>Tiempo (s)</b>	<b>Deceleración (m/s<sup>2</sup>)</b>	<b>Fuerza de frenado (KG)</b>
<b>Recubrimiento de suelo</b>	35	165	0	-45,83	5	-9.16	117,74
<b>Recubrimiento de paredes</b>	70	165	0	-45,83	5	-9.16	235,47
<b>Módulo de fregadero</b>	30	165	0	-45,83	5	-9.16	100,92
<b>Módulo altillo superior delantero</b>	25	165	0	-45,83	5	-9.16	84,10
<b>Modulo altillo superior derecho</b>	30	165	0	-45,83	5	-9.16	100,92
<b>Modulo asientos</b>	20	165	0	-45,83	5	-9.16	67,28
<b>Modulo baño</b>	50	165	0	-45,83	5	-9.16	168,20
<b>Módulo soporte cama</b>	30	165	0	-45,83	5	-9.16	100,92
<b>Modulo armario</b>	50	165	0	-45,83	5	-9.16	168,20
<b>Depósito de aguas limpias</b>	100	165	0	-45,83	5	-9.16	336,39
<b>Depósito de aguas grises</b>	100	165	0	-45,83	5	-9.16	336,39
<b>Placas solares</b>	10	165	0	-45,83	5	-9.16	33,64
<b>Módulo baterías auxiliares</b>	40	165	0	-45,83	5	-9.16	134,56

<b>Módulo eléctrico</b>	5	165	0	-45,83	5	-9.16	16,82
<b>Inversor solar</b>	10	165	0	-45,83	5	-9.16	33,64
<b>Enchufes e interruptores</b>	1	165	0	-45,83	5	-9.16	3,36

Tabla 17. Fuerza ejercida por una deceleración brusca.

Para el cálculo de la tabla anterior se han usado las siguientes fórmulas y método.

Según el fabricante , en el caso , IVECO, la velocidad máxima que es capaz de alcanzar el vehículo es de 165 km/h , por lo que el cálculo se ha hecho con este dato, pues sería la deceleración más desfavorable.

Teniendo en cuenta que la deceleración o el frenado conlleva a la ausencia de movimiento del vehículo y por lo tanto velocidad 0 km/h por lo que ya tenemos la velocidad inicial y final.

El tiempo empleado para detener el vehículo al completo se ha obtenido usando la formula :

$$v = Vi + at \quad \text{una vez obtenido el tiempo calculamos la deceleración } a = (Vel. F - Vel. I) / t$$

Para finalmente obtener la fuerza de frenado , obteniendo el resultado en Newtons y pasando estos a Kg para su mayor facilidad de lectura y comparación.

Para este cálculo no se ha tenido en cuenta el tiempo de reacción de frenada puesto que este cálculo se considera para los esfuerzos soportados en los elementos en caso de frenada y no para calcular la distancia total en la que el vehículo se detiene.

Procedemos a comprobar que la fuerza resultante de la deceleración causado por el frenado es inferior a la fuerza resistente por tracción y cortante que ejercen los tornillos en los elementos, para ello presentamos el siguiente cuadro:

<b>Elementos</b>	<b>Fuerza deceleración(kg)</b>	<b>Resistencia cortante total</b>	<b>Cumple</b>	<b>Resistencia tracción total</b>
<b>Recubrimiento de suelo</b>	117,74	1302,68	SI	1954,02
<b>Recubrimiento de paredes</b>	235,47	1302,68	SI	1954,02
<b>Módulo de fregadero</b>	100,92	401,95	SI	602,93
<b>Módulo altillo superior delantero</b>	84,10	401,95	SI	602,93
<b>Modulo altillo superior derecho</b>	100,92	401,95	SI	602,93
<b>Modulo asientos</b>	67,28	1042,14	SI	1563,21
<b>Modulo baño</b>	168,20	1042,14	SI	1563,21
<b>Módulo soporte cama</b>	100,92	781,60	SI	1172,41
<b>Modulo armario</b>	168,20	267,97	SI	401,95
<b>Depósito de aguas limpias</b>	336,39	781,60	SI	1172,41
<b>Depósito de aguas grises</b>	336,39	781,60	SI	1172,34
<b>Placas solares</b>	33,64	521,07	SI	781,60
<b>Módulo baterías auxiliares</b>	134,56	521,07	SI	781,60
<b>Módulo eléctrico</b>	16,82	126,94	SI	190,42
<b>Inversor solar</b>	33,64	126,94	SI	190,42
<b>Enchufes e interruptores</b>	3,36	31,73	SI	47,60

Tabla 18. Comparativa fuerza ejercida con fuerza capaz

Considerando los datos obtenidos en las tablas anteriores de fuerzas de tracción y cortante capaces de soportar los tornillos y comparando con la fuerza ejercida por la deceleración brusca de una frenada de emergencia se concluye con el cumplimiento de las capacidades de los tornillos frente a esta fuerza

Cálculo de la resistencia de los anclajes y tornillería ante la fuerza provocada por la resistencia generada por el rozamiento con el aire o aerodinámica de los esfuerzos exteriores instalados en la vivienda.

Los elementos que estudiar en este caso solo serían las placas solares, puesto que las ventanas , puertas y claraboyas vienen con anclajes embutidos en los bastidores del recinto preparado para su instalación.

## 2.5. CÁLCULO DE ESFUERZOS EN SISTEMAS DE FIJACIÓN (EXTERIOR).

Para el cálculo de las fijaciones de los elementos exteriores se ha de tener en cuenta la fuerza aerodinámica ejercida por el aire sobre el elemento.

Las fuerzas se considerarán en la misma dirección y sentido siendo la total de todas las fuerzas generadas el esfuerzo total ejercido a tracción y cortadura.

Los elementos para estudiar en este punto serán las placas solare dispuestas en la parte superior de la caja y el depósito de aguas grises situado en los bajos del vehículo fijado a los pórticos de distribución de la caja del falso bastidor.

El cálculo de la fijación de las placas respecto a la fuerza aerodinámica será poco representativo puesto que la superficie frontal en contra de la fuerza aerodinámica es muy pequeña debido a la altura del elemento y la disposición totalmente horizontal respecto al techo del habitáculo, aun así, se le aplicará dicho estudio.

Las fuerzas consideradas son las siguientes:

- a) **Peso de la pieza:**  $P = m \cdot g$
- b) **Fuerza sobre la pieza por efecto de frenado.**  $F = m \cdot a$

La fuerza de frenado teniendo en cuenta la tecnología actual en los vehículos y las tablas puestas a disposición de los fabricantes de este dato respecto a la velocidad se estima en torno a  $10 \text{ m/s}^2$ , aun así usaremos una deceleración mayor usada en las tablas anteriores alrededor del tiple de esa deceleración puesto que el dato anterior se refiere a la detención del vehículo en condiciones normales y nuestro estudio se basa en la deceleración frente a una frenada de emergencia, por lo que la deceleración es mayor.

- c) **Fuerza aerodinámica ejercida por el aire sobre la pieza.**  $F = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_x \cdot S \cdot V^2$

Para el cálculo de estos esfuerzos se usará la situación más desfavorable, siendo esta la velocidad máxima de  $165 \text{ km/h}$ .

$\rho$ : es la densidad del aire en el que se desplaza el vehículo. Su valor aproximado es de  $1,29 \text{ kg/m}^3$  en unas condiciones de  $25^\circ\text{C}$  y  $1,05 \text{ kgf/cm}$

$C_x$ : es el coeficiente de penetración aerodinámica que depende de la geometría, estos valores se estiman actualmente entre  $0.30$  y  $0.40$ , aun así, el valor escogido será de  $0.50$  para obtener una situación más desfavorable.

$S$ : área frontal del elemento.

$V$ : velocidad de circulación  $165 \text{ Km/h} \Rightarrow 45,83 \text{ m/s}$ .

- d) **Fuerza centrífuga por efecto del giro.**

Para la fuerza centrífuga y en base a lo indicado en la Instrucción de Carreteras 3.1-IC, el valor máximo de aceleración centrífuga lo obtenemos en una situación de velocidad de  $40 \text{ km/h}$  y radio de curvatura de  $50 \text{ m}$ .

$$F(c) = m \cdot a_c = m \cdot (v^2/R)$$

**e) Resultante de las fuerzas**

$$F(T) = P + F(fr) + F(pv) + F(c).$$

**f) Evaluación del resultado.**

La resistencia de los elementos de fijación deberá ser superior a la fuerza de diseño  $F_d$ , que será igual a la resultante de las fuerzas multiplicada por un factor de seguridad de 2,5.

Además, se deberá comprobar que:

$$\frac{F_{dv}}{F_{v(max)}} + \frac{F_{dt}}{1,4 \cdot F_{t(max)}} \leq 1$$

Siendo para nuestro caso particular y en la peor de la hipótesis posible:

$$F_{dv} = F_{dt} = F_d$$

**2.5.1. CÁLCULO ANCLAJES PANEL SOLAR.**

Los datos a tener en cuenta para el estudio de la presente pieza son los siguientes:

- Peso de la pieza: 15 kg.
- Dimensiones: 1640x992x35.
- N° de tornillos: 4.
- Métrica: Ø3,5x32 mm.
- Calidad: 8.8.
- Resistencia a cortante (KN): 1,91 KN.
- Resistencia a tracción (KN): 3,81 KN

Se procede a continuación a obtener todas las posibles fuerzas que actuarían sobre la pieza:

<b>Peso</b>	<b>Fuerza frenado</b>	<b>Fuerza aerodinámica</b>	<b>Fuerza centrífuga</b>	<b>Fuerza resultante</b>
<b>147,15</b>	495	29,41	37,03	708,59

Tabla 19. Fuerza ejercida sobre placa solar

Con los datos obtenidos se tiene que la fuerza resultante es de 708.59 y haciendo uso de la formula :

$$\frac{Fdv}{Fv(max)} + \frac{Fdt}{1,4 \cdot Ft(max)} \leq 1$$

Se obtiene que :

$$Fdv = 708.59 \times 2.5 = 1771.47 \text{ N}$$

Tornillos:

- Cortante 1.91 kN x 4 = 7.64 KN
- Tracción 3.81 KN x 4 = 15.24 KN

$$0.31 < 1$$

### 2.5.2. CÁLCULO ANCLAJES DEPÓSITO DE AGUAS GRISES.

Los datos a tener en cuenta para el estudio de la presente pieza son los siguientes:

- Peso de la pieza: 87 kg:
  - 80 kg de fluido.
  - 2 kg de depósito.
  - 5 kg de caja
- Dimensiones de la pieza: 700x400x300
- Sujeción: instalado en caja metálica, estando ésta fijada al falso bastidor.
- N° de tornillos: 4.
- Métrica: Ø3,5x32 mm.
- Calidad: 8.8.

- Resistencia a cortante (KN): 1,91 KN.
- Resistencia a tracción (KN): 3,81 KN.

Peso	Fuerza de frenado	Fuerza aerodinámica	Fuerza centrífuga	Fuerza resultante
853,47	2871	110,27	214,77	4049,51

Tabla 20. Fuerza ejercida sobre depósito de aguas grises

Con los datos obtenidos se tiene que la fuerza resultante es de 4049.51 y haciendo uso de la formula :

$$\frac{Fdv}{Fv(\max)} + \frac{Fdt}{1,4 \cdot Ft(\max)} \leq 1$$

Se obtiene que :

$$Fdv = 4049.51 \times 2.5 = 10123.77 \text{ N}$$

Tornillos

- Cortante  $1.91 \text{ kN} \times 8 = 15.28 \text{ KN}$
- Tracción  $3.81 \text{ KN} \times 8 = 30.48 \text{ KN}$

$$0.899 \leq 1$$

### COMPROBACIÓN DEL EJE DIRECCIONAL.

Teniendo en cuenta que el vehículo no se cargará al máximo de la capacidad o al límite de la masa máxima técnicamente admisible y que tendrá un valor de masa variable muy pequeño respecto a la masa total del vehículo, puesto que solo se modificara o será cambiante el número de personas que se encuentren en el vehículo y los niveles de los depósitos de aguas limpias y grises se usará para el cálculo de este punto con 3600 kg de MOM.

El valor de esta comprobación no podrá descender de ningún modo del 30% de la masa máxima técnicamente admisible de este vehículo.



Referencia que estudiar	Primer eje (Kg)	Segundo eje (Kg)	Total (Kg)
Tara en vacío (con depósitos llenos)	1702.72	1732.38	3435.1
M.M.T.A. / MMA	2100	3700	5800

Tabla 21. Tara después de la reforma

Teniendo en cuenta los datos de distribución de la carga obtenidos en la tabla anterior se obtiene el porcentaje dedicado en la reacción del primer eje.

Reacción total 1º eje: 1702.72 kg.

MMA total del vehículo tras reforma: 3435.1 kg.

Porcentaje de masa en el eje delantero:  $1702.72\text{kg} / 3435.1\text{kg} = 0.4956 * 100 = 49.56\%$  por tanto:

- $49.56 > 30$  por lo que cumple con la condición anterior descrita

#### COMPROBACIÓN DE LA SEGURIDAD ACTIVA Y PASIVA DEL VEHÍCULO.

No se sobrepasan pesos ni límites indicados o establecidos por el fabricante por lo que los elementos de seguridad activa y pasiva del vehículo no se verán comprometidos en ningún caso siendo el de mayor importancia el sistema de frenado, estando este capacitado por el fabricante para la masa máxima técnicamente admisible y siendo esta superior a la utilizada en el presente proyecto.

#### PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE.

El estudio y por tanto la reforma realizada en este vehículo no tienen incidencia sobre la protección al medio ambiente por lo que este punto queda exento de cálculo justificativo.

## 2.6. CÁLCULO DE ESFUERZOS SOBRE EL BASTIDOR.

Los cálculos de la unión del falso bastidor al bastidor y los cálculos del propio falso bastidor con la carga de la célula vivienda se calculan con la ayuda del programa autodesk inventor 2022, tanto para el diseño del mismo como para el cálculo de esfuerzos estáticos, puesto que la zona destinada al uso como vivienda se hará uso de ella en estado estacionario y con una carga uniforme, oscilando ésta en el peso de tres personas como máximo.

También se tendrá en cuenta y se calculará el esfuerzo de los tornillos de fijación del falso bastidor al bastidor con la comprobación de esfuerzos a tracción y a cortante tanto en esfuerzos de giro y de deceleraciones bruscas.

Se calculará primero los esfuerzos cortantes y momentos flectores del chasis original para después compararlo con los esfuerzos cortantes y momentos flectores con la incorporación del falso bastidor.

Para ello se tendrá en cuenta la carga soportada por la incorporación de la célula vivienda como una distribución de carga en una viga biapoyada.

Para ello se proponen dos apoyos simulando los ejes del vehículo y no se tendrá en cuenta la carga del motor puesto que la estructura principal sin carrozado viene con el estudio previo del fabricante.

Esquema de la viga biapoyada.

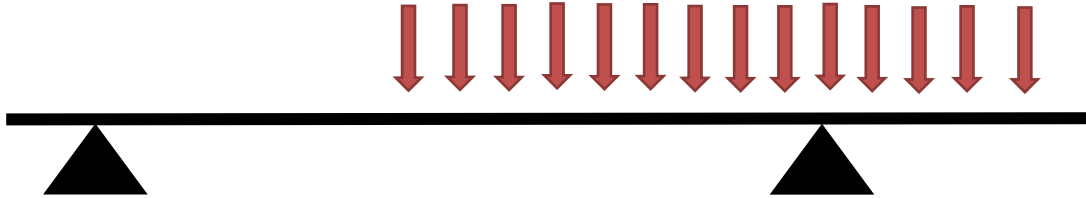


Figura 11. Esquema viga biapoyada

- Longitud total: 6.5 m.
- Distancia entre ejes: 3.75 m.
- Distancia del primer eje al principio de la carga: 2 m.
- Carga = 995 kg.

La distribución de carga viene dada por  $995/4.6 = 216.3 \text{ kg/m}$ .

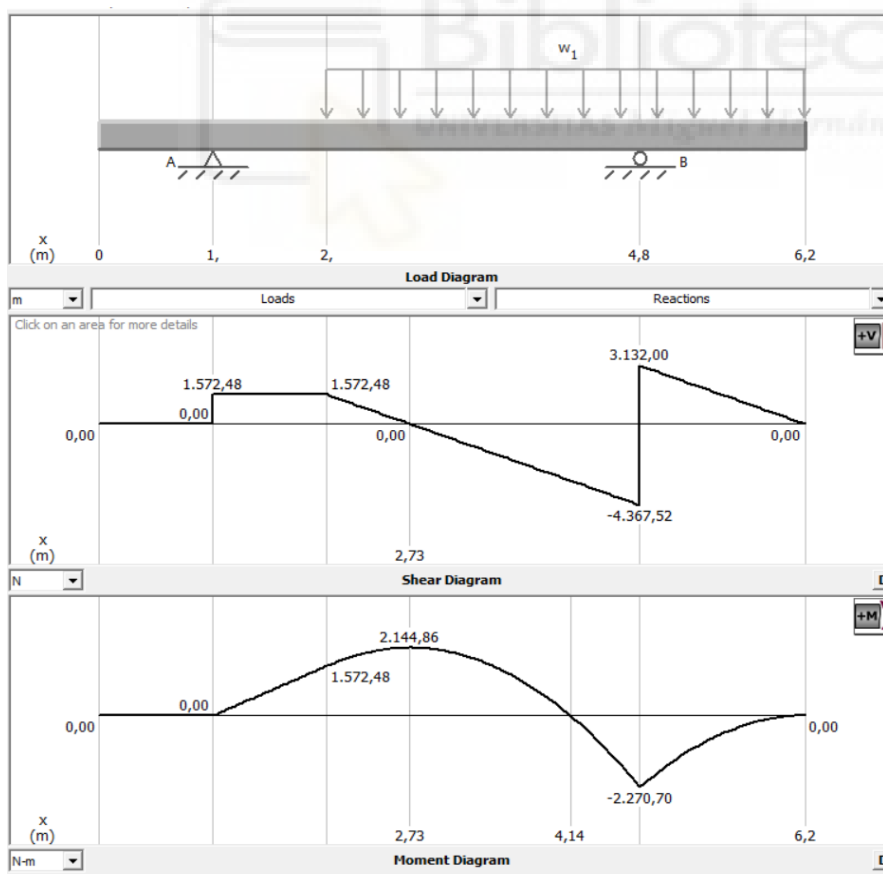


Figura 12. Momentos y cortantes del falso bastidor

Del grafico anterior podemos extraer los momentos flectores y los cortantes , de los cuales necesitaremos los datos del momento máximo más adelante para el cálculo de la estructura del falso bastidor.

### 2.6.1. CÁLCULO DEL CONJUNTO CON CHASIS Y FALSO BASTIDOR.

El conjunto consta de los largueros principales del propio chasis y el falso bastidor formado por largueros de acero 235 de tipo UPE de 80x60x4 determinados por el fabricante en el caso de no soportar cargas máximas ni puntuales , por lo que el requerimiento del falso bastidor se ejecuta para la correcta fijación entre célula vivienda y chasis del vehículo y no para reforzar el chasis por requerimiento de cargas máximas.

No obstante, se calculará el conjunto de ambas estructuras, así como más adelante se calculará las fijaciones entre ambos.

El falso bastidor consta para la unión de los largueros principales de travesaños de las mismas características que las de los largueros principales, además de unos soportes para la célula vivienda situados transversalmente para el correcto apoyo de la célula , estos no se tendrán en cuenta en el cálculo pues la carga soportada por los mismo es mínima en comparación con la soportada por los largueros principales, sirviendo principalmente para la correcta estabilidad de la célula en el vehículo.

Se estudiará la unión entre chasis y falso bastidor y célula vivienda mediante unión elásticas por tornillo y tuerca , además de los esfuerzos soportados por el conjunto de las estructuras de chasis y falso bastidor mediante el método Steiner.

Se incorporará un estudio de esfuerzos mediante el programa Autodesk Inventor 2022, mediante tensión de Von Mises, por información y contraste con los datos calculados más

adelante y corroborar la similitud de ambos sin ser estrictamente iguales debido a los requerimientos previos de diseño para la correcta utilización del software Autodesk Inventor 2022, pero si podemos tener una representación de las zonas más implicadas en los esfuerzos en el vehículo tras la reforma.

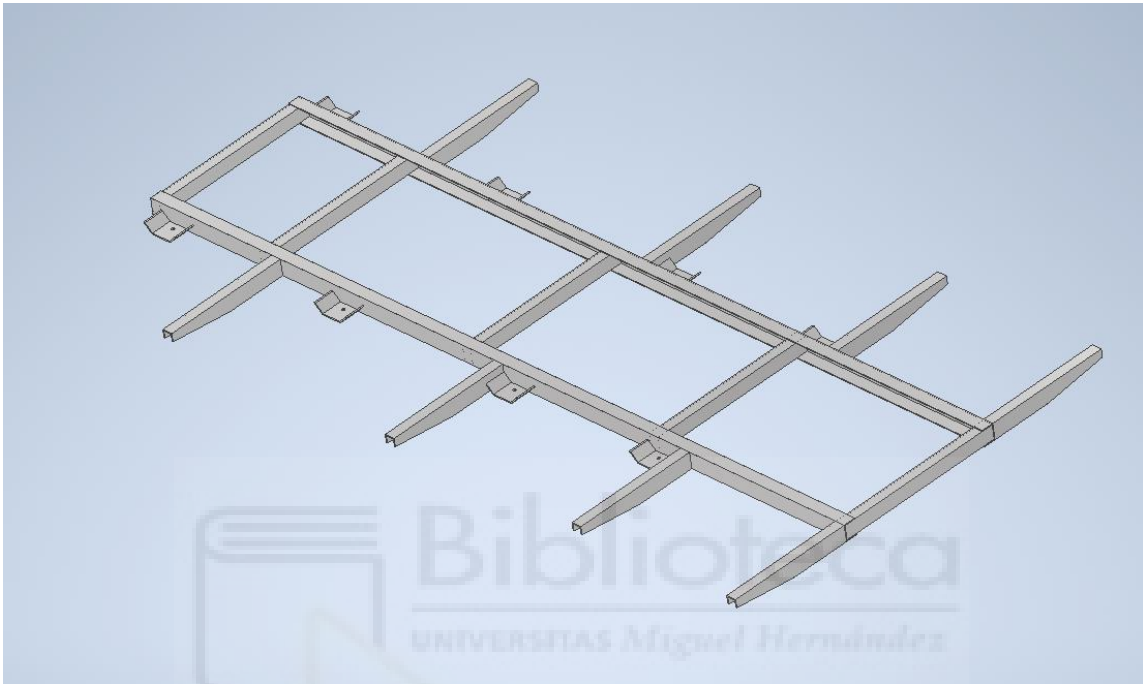


Figura 13. Falso bastidor

En la imagen anterior se muestra el conjunto falso bastidor compuesto por los largueros y travesaños, además de las zonas previstas para el anclaje al chasis original del vehículo

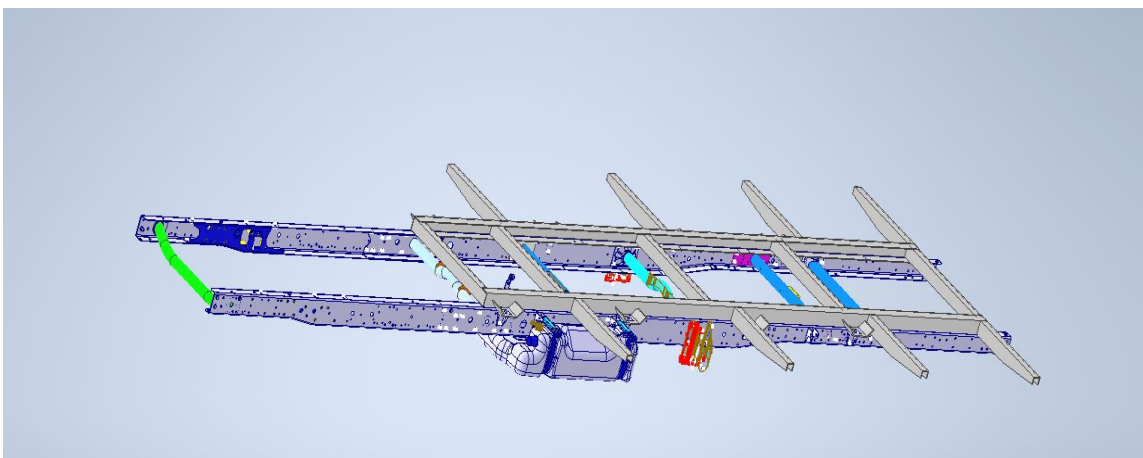


Figura 14. Fijación falso bastidor al chasis

En la imagen anterior se muestra el conjunto de chasis y falso bastidor , siendo este el modelo a seguir para el siguiente cálculo

El objetivo de la instalación de un falso bastidor es distribuir la carga instalada de una manera uniforme en la zona destinada para ello en el vehículo con las características técnicas de origen sin necesidad de modificar el propio chasis del vehículo.

Según el fabricante si las cargas no generan esfuerzos altos en el falso bastidor se podrán usar dimensiones de largueros o de materiales inferiores a los instalados de origen en el chasis principal del vehículo.

Para la ejecución del falso bastidor se usarán perfiles de dimensiones recomendadas por el fabricante en función del módulo de resistencia e el esfuerzo ejercido por la carga en el mismo.

El fabricante informa de la posibilidad de la utilización del aluminio para la realización del falso bastidor siempre que este no este destinado a soportar las cargas principales de los esfuerzos o cargas aplicadas sobre el mismo , dejando esa tarea al chasis del vehículo.

El bastidor original del vehículo se compone de dos perfiles longitudinales o largueros principales, los cuales van desde el inicio hasta el final del vehículo completo con secciones distintas a lo largo de la longitud. Estos se unen entre si mediante travesaños cilíndricos.

En función del modelo del vehículo se emplean distintas dimensiones de largueros, que podremos encontrar en el siguiente cuadro:

Clase	Tipo	Distancia entre ejes [mm]	Voladizo posterior chasis [mm]	A x B x t sección larguero zona distancia entre ejes [mm]	A x B x t sección larguero zona voladizo posterior [mm]
29L - 35S	camión	3000	920	144 X 56 X 3	94 X 56 X 3
		3450	1355		
		3750	1665		
		3950 (autocaravana)	1825		
	furgón	3000 voladizo corto	840		
		3000 voladizo largo	1240		
		3300	1460		
35C	autocaravana ligera	3750	1665	144 X 56 X 3	94 X 56 X 3
		3950	1825		
		3000 (1)	1240		
35C - 50C	camión	3450	1355	174 X 70 X 4	114 X 70 X 4
		3750	1665		
		4100 (1)	1715		
		4350	1885		
		4750 (2)	2350		
		3000 voladizo corto	840		
35C - 40C	furgón	3000 voladizo largo	1240	174 X 69 X 3	114 X 69 X 3
		3300	1460		
		3950	1825		
		3000 voladizo corto	840		
45C - 50C	furgón	3000 voladizo largo	1240	174 X 70 X 4	114 X 70 X 4
		3300	1460		
		3950	1825		
		3450	1355		
60C - 65C - 70C	camión	3750	1665	174 X 69 X 5	174 X 69 X 5
		4350	1890		
		4750	2350		
		3950	1825		
	furgón	3950	1825		

(1) = solo 35C - 40C  
(2) = solo 45C - 50C

Tabla 22. Perfiles del chasis del vehículo según modelo

Para el modelo seleccionado para el uso del que trata este proyecto se tiene que los largueros son de 174 x 70 x 4 para distancia entre ejes y de 114 x 70 x 4 para voladizos

El estudio del conjunto chasis con falso bastidor se hará sobre la sección de 174 x 70 x 4 que el 90% de la carga instalada apoyará sobre esta zona de los largueros.

El material empleado en la fabricación del chasis del vehículo original es el siguiente:

Denominación del acero		Carga de rotura (N/mm <sup>2</sup> )	Carga de deformación (N/mm <sup>2</sup> )	Alargamiento (%)
IVECO	FEE420	530	420	23
Europe	S420MC			
Germany	S420MC			
UK	S420MC			

Tabla 23. Características del acero usado por el fabricante

El material para la fabricación del falso bastidor según el fabricante es el siguiente:

Denominación del acero		Carga de rotura (N/mm <sup>2</sup> )	Carga de deformación (N/mm <sup>2</sup> )	Alargamiento
IVECO	FE360D	360 (1)	235 (1)	25% (1)
EUROPE	S235JR			
GERMANY	S235JR			
UK	37/23CR			
IVECO	FEE420	530	420	21%
EUROPE	S420MC			
GERMANY	S420MC			
UK	S420MC			
IVECO	FE510D	520	360	22%
EUROPE	S355J2G3F			
GERMANY	S355J2G3F			
UK	50D			

Tabla 24. Características del acero recomendado por el fabricante

Datos y propiedades de los largueros seleccionados según fabricante y uso según el modelo de vehículo para este proyecto:

Datos	Chasis	Falso bastidor
Altura	170/114	80
Base	70/70	70
Espesor	4/4	3
Tipo de material	Acero s420M	Acero s235jR
Carga de rotura(N/mm <sup>2</sup> )	530	360
Carga de deformación(N/mm <sup>2</sup> )	420	235

Tabla 25. Comparativa características entre chasis y falso bastidor



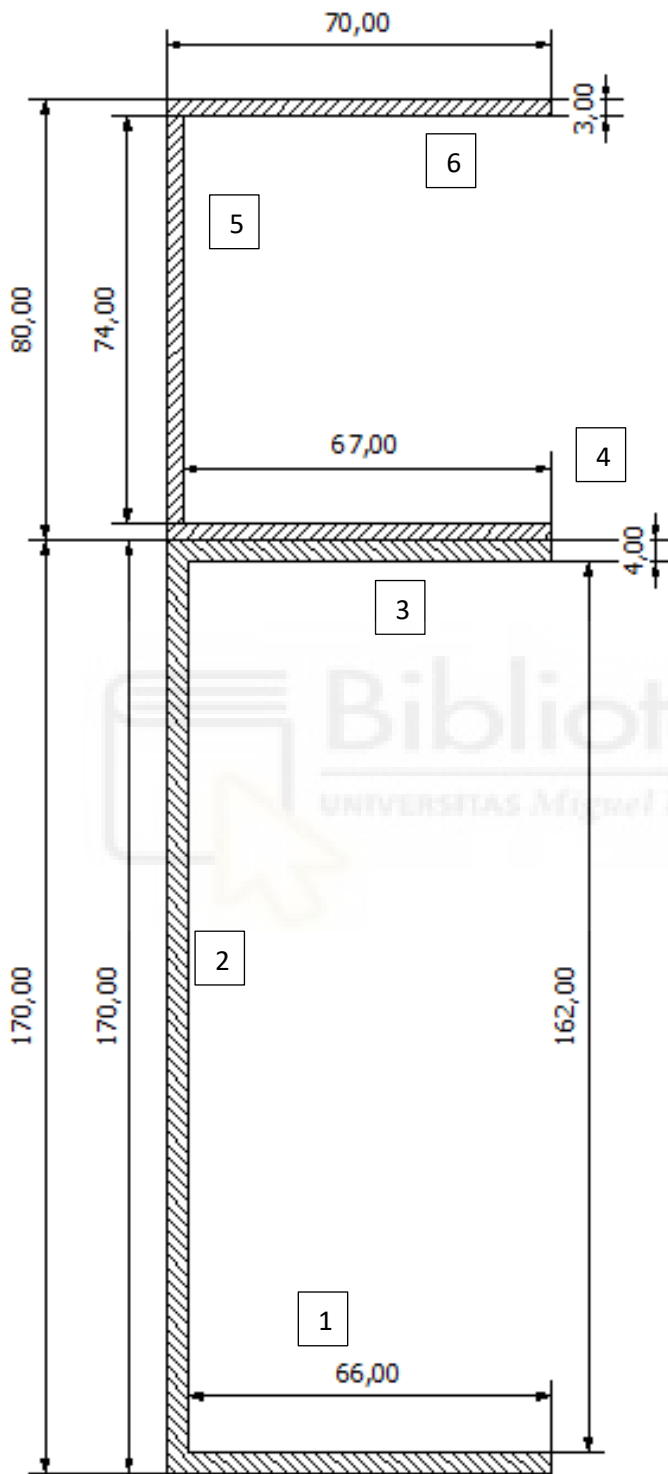


Figura 15. Esquema conjunto de las dos estructuras

En el croquis anterior se identifican las secciones de los largueros superpuestos del chasis y falso bastidor para facilitar los cálculos del momento resistente del perfil reforzado.

Este cálculo se realiza por formalidad puesto que debido a la carga aplicada en el vehículo tras la reforma no es necesario la aplicación o incorporación de un falso bastidor para el refuerzo del chasis original, por lo que la instalación del mismo es de importancia exclusivamente para mantener la carga lo más estable posible en todos los usos del vehículo y así evitar refuerzos o materiales de alta resistencia en el suelo de la caja destinada a vivienda ya que la distribución de la carga estará repartida por el falso bastidor como una carga fija si variaciones importantes.

En el croquis se descomponen las secciones en áreas numeradas para el cálculo.

Primero se determinará el eje neutro respecto al de referencia, por lo que se calculan los momentos estáticos individualmente respecto al eje x.

<b>ME1</b>	$70 \times 4 \times (170 + 80 - 2)$	69440 mm <sup>3</sup>
<b>ME2</b>	$4 \times 163 \times (172/2 + 80)$	107580 mm <sup>3</sup>
<b>ME3</b>	$70 \times 4 \times 82$	22960 mm <sup>3</sup>
<b>ME4</b>	$70 \times 3 \times (80 - 3/2)$	16485 mm <sup>3</sup>
<b>ME5</b>	$3 \times 74 \times 40$	8880 mm <sup>3</sup>
<b>ME6</b>	$70 \times 3 \times 3/2$	315 mm <sup>3</sup>
<b>ME total</b>		225660 mm <sup>3</sup>

Tabla 26. Cálculo de las secciones de la estructura

A continuación, se calculan las distintas áreas en las que han sido divididas las secciones de los largueros.

<b>A1</b>	70x4	280 mm <sup>2</sup>
<b>A1</b>	162x4	648 mm <sup>2</sup>
<b>A1</b>	70x4	280 mm <sup>2</sup>
<b>A1</b>	70x3	210 mm <sup>2</sup>
<b>A1</b>	80x3	240 mm <sup>2</sup>
<b>A1</b>	70x3	210 mm <sup>2</sup>
<b>A total</b>		1868mm <sup>2</sup>

Tabla 27. Cálculo de las áreas de las secciones de la estructura

Con los datos obtenidos en las tablas anteriores se calcula la distancia del eje neutro al eje de referencia x , siendo la distancia L:

$$L = MEt/A = 225660\text{mm}^3 / 1868\text{mm}^2 = 133.68 \text{ mm.}$$

Con este dato podemos calcular la distancia del eje neutro a la fibra más alejada da la sección total siendo esta (Ymax).

$$Y_{\max} = (170+80)-133.68 = 116.32 \text{ mm.}$$

Calculamos los momentos de inercia de los largueros por separado teniendo  $I_{x1}$  e  $I_{x2}$ :

$$I_{x1} = \frac{1}{12} x(4 * 170^3) + 2 * \left( \frac{1}{12} * 70 * 4^3 + 70 * 4 * \left( \frac{162}{2} + \frac{4}{2} \right)^2 \right) = 5496253.33 \text{ mm}^4$$

$$I_{x2} = \frac{1}{12} x(3 * 80^3) + 2 * \left( \frac{1}{12} * 70 * 3^3 + 70 * 3 * \left( \frac{74}{2} + \frac{3}{2} \right)^2 \right) = 750860 \text{ mm}^4$$

Para utilizar la formula  $W_x = \frac{I_x}{y_{max}}$ , donde  $y_{max}$  es la distancia de la fibra mas alejada de los cálculos realizados procedemos con el cálculo de cada uno de los largueros por separado:

$$W_{x1} = \frac{5496253.33}{116.32} = 47251.14 \text{ mm}^3$$

$$W_{x2} = \frac{750860}{116.32} = 6455.12 \text{ mm}^3$$

Con estos datos podemos asegurar el tipo de material o calidad del acero usado para el chasis y falso bastidor para garantizar la seguridad del conjunto estructuralmente.

Con el momento mayor producido sobre el chasis calculado anteriormente obtendremos el coeficiente de seguridad del conjunto. No obstante, se sabe que el coeficiente de seguridad que obtendremos será muy superior a los mínimos exigidos que normalmente se estima en 2 para esfuerzos de poco requerimiento, debido a que la estructura original del fabricante ya proporciona una capacidad para esfuerzos y carga muy superiores a los provocados por la reforma final del proyecto.

Además el falso chasis fabricado para la correcta distribución de la carga aplicada y estabilidad de la célula vivienda reforzará en mayor medida el chasis original de vehículo y puesto que los materiales y calidades mínimos son impuestos por el fabricante no tendremos en cuenta el valor del gran magnitud que obtendremos de coeficiente de seguridad, por lo que la posibilidad de reducir peso o costes en los que a chasis y falso bastidor se refiere no será posible por los requerimientos propios del fabricante independientemente del bajo esfuerzo que apliquemos sobre el vehículo con la esta reforma

Para calcular el coeficiente de seguridad es necesario acudir al gráfico y cálculos anteriores siendo el valor del momento máximo de 2,270 kN/m, siendo el valor para utilizar de 227 kg/m.

El momento máximo aplicado sobre cada larguero viene dado de la siguiente manera:

$$M_{fmax} = 2 \times \lambda \times I_x$$

Donde tendremos que definir primeramente el valor lambda, el cual viene definido de la siguiente manera:

$$\lambda = \frac{M_{fmax}}{2 \times I_{xtot}} = \frac{22700}{2 \times (549.6 + 75.08)} = 18.17$$

Por tanto, ahora podemos obtener el momento máximo en la sección 1 y en la sección 2.

$$M_{f1} = 2 \times 18.17 \times 549.6 = 19972.46 \text{ cm} \cdot \text{kg}$$

$$M_{f2} = 2 \times 18.17 \times 75.08 = 2728.41 \text{ cm} \cdot \text{kg}$$

Ahora podremos calcular la tensión provocada por el flector que soporta el punto estudiado, que en nuestro caso es la parte media de la zona destinada al espacio de la célula vivienda, sabiendo que:

$$\sigma_1 = \frac{M_{fmx1}}{2 \times W_{x1}} = 211.34 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_2 = \frac{M_{fmx2}}{2 \times W_{x2}} = 211.50 \text{ kg/cm}^2$$

Con el momento máximo aplicado en la estructura obtenemos el valor de  $\sigma_{\max}$ , obteniendo de este modo:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{f\max}}{W} = 480.41 \text{ kg/cm}^2$$

Con los datos del material utilizado obtendremos el coeficiente de seguridad, tomando como referencia el límite de elasticidad del material según fabricante y la máxima tensión calculada a la que se somete la estructura estudiada. Al utilizar el mismo material pero con grados diferentes de calidad, nos ceñiremos a los datos del más desfavorable siendo este el usado para el falso bastidor. Acero S235rj con un límite elástico de 2396.33 kg/cm<sup>2</sup>

$$n = \frac{2 \cdot 2396.33 \text{ kg/cm}^2}{480.41 \text{ kg/cm}^2} = 9.9$$

Como se puede comprobar y hemos comentado anteriormente el coeficiente de seguridad es muy superior al recomendado (2), pero tenemos que cumplir con los requerimientos mínimos exigidos por el fabricante que en nuestro caso no se llegará en ningún caso a exigir a la estructura, la cual está preparada para una carga estática y distribuida en la zona de carga en 5 veces la exigida por nuestra reforma, la cual daría un coeficiente de seguridad aproximadamente de 4 un valor más acertado y que nos hace entender las exigencias mínimas del fabricante.

Ahora se tiene en cuenta la disminución de sección en el diseño del chasis original del vehículo, calculando de forma similar a la anterior selección y se supondrá para el cálculo todo el chasis del vehículo en la dimensión de menor medida, la que nos dará un resultado más desfavorable y un coeficiente de seguridad menor que en el caso anterior siendo también el resultado del mismo superior a los estándares actuales en cuanto a seguridad se refiere.

En función del modelo del vehículo se emplean distintas dimensiones de largueros, que podremos encontrar en el siguiente cuadro:

Clase	Tipo	Distancia entre ejes [mm]	Voladizo posterior chasis [mm]	A x B x t sección larguero zona distancia entre ejes [mm]	A x B x t sección larguero zona voladizo posterior [mm]
29L - 35S	camión	3000	920	144 X 56 X 3	94 X 56 X 3
		3450	1355		
		3750	1665		
		3950 (autocaravana)	1825		
	furgón	3000 voladizo corto	840		
		3000 voladizo largo	1240		
		3300	1460		
35C	autocaravana ligera	3750	1665	144 X 56 X 3	94 X 56 X 3
		3950	1825		
		3000 (1)	1240		
35C - 50C	camión	3450	1355	174 X 70 X 4	114 X 70 X 4
		3750	1665		
		4100 (1)	1715		
		4350	1885		
		4750 (2)	2350		
		3000 voladizo corto	840		
35C - 40C	furgón	3000 voladizo largo	1240	174 X 69 X 3	114 X 69 X 3
		3300	1460		
		3950	1825		
		3000 voladizo corto	840		
45C - 50C	furgón	3000 voladizo largo	1240	174 X 70 X 4	114 X 70 X 4
		3300	1460		
		3950	1825		
		3450	1355		
60C - 65C - 70C	camión	3750	1665	174 X 69 X 5	174 X 69 X 5
		4350	1890		
		4750	2350		
		3950	1825		
	furgón	3950	1825		

(1) = solo 35C - 40C  
(2) = solo 45C - 50C

Tabla 22. Perfiles del chasis del vehículo según modelo

Para el modelo seleccionado para el uso del que trata este proyecto se tiene que los largueros son de 174 x 70 x 4 para distancia entre ejes y de 114 x 70 x 4 para voladizos.

En este caso seleccionamos el larguero de 114 x 74 x 4

El material empleado en la fabricación del chasis del vehículo original es el siguiente:

Denominación del acero		Carga de rotura (N/mm <sup>2</sup> )	Carga de deformación (N/mm <sup>2</sup> )	Alargamiento (%)
IVECO	FEE420	530	420	23
Europe	S420MC			
Germany	S420MC			
UK	S420MC			

Tabla 23. Características del acero usado por el fabricante

El material para la fabricación del falso bastidor según el fabricante es el siguiente:

Denominación del acero		Carga de rotura (N/mm <sup>2</sup> )	Carga de deformación (N/mm <sup>2</sup> )	Alargamiento
IVECO	FE360D	360 (1)	235 (1)	25% (1)
EUROPE	S235JR			
GERMANY	S235JR			
UK	37/23CR			
IVECO	FEE420	530	420	21%
EUROPE	S420MC			
GERMANY	S420MC			
UK	S420MC			
IVECO	FE510D	520	360	22%
EUROPE	S355J2G3F			
GERMANY	S355J2G3F			
UK	50D			

Tabla 24. Características del acero recomendado por el fabricante

Datos y propiedades de los largueros seleccionados según fabricante y uso según el modelo de vehículo para este proyecto:

Datos	Chasis	Falso bastidor
Altura	114	80
Base	70	70
Espesor	4	3
Tipo de material	Acero s420M	Acero s235jR
Carga de rotura(N/mm <sup>2</sup> )	530	360
Carga de deformación(N/mm <sup>2</sup> )	420	235

Tabla 28. Comparativa de las dos estructuras a calcular



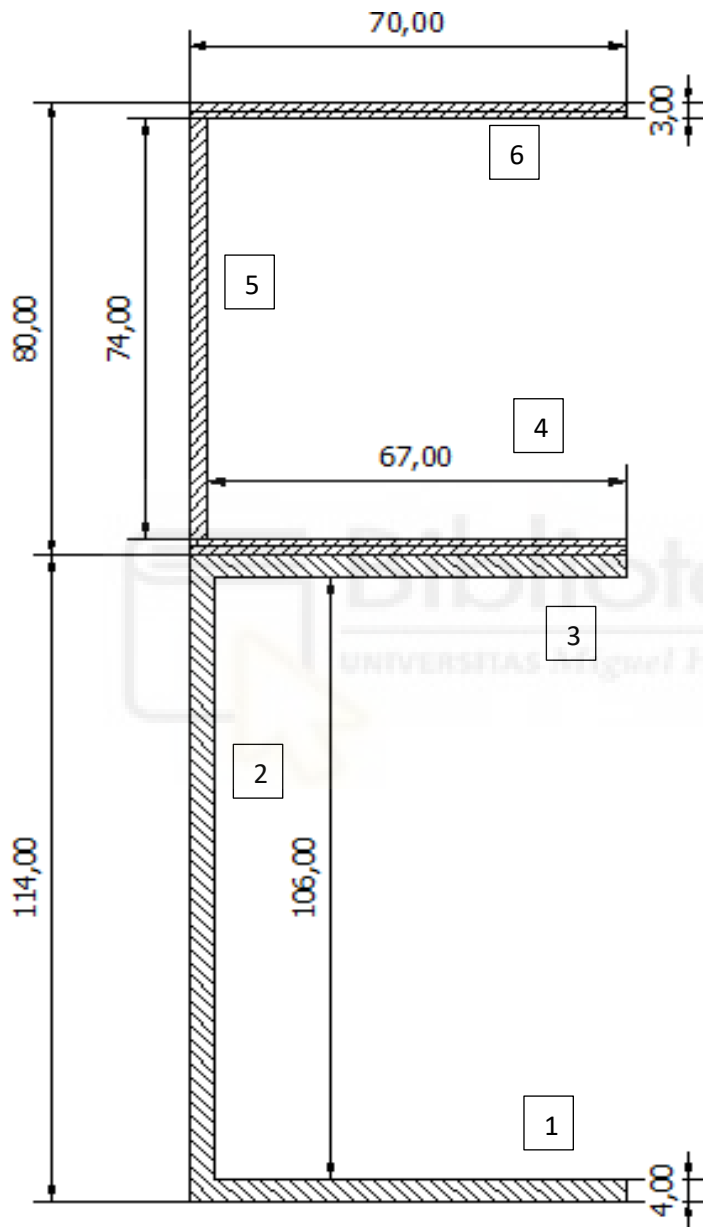


Figura 16. Esquema de las dos estructuras mas desfavorables

En el croquis anterior se identifican las secciones de los largueros superpuestos del chasis y falso bastidor para facilitar los cálculos del momento resistente del perfil reforzado.

Este cálculo se realiza por formalidad puesto que debido a la carga aplicada en el vehículo tras la reforma no es necesario la aplicación o incorporación de un falso bastidor para el refuerzo del chasis original, por lo que la instalación del mismo es de importancia exclusivamente para mantener la carga lo más estable posible en todos los usos del vehículo y así evitar refuerzos o materiales de alta resistencia en el suelo de la caja destinada a vivienda ya que la distribución de la carga estará repartida por el falso bastidor como una carga fija si variaciones importantes.

En el croquis se descomponen las secciones en áreas numeradas para el cálculo.

Primero se determinará el eje neutro respecto al de referencia, por lo que se calculan los momentos estáticos individualmente respecto al eje x.

<b>ME1</b>	$70 \times 4 \times (114 + 80 - 2)$	53760 mm <sup>3</sup>
<b>ME2</b>	$4 \times 106 \times (116/2 + 80)$	58512 mm <sup>3</sup>
<b>ME3</b>	$70 \times 4 \times 82$	22960 mm <sup>3</sup>
<b>ME4</b>	$70 \times 3 \times (80 - 3/2)$	16485 mm <sup>3</sup>
<b>ME5</b>	$3 \times 74 \times 40$	8880 mm <sup>3</sup>
<b>ME6</b>	$70 \times 3 \times 3/2$	315 mm <sup>3</sup>
<b>ME total</b>		160912 mm <sup>3</sup>

Tabla 29. Tabal secciones de las estructuras

A continuación, se calculan las distintas áreas en las que han sido divididas las secciones de los largueros

<b>A1</b>	70x4	280 mm <sup>2</sup>
<b>A1</b>	106x4	424 mm <sup>2</sup>
<b>A1</b>	70x4	280 mm <sup>2</sup>
<b>A1</b>	70x3	210 mm <sup>2</sup>
<b>A1</b>	80x3	240 mm <sup>2</sup>
<b>A1</b>	70x3	210 mm <sup>2</sup>
<b>A total</b>		1644mm <sup>2</sup>

Tabla 30. Cálculo áreas de las secciones

Con los datos obtenidos en las tablas anteriores se calcula la distancia del eje neutro al eje de referencia x , siendo la distancia L:

$$L = MEt/A = 160912\text{mm}^3 / 1644\text{mm}^2 = 97.88 \text{ mm.}$$

Con este dato podemos calcular la distancia del eje neutro a la fibra más alejada da la sección total siendo esta (Ymax).

$$Y_{\max} = (114+80)-97.88 = 96.12 \text{ mm.}$$

Calculamos los momentos de inercia de los largueros por separado teniendo  $I_{x1}$  e  $I_{x2}$ :

$$I_{x1} = \frac{1}{12} x(4 * 114^3) + 2 * \left( \frac{1}{12} * 70 * 4^3 + 70 * 4 * \left( \frac{106}{2} + \frac{4}{2} \right)^2 \right) = 2188594.66 \text{ mm}^4$$

$$I_{x2} = \frac{1}{12} x(3 * 80^3) + 2 * \left( \frac{1}{12} * 70 * 3^3 + 70 * 3 * \left( \frac{74}{2} + \frac{3}{2} \right)^2 \right) = 750860 \text{ mm}^4$$

Para utilizar la formula  $W_x = \frac{I_x}{y_{max}}$  , donde  $y_{max}$  es la distancia de la fibra mas alejada de los cálculos realizados procedemos con el cálculo de cada uno de los largueros por separado:

$$W_{x1} = \frac{2188594.66}{96.12} = 22769.39\text{mm}^3$$

$$W_{x2} = \frac{750860}{96.12} = 7811.69 \text{ mm}^3$$

Con estos datos podemos asegurar el tipo de material o calidad del acero usado para el chasis y falso bastidor para garantizar la seguridad del conjunto estructuralmente.

Con el momento mayor producido sobre el chasis calculado anteriormente obtendremos el coeficiente de seguridad del conjunto. No obstante, se sabe que el coeficiente de seguridad que obtendremos será muy superior a los mínimos exigidos que normalmente se estima en 2 para esfuerzos de poco requerimiento, debido a que la estructura original del fabricante ya proporciona una capacidad para esfuerzos y carga muy superiores a los provocados por la reforma final del proyecto.

Además el falso chasis fabricado para la correcta distribución de la carga aplicada y estabilidad de la célula vivienda reforzará en mayor medida el chasis original de vehículo y puesto que los materiales y calidades mínimos son impuestos por el fabricante no tendremos en cuenta el valor del gran magnitud que obtendremos de coeficiente de seguridad , por lo que la posibilidad de reducir peso o costes en los que a chasis y falso bastidor se refiere no será posible por los requerimientos propios del fabricante independientemente del bajo esfuerzo que apliquemos sobre el vehículo con la esta reforma.

Para calcular el coeficiente de seguridad es necesario acudir al gráfico y cálculos anteriores siendo el valor del momento máximo de 2,270 kN/m , siendo el valor para utilizar de 227 kg/m.

El momento máximo aplicado sobre cada larguero viene dado de la siguiente manera:

$$M_{fmax} = 2 \times \lambda \times I_x$$

Donde tendremos que definir primeramente el valor lambda, el cual viene definido de la siguiente manera:

$$\lambda = \frac{M_{fmax}}{2 * I_{xtot}} = \frac{22700}{2 * (218.85 + 75.08)} = 38.61$$

Por tanto , ahora podemos obtener el momento máximo en la sección 1 y en la sección 2.

$$M_{f1} = 2 \times 38.61 \times 218.95 = 16909.34 \text{ cm} * \text{kg}$$

$$M_{f2} = 2 \times 38.61 \times 75.08 = 2728.41 \text{ cm} * \text{kg}$$

Ahora podremos calcular la tensión provocada por el flector que soporta el punto estudiado , que en nuestro caso es la parte media de la zona destinada al espacio de la célula vivienda, sabiendo que:

$$\sigma_1 = \frac{M_{fmx1}}{2 * W_{x1}} = 498.68 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_2 = \frac{M_{fmx2}}{2 * W_{x2}} = 211.50 \text{ kg/cm}^2$$

Con el momento máximo aplicado en la estructura obtenemos el valor de  $\sigma_{max}$  , obteniendo de este modo :

$$\sigma_{max} = \frac{M_{fmax}}{W} = 997.36 \text{ kg/cm}^2$$

Con los datos del material utilizado obtendremos el coeficiente de seguridad, tomando como referencia el límite de elasticidad del material según fabricante y la máxima tensión

calculada a la que se somete la estructura estudiada. Al utilizar el mismo material pero con grados diferentes de calidad, nos ceñiremos a los datos del más desfavorable siendo este el usado para el falso bastidor.

Acero S235rj con un límite elástico de 2396.33 kg/cm<sup>2</sup>

$$n = \frac{2 \cdot 2396.33 \text{ kg/cm}^2}{997.36 \text{ kg/cm}^2} = 4.80$$

Como se puede comprobar y hemos comentado anteriormente el coeficiente de seguridad es muy superior al recomendado (2), pero tenemos que cumplir con los requerimientos mínimos exigidos por el fabricante que en nuestro caso no se llegará en ningún caso a exigir a la estructura, la cual está preparada para una carga estática y distribuida en la zona de carga en 2.5 veces la exigida por nuestra reforma

## 2.7. CÁLCULO Y DISEÑO DE LOS ELEMENTOS DE FIJACIÓN DE LA ESTRUCTURA.

### 2.7.1. CÁLCULO DE LAS FIJACIONES DEL FALSO BASTIDOR AL CHASIS.

El chasis dispone de unos anclajes preparados para la instalación de un falso bastidor o una zona destinada a carga o trabajo, los cuales hemos respetado en diseño y dimensiones para la instalación del falso bastidor al chasis.

El falso bastidor se apoya directamente sobre el chasis en su totalidad por lo que el esfuerzo por las fijaciones será mayoritariamente a esfuerzo cortante en la instalación y unión mediante tornillo y tuerca.

Como se menciona en el párrafo anterior la unión de las dos estructuras se hará mediante tornillo y tuerca autoblocantes respetando las calidades exigidas por el fabricante y del modo indicado en el siguiente croquis.

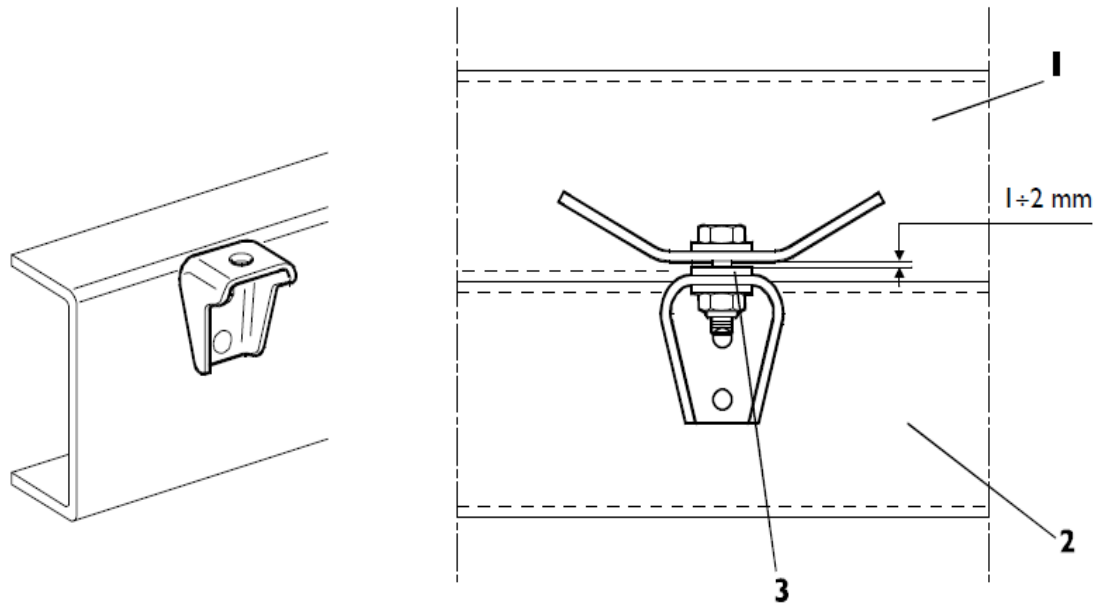


Figura 17. Unión chasis con falso bastidor

A continuación, se muestra la tabla para la selección de tornillos según fabricante

Clases de resistencia	Empleo	Carga de rotura (N/mm <sup>2</sup> )	Carga de deformación (N/mm <sup>2</sup> )
4.8	Tornillos no de sostén	400	320
5.8	Tornillos de baja resistencia	500	400
8.8	Tornillos de media resistencia (travesaños, placas resistentes a cortes y ménsulas)	800	640
10.9	Tornillos de alta resistencia (soporte de muelles, barras estabilizadoras y amortiguadores)	1000	900

Tabla 31. Características de los tornillos en función de su calidad

Considerando el destino y el uso de la reforma se emplearán tornillos de clase 8.8 con tuercas autoblocantes de la misma calidad.

Se emplearán arandelas para mantener el espacio indicado por el fabricante de ambas uniones siendo el caso de 1.2mm por lo que se usarán de dureza mínima de 200 HB , además de las mismas para el uso en la parte inferior de la cabeza del tornillo y de la tuerca

Evaluaremos la célula vivienda como peso propio o elemento fijo al falso bastidor para el cálculo de este al chasis y después haremos los mismos cálculos para la célula vivienda al falso bastidor.

	Reducción del puente	V. Máx a 3500 rpm [km/h]	Rev. Motor [rpm]			Pendiente máxima con			V.Min a 1000 rpm [km/h]
			120 km/h	100 km/h	90 km/h	5,2 tons en 1ª	8,7 tons en 1ª	5,2 tons en ult	
2840.6	4,222	129	3251	2709	2438	49%	27%	4,5%	37
	3,308	165	2547	2123	1910	37%	21%	3,1%	47
	3,615	151	2784	2320	2088	40%	23%	3,6%	43
	3,917	139	3016	2513	2262	44%	25%	4,0%	40
	4,444	123	3422	2852	2566	52%	29%	4,8%	35

En azul, se indica la reducción del puente recomendada para el vehículo serie. En negro, otras alternativas disponibles

Tabla 32. Velocidades máximas según fabricantes por modelo

La velocidad normal del vehículo y estimada por la dirección general de tráfico se establece entre 90 – 120 km/h, pero como se puede comprobar en el cuadro anterior del fabricante el vehículo por construcción puede alcanzar una velocidad máxima de 165 km/h por lo que el estudio de los esfuerzos a cortante para los tornillos de fijación se hará con la velocidad máxima para la estimación del supuesto más desfavorable tratándose de una frenada de emergencia a esa velocidad

La deceleración viene dada por

$$a = \frac{\text{velocidad}}{\text{tiempo}}$$

$$\text{velocidad } 165 \text{ km/h} = 45.83 \text{ m/s}$$



tiempo sacado de tablas de estadísticas a esa velocidad 6s para vehículo en óptimas condiciones, calzada seca y neumáticos en buen estado. Puesto que si no cumple estas condiciones el supuesto será menos desfavorable debido a los deslizamientos de los neumáticos en la calzada.

Por tanto:

$$a = \frac{45.83}{6s} = 7.63 \text{ m/s}^2$$

La fuerza a la que se verán sometidos los tornillos viene dada por aceleración por la carga máxima que pueda transportar entre la gravedad

Consideramos también que la carga es la máxima permitida por el fabricante restando la tara del vehículo reformado a la MMA, aun sabiendo que la carga de nuestro vehículo oscilará muy poco de la tara tras la reforma, puesto que no se destina al uso de transporte de mercancías.

$$F = \frac{a \cdot (MMA - Tara)}{g} = \frac{7.63 \frac{m}{s^2} \cdot (5800 - 3045)}{9.81 \frac{m}{s^2}} = 2142.77 \text{ kg.}$$

Las características de los tornillos seleccionados son las siguientes:

Tipo de tornillos M12.

Calidad 8.8 que para un paso normal o grueso el área de esfuerzo de tensión en mm<sup>2</sup> es de 84.30 mm<sup>2</sup> y el área mínima de 76.30 mm<sup>2</sup>

El coeficiente de seguridad usado para el cálculo de la resistencia a cortante del tornillo es de 1.25.

$$R = \frac{0.5 \cdot 0.7 \cdot 84.30 \text{ mm}^2 \cdot 640 \text{ n/mm}^2}{1.25 \cdot 1000} = 15.10 \text{ kN}$$

Con este dato podemos calcular el número de tornillos mínimos que necesitamos en función de la carga que tienen que soportar calculada anteriormente.

$$N^{\circ} \text{ min. Tornillos} = \frac{2 * F * 10}{15.10 \text{ kn} * 1000} = 2.9$$

Con un coeficiente de seguridad de 2 y la carga ejercida sobre los tornillos tendremos un mínimo de 3 tornillos para soportar con esa exigencia.

En nuestro caso como mínimo tendremos 4 tornillos por larguero con un total de 8 tornillos , pues son las uniones exigidas por el fabricante.

Comprobamos finalmente que la cantidad de tornillos a utilizar y de las características descritas anteriormente son suficientes y cumplen con la fuerza calculada a soportar en caso de una fuerte deceleración.

$$N^{\circ} \text{ tornillos} \times R \geq 21.43 \text{ kN}$$

$8 \times 15.10 \text{ kN} \geq 21.43 \text{ kN}$ , cumple holgadamente con las exigencias a las que se pueda ver sometido en caso de emergencia.

Para el cálculo de las uniones entre célula vivienda y falso bastidor se tomarán las mismas características que las usadas para la unión del falso bastidor y el chasis, y puesto que la carga sigue siendo la misma , además de las calidades de los tornillos y el método usado para su unión, nos sirve el cálculo anterior y el resultado obtenido en él.

Empleando por consecuencia la misma cantidad de tornillos dispuestos en los travesaños de los extremos del falso bastidor.

**Estudio creado por Autodesk Inventor.**

Este estudio se hace para comprobar y verificar con cargas puntuales en los extremos del falso bastidor que son los puntos más alejados del centro de gravedad y de los apoyos continuos sobre el chasis, por lo que una carga excesiva en los extremos podría tener deformaciones relevantes para la reforma.

Propiedades de los materiales:

<b>Masa</b>	<b>106,972 kg</b>
<b>Área</b>	7406530 mm <sup>2</sup>
<b>Volumen</b>	13838600 mm <sup>3</sup>
<b>Centro de gravedad</b>	x=12,0119 mm y=400,796 mm z=514,13 mm

Tabla 33. Propiedades del material

Configuración de malla:

<b>Tamaño medio de elemento (fracción del diámetro del modelo)</b>	<b>0,1</b>
<b>Tamaño mínimo de elemento (fracción del tamaño medio)</b>	0,2
<b>Factor de modificación</b>	1,5
<b>Ángulo máximo de giro</b>	60 gr
<b>Crear elementos de malla curva</b>	No
<b>Usar medida basada en pieza para la malla del ensamblaje</b>	Sí

Tabla 34. Malla generada

Condiciones de funcionamiento:

Tipo de carga	Fuerza
<b>Magnitud</b>	5000,000 N
<b>Vector X</b>	5000,000 N
<b>Vector Y</b>	0,000 N
<b>Vector Z</b>	0,000 N

Tabla 35.. fuerza ejercida

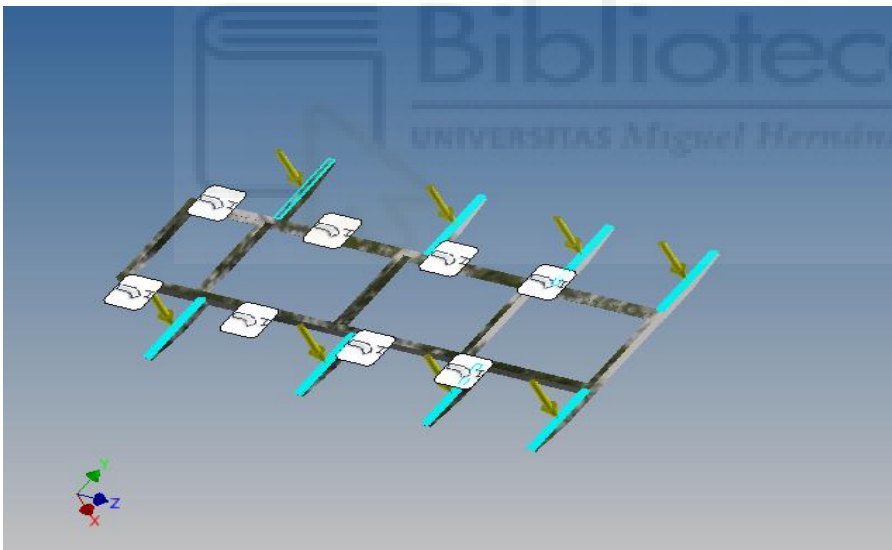
Caras seleccionadas para los puntos fijos y fuerzas:

Tabla 36. Apoyos

Resultados del análisis:

Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componente (X, Y, Z)	Magnitud	Componente (X, Y, Z)
<b>Restricción fija:1</b>	5125,25 N	-4866 N	4737,39 N m	-851,99 N m
		190,066 N		-4655,8 N m
		1598,16 N		-201,228 N m
<b>Restricción fija:2</b>	1599,91 N	-135,511 N	171,782 N m	-116,819 N m
		-180,169 N		42,8528 N m
		-1583,94 N		-118,431 N m

Tabla 33. Tabla resumen del análisis

Resumen de los resultados:

Nombre	Mínimo	Máximo
<b>Volumen</b>	13838600 mm <sup>3</sup>	
<b>Masa</b>	106,972 kg	
<b>Tensión de Von Mises</b>	0,000224045 MPa	66,0271 MPa
<b>Primera tensión principal</b>	-25,1301 MPa	70,3605 MPa
<b>Tercera tensión principal</b>	-69,2286 MPa	13,8422 MPa
<b>Desplazamiento</b>	0 mm	2,18158 mm
<b>Coefficiente de seguridad</b>	3,78633 su	15 su

Tabla 37. Resultados obtenidos

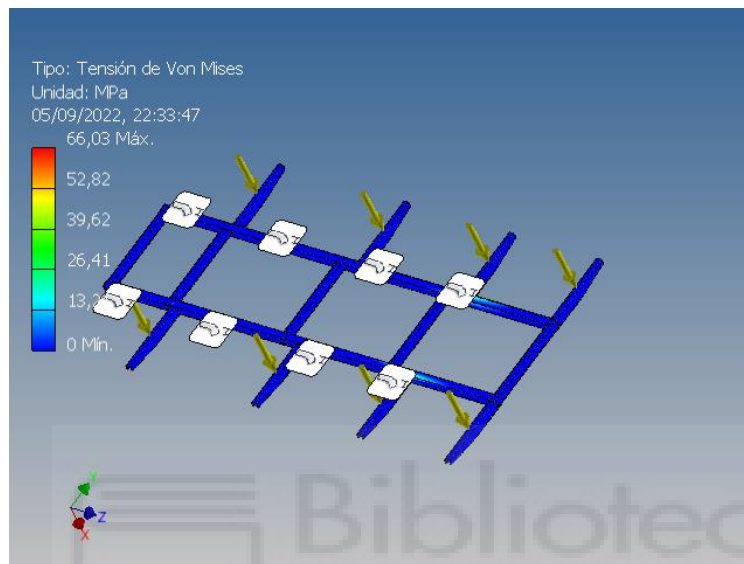
Tensión de Von Mises:

Figura 18. Tensión de Von Mises

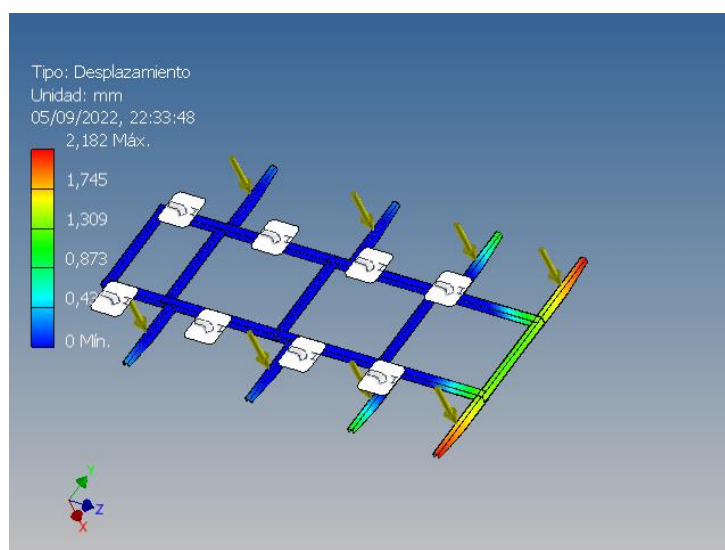
Desplazamiento:

Figura 19. Desplazamiento ejercido por la tension

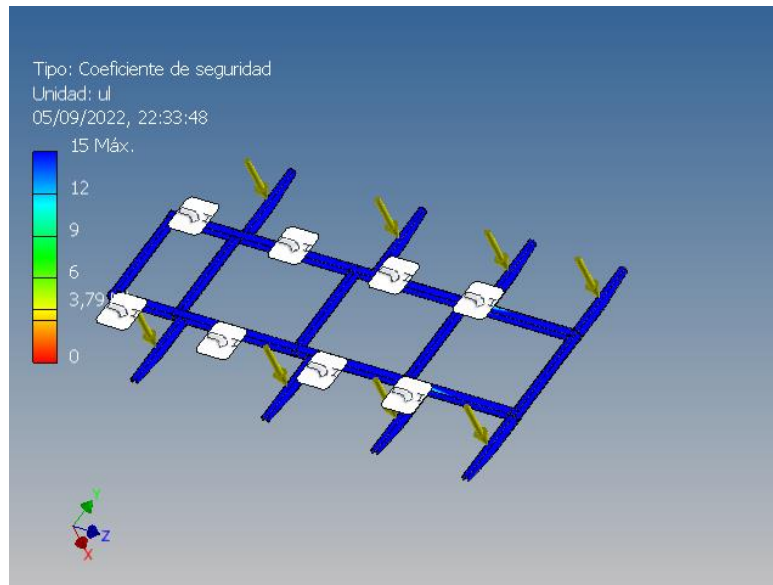
Coeficiente de seguridad:

Figura 20. Coeficiente de seguridad obtenido

Como se puede comprobar en los resultados obtenidos, el coeficiente de seguridad ronda entre 12 y 15 un valor muy por encima de lo recomendado a efectos de material, coste y peso.

En nuestro caso no podremos bajar esos coeficientes de seguridad debido a las exigencias del fabricante el cual exige unas dimensiones y calidades mínimas para la realización y montaje de cualquier estructura sobre el chasis original del vehículo.

Podemos corroborar que el coeficiente de seguridad obtenido mediante el programa es similar al obtenido en los cálculos anteriores del conjunto falso bastidor y chasis.

La caja conjunto de la célula vivienda va soldada al falso bastidor por todo su contorno, apoyando el piso completamente en los largueros y travesaños del mismo, como es habitual en la mayoría de camiones de esta categoría, donde la caja cerrada, abierta o plataforma está soldada al falso bastidor y este mediante fijaciones al chasis original de vehículo.

Por lo que el estudio de esa unión no se aplica en este estudio, habiendo comprobado anteriormente la buena soldabilidad de los materiales.

## 2.8. CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.

Para el cálculo de la instalación eléctrica se estudiará o contabilizará los consumos diarios que tendremos en la célula vivienda

Para ello se instalará una instalación auxiliar a la del vehículo de origen, mediante placas solares y batería auxiliar.

Para la instalación del equipo de autoconsumo es necesario hacer un estudio previo de los consumos previsto en el uso diario de la célula vivienda para asegurar el uso mínimo de los elementos y dispositivos cotidianos para la vivienda, además de no sobredimensionar la instalación ahorrando coste de materiales .

Elementos	W hora	Horas día	W día	AH día
Focos (3)	2	4	8	1.4
Boma de agua	30	0.1	3	0.25
Extractor	100	0.5	50	4.16
Nevera	60	8	400	33.3
Movil (2)	30	1.5	90	7.5
Portatil (1)	50	3	150	12.5
Batidora	500	0.05	25	2.1
Tostadora	600	0.05	30	2.5
Secador	800	0.05	40	3.3
<b>Total</b>			796	66.33

Tabla 38. Consumos diarios

El cálculo del frigorífico se tiene en cuenta que es de compresor por lo que funciona aproximadamente 1/3 del tiempo , siendo aún menor el consumo en días de invierno, por lo que se calcula con 8h diarias.

Una vez sabiendo estos datos disponemos de un amplio catálogo de kits preparados para instalar según los consumos exigidos por el consumidor.



La elección del kit es el siguiente:



Figura 21. Kit eléctrico

Las características del sistema ofertado son:

- Potencia Solar Fotovoltaica Instalada: 380 W.
- Potencia máxima de salida a vivienda: 600W.
- Producción diaria en INVIERNO: 1,14 kWh.
- Producción diaria en VERANO: 2,66 kWh.
- Producción MEDIA diaria Anual: 1,90 kWh.
- Amperios del Regulador de Carga: 30A.
- Voltaje de Trabajo de la Batería: 12V.
- Voltaje de Trabajo del Inversor: 12V.
- Punta de Arranque Máxima Admitida por el Inversor: 600W.
- Potencia Generada al día: 1500Wh al día de media anual.
- Voltaje del Kit Solar: 12V.
- Marca del Panel Solar del Kit Solar: JA Solar.
- Marca del Regulador de Carga: SRNE
- Tipo de Batería: AGMTipo de Batería.
- Marca del Inversor del Kit Solar: Must Solar.
- Potencia Máxima del Inversor: 600W.
- Capacidad de la Batería: 150Ah.
- Energía Útil Almacenada: 900Wh.

**Componentes del Kit Solar para Caravanas 600W 12V 1500Whdia.**

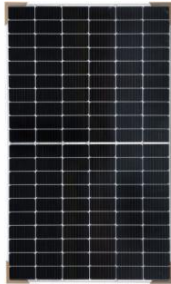


Figura 22. Placa solar

**Batería AGM 12V 150Ah Tensite.**



Figura 23. Batería

**Adaptador Bluetooth SRNE BT-2 para MPPT MC.**



Figura 24. BT-2

**1 x Inversor Cargador 600W 12V Must Solar.**



Figura 25. Inversor

**Rollo Cable Unifilar 6mm<sup>2</sup> H1Z2Z2-K 5m rojo y negro:** Especial para instalaciones eléctricas. Cable de potencia libre de halógenos y flexible de potencia para satisfacer los requisitos industriales más exigentes.



Figura 26. Cableado

### **Conectores WEIDMULLER PVStick.**



Figura 27. Conectores

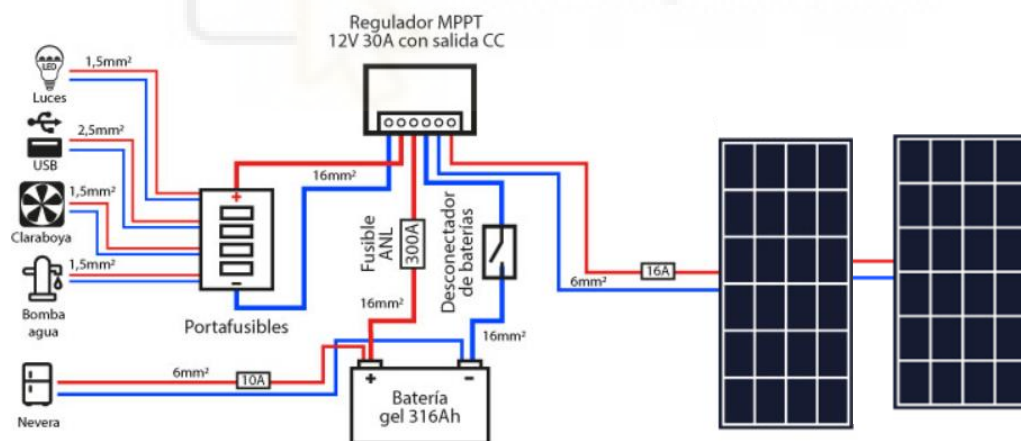


Figura 28. Esquema eléctrico de la instalación

Este esquema es la referencia para la instalación auxiliar de energía, añadiendo al esquema un relé automático conectado a la llave de arranque del vehículo para cargar la batería auxiliar cuando el vehículo esté en marcha y para utilizar exclusivamente la batería auxiliar cuando el vehículo esté estacionado.

Como se puede comprobar en el esquema , contamos con las placas, la batería, el regulador y el inversor , además de los elementos de protección y conexión de la línea.

## 2.9. CÁLCULO BÁSICO DE ESTRUCTURA EXTERIOR.

### Estudio creado por Autodesk Inventor.

#### Propiedades físicas:

<b>Masa</b>	<b>573,52 kg</b>
<b>Área</b>	49788600 mm <sup>2</sup>
<b>Volumen</b>	600615000 mm <sup>3</sup>
<b>Centro de gravedad</b>	x=-4288,99 mm y=-391,593 mm z=11015,5 mm

Tabla 39. Características del material

#### Configuración de malla:

<b>Tamaño medio de elemento (fracción del diámetro del modelo)</b>	<b>0.1</b>
<b>Tamaño medio de elemento en los vaciados</b>	0.05
<b>Tamaño mínimo de elemento (fracción del tamaño medio)</b>	0.2
<b>Factor de modificación</b>	1.5
<b>Ángulo máximo de giro</b>	60 gr
<b>Crear elementos de malla curva</b>	No
<b>Usar medida basada en pieza para la malla del ensamblaje</b>	Sí

Tabla 40. Malla

Material(es):

Nombre	Acero, aleación	
General	Densidad de masa	7,73 g/cm <sup>3</sup>
	Límite de elasticidad	250 MPa
	Resistencia máxima a tracción	400 MPa
Tensión	Módulo de Young	205 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,3 su
	Módulo cortante	78,8462 GPa

Tabla 41. Datos del material

Condiciones de funcionamiento.Cargas de la pieza:

Tipo de carga	Cargas de la pieza
<b>Aceleración lineal</b>	
Magnitud	20,000 m/s <sup>2</sup>
Vector X	-1,782 m/s <sup>2</sup>
Vector Y	0,000 m/s <sup>2</sup>
Vector Z	19,920 m/s <sup>2</sup>

Tabla 42. Datos de la fuerza

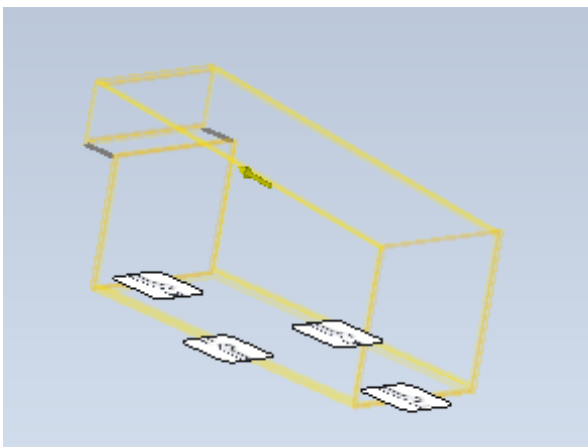
Cara(s) seleccionada(s):

Figura 29. Fijaciones del sistema

Resultados:

Configuración paramétrica: 1.

Fuerza y pares de reacción en restricciones.

Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componente (X, Y, Z)	Magnitud	Componente (X, Y, Z)
<b>Restricción fija:2</b>	5,52319 N	2,10918 N	2,08218 N m	-0,25974 N m
		0,0921793 N		-2,0455 N m
		-5,10378 N		-0,289765 N m

Tabla 43. restricciones

Resumen de resultados:

Nombre	Mínimo	Máximo
<b>Volumen</b>	159421000 mm <sup>3</sup>	
<b>Masa</b>	575,32 kg	
<b>Desplazamiento</b>	0 mm	0,0213084 mm
<b>Tensión de Von Mises</b>	0 MPa	0,531018 MPa
<b>Rotación</b>	0 gr	0,00185967 gr
<b>Primera tensión principal</b>	-0,0431889 MPa	0,611761 MPa
<b>Tercera tensión principal</b>	-0,497431 MPa	0,0528061 MPa
<b>Coefficiente de seguridad</b>	15 su	15 su

Tabla 44. Resumen de resultados

Figuras:

Desplazamiento.

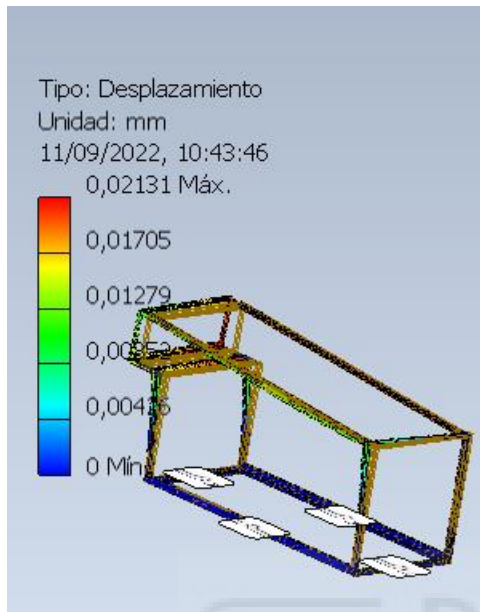


Figura 30. Desplazamiento de la estructura

Tensión de Von Mises.

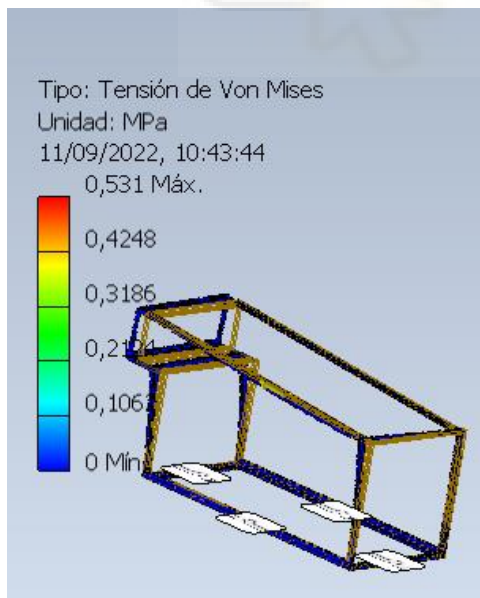


Figura 31. Tensión de Von Mises

Rotación

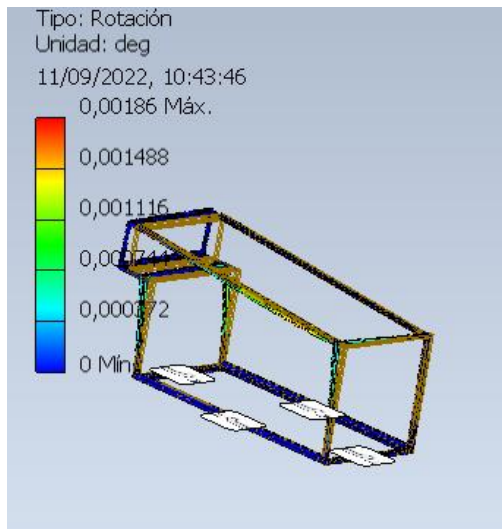


Figura 31. Rotación del sistema sometido a la fuerza

Coefficiente de seguridad.

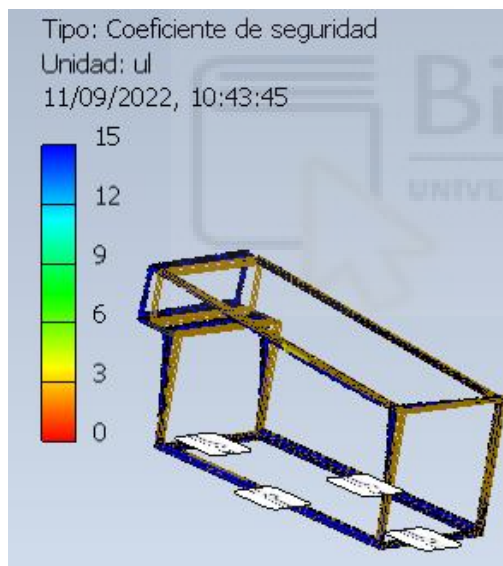


Figura 32. Coeficiente obtenido



Este estudio básico se centra en la estructura exterior que sirve de soporte a los paneles exteriores de la célula vivienda.

No considerándose elemento estructural de rigidez al sistema, pues la rigidez principal del mismo la proporcionan los propios paneles exteriores.

No obstante se ha simulado una deceleración de  $20 \text{ m/s}^2$  para simular una frenada de emergencia. El cálculo se ejecuta sobre la propia estructura sin considerar los paneles exteriores del conjunto, obteniendo una deformación y coeficiente de seguridad próximos a la rigidez de sistema aislado.

El coeficiente de seguridad mas desfavorable obtenido en el análisis estático es de 9 siendo superiora al recomendado, estando este en torno al 2.5



### 3. DOCUMENTACIÓN NECESARIA PARA EL PROYECTO.

#### INSTALACIÓN ELÉCTRICA.

Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.

CERTIFICADO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN			
Objeto: Servicio para identificación Corporativa del Instalador Autorizado		<b>Nº REGISTRO DE LA INSTALACIÓN (1)</b> A <input type="text"/> 06	Registro Telemático <small>comunicación de la instalación al CCI</small>
		<b>Nº EXPEDIENTE BAJA TENSIÓN (2)</b> <input type="text"/>	
<b>TITULAR DE LA INSTALACIÓN</b>			
Nombre o Razón Social:		D.N.I. - C.I.F.:	
Domicilio:		Código Postal:	
Localidad: MALAGA	Provincia: MÁLAGA	Código electrónico:	Teléfono: 885012838
<b>DATOS DE LA INSTALACIÓN</b>			
Objeto de la instalación:			
Localidad: MALAGA	Provincia: MÁLAGA	Código Postal: 29009	Teléfono:
Tipo de instalación (CC):		Vivienda individual	
Instalación <input type="checkbox"/> Nueva <input type="checkbox"/> Ampliación		Capacidad (kW): 75	
<b>CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA INSTALACIÓN</b>			
Caja General de Protección (Normativa Norma (A)):	Línea General de Alimentación: <input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No Potencia prevista o máxima (kW):	Conductor de la línea general de alimentación: Tipo aislamiento: <input type="text"/> Material aislamiento: <input type="text"/> Material conductor: <input type="text"/> Sección real (mm²) / cp conductor (mm²):	
Derivación individual Potencia prevista o máxima (kW): 9,2		Conductor de la derivación individual: Tipo aislamiento: 450/750V Material aislamiento: Termoplástico (E60/Z1-K) Material conductor: Cobre Sección real (mm²) / cp conductor (mm²): 10/10/10	
Tipo de suministro: <input checked="" type="checkbox"/> Monofásico <input type="checkbox"/> Trifásico	Tensión suministrada (V) (A): 230V		
Empresa Distribuidora: C.S.E. ENDESA	Instrucciones contra incendios:		
Intensidad nominal: 40	Sensibilidad (mA): 30	<input checked="" type="checkbox"/> Interruptor Automático de protección contra incendios y sobrecargas <input type="checkbox"/> Fusibles catódicos de protección contra incendios y sobrecargas	
Resistencia punto a tierra (Ω): 18	Resistencia de aislamiento de la instalación (kΩ):		
<b>VERIFICACIÓN E INSPECCIÓN DE LA INSTALACIÓN</b>			
Organismo de Control Autorizado que se realizó la Inspección Técnica:		Nº de Inspección:	
Instalador Autorizado (empresa): EQUITRON S.L.		Nº de Registro: 0002938856	
Titular del Certificado de Cualificación Individual (CCI):		Nº CCI: <input type="text"/>	
Observaciones:		Delegado: <input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No Especialidad: <input type="checkbox"/> Muestreo (C) M4	
El titular del certificado de cualificación individual perteneciente a la empresa habilitada como instalador autorizado arriba indicado, Certifica haber ejecutado y verificado la instalación de acuerdo con el vigente Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas aprobado mediante el Real Decreto 842/2002, así como con las normas particulares de la empresa distribuidora oficialmente aprobadas y con la Documentación Técnica de la instalación. En ...MALAGA... a ...30... de ...Julio... de ..... la transacción firma:			
(Firma del titular del CCI y selló del Instalador Autorizado)			



#### 4. DISEÑO DE LA CÉLULA VIVIENDA.

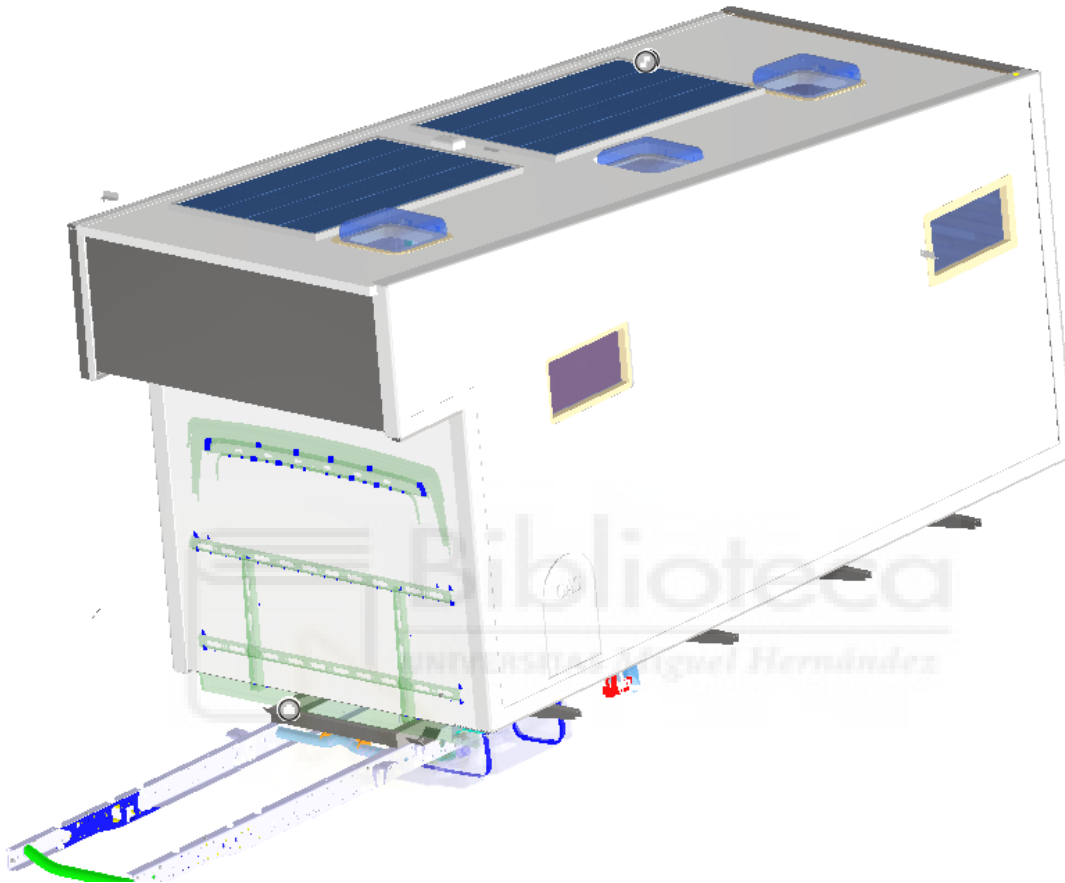


Figura 34. Diseño de la célula

El diseño de la célula vivienda comprende desde la estructura para la fijación de la misma al vehículo que portará esta célula hasta la instalación de la misma y los elementos principales que contienen en ella para considerar o darle uso de vivienda.

El vehículo en el que se monta la célula vivienda un vehículo chasis cabina categoría N2 con las siguientes características:

DIMENSIONES [mm.]						
Paso (A)	3000	3450	3750	4100	4350	4750
Saliente trasero (N)	1256	1371	1681	1731	1901	2366
Antieptotramiento	130	130	130	130	130	130
Voladizo delantero	1008	1008	1008	1008	1008	1008
Longitud del chasis cabina (L)	5394	5959	6569	6969	7389	8254
Altura (H)	2184	2176	2174	2174	2173	2173
Altura Plano Carga (M)	583	583	583	583	600	600
Anchura máx (S)	2200	2200	2200	2200	2200	2200
Vía delantera (C1)	1754	1724	1696	1724	1754	1754
Vía trasera (C2)	1542	1542	1540	1542	1542	1542
Altura libre suelo del. (T1)	196	196	196	196	196	196
Altura libre suelo tras. (T2)	177	177	177	177	177	177
Radio de giro entre bordillos	5558	6263	6733	7282		
Radio de giro entre paredes	5865	6573	7045	7595		
Entrada a caja mín.	1410	1410	1410	1410	1410	1410
Saliente trasero mín. (N)	790	790	790	790	790	790
Long. carrocería mín. (VV)	2510	2960	3260	3610	3860	4260
Long. mínima vehículo (K)	4928	5378	5678	6028	6278	6678
Voladizo trasero estándar (Z)	1746	1861	2171	2221	2391	2856
Long. Carrocería estándar (W1)	3336	3901	4511	4911	5331	6196
Long. Vehículo estándar (K1)	5754	6319	6929	7329	7749	8614
Voladizo tras. Máx. (Z)	1746	1861	2171	2534	2796	3216
Long. veh. Máx. (K)	5754	6319	6929	7642	8154	8974
MASAS [kg.]						
MTMA	5200	5200	5200	5200	5200	5200
MMR				750 (sF) / 3500 (cF)		
MTMAC	8700	8700	8700	8700	8700	8700
1º eje	2100	2100	2100	2100	2100	2100
2º eje	3700	3700	3700	3700	3700	3700
Tara mínima eje delantero	1389	1413	1419	1441	1449	1460
Tara mínima eje trasero	653	655	662	661	667	679
Tara mínima total	2042	2068	2081	2102	2116	2139
Carga útil	3158	3132	3119	3098	3084	3061

Tabla 45. Características del vehículo original

La opción de coger un vehículo de estas características respecto a un vehículo de la categoría N1 o un diseño tipo camper es poder disponer de un espacio siempre reservado para su uso, como por ejemplo el sitio destinado al descaso en este vehículo siempre está disponible para su uso, y no comparte espacio con otros usos.

En definitiva, es espacio disponible o que permite este tipo de vehículos es mayor que los de otras categorías y sin la necesidad de comprar una autocaravana con lo que supone su alto precio.

Los materiales empleados para la realización del proyecto se especificarán en el desglose de los elementos que equipan la reforma, aunque en general han sido los siguientes:

- Madera contrachapada
- Acero para la estructura
- Paneles aislantes
- Tornillería
- Pegamentos y adhesivos
- Vidrio
- Cableado
- Elementos de construcción externa

En la representación gráfica de la reforma se ha intentado fidelizar los elementos lo más parecido a la realidad tanto los de diseño propio, como pueden ser muebles o estructuras interiores de madera y los elementos fabricados por una empresa externa como pueden ser las placas solares, fogones, somier , etc.

No se han tenido en cuenta el diseño de tuberías salientes y entrantes para las aguas grises y limpias , puesto que los kits de instalación de los sanitarios equipan sus propias conexiones y son variables.

La representación del cableado se oculta tras una instalación de tipo aérea por el interior de la zona habitable para conocer su posición y recorrido por el vehículo.

A continuación, se mostrarán los elementos diseñados y las características de los mismos en cuanto a calidades y material y a dimensiones generales, puesto que se anexarán los planos para la correcta fabricación de los mismos, siempre que no sea de uso o adquisición comercial.

#### 4.1. ESTRUCTURA.

Se diseña una estructura denominada falso bastidor destinada a la fijación de la célula vivienda al chasis original de vehículo.

Se respeta las ubicaciones del vehículo original destinadas al anclaje de estas estructuras.

El material empleado para esta estructura se trata de acero con las siguientes características:

Denominación del acero		Carga de rotura (N/mm <sup>2</sup> )	Carga de deformación (N/mm <sup>2</sup> )	Alargamiento
IVECO	FE360D	360 (1)	235 (1)	25% (1)
EUROPE	S235JR			
GERMANY	S235JR			
UK	37/23CR			

Tabla 46. Datos del material usado por el fabricante

Este tipo de acero es habitual en soluciones de ingeniería civil, usado para fabricar estructuras industriales, elementos de equipos específicos, plataformas, automoción, etc.

Además, este tipo de acero admite muy bien la soldadura sin precalentamiento previo y tratamientos posteriores que conlleven alto mantenimiento.

Uno de los riesgos más habituales en este tipo de acero es la aparición de grietas en frío a medida que aumenta el espesor.

La elección del material es forzada por el fabricante del vehículo origen destinado a la reforma en lo que se refiere a características y dimensiones.

Una de las funciones principales del falso bastidor y que hace que sea lo más adecuado para la instalación de la caja al chasis es la correcta distribución del peso de la caja a lo largo de todo el piso de la célula vivienda, además de proporcionar estabilidad y rigidez al conjunto.

Se componen de dos largueros principales y travesaños para la unión de ambos largueros, además de los travesaños exteriores que se destinan a la fijación de la célula vivienda.

Se diseñan ménsulas para la fijación mediante tornillo y rosca autoblocante tanto al chasis como a la célula vivienda.

Todo el conjunto está soldado.



Figura 35. Falso bastidor



#### 4.1.1. ESTRUCTURA CÉLULA VIVIENDA.

La estructura de la célula se divide en dos partes fundamentales como son :

- Estructura metálica de fijación
- Paneles estructurales y aislantes

La estructura metálica se ha diseñado para la fijación de la caja al falso bastidor y para la unión de los paneles aislantes tanto de las paredes , suelo y techo.

El acero empleado para esta estructura es el mismo que para el falso bastidor



Figura 36. Estructura exterior

La estructura está unida mediante soldadura, no siendo objeto de estudio en nuestro caso pues la rigidez del conjunto de la célula vivienda la soporta en su mayor parte los paneles aislantes instalados como en cualquier caravana, dando aun así una rigidez al conjunto superior a la formada únicamente por los paneles. Su principal función es servir de método de unión entre paneles sin necesidad de usar tornillería u otro método más complejo.

Los paneles usados para la célula vivienda son los siguientes:

Paredes y techo fabricado con Isofont, Gelcoat RAL 9010, placas compuestas por resina de vidrio de 4mm, madera contrachapada, espuma de poliuretano y otros 4mm de madera contrachapada con refuerzo de vidrio White Gelcoat, con un grosor final de 50 mm

Detalles: 14 kg/m<sup>2</sup>; 0.61 w/m<sup>2</sup> °C

Longitud máxima (mm)	15000
Ancho máximo (mm)	2950
L Peso del vidrio (g/m <sup>2</sup> )	1000
Peso (kg/m <sup>2</sup> ) +/- 10%	4,3
S Peso del vidrio (g/m <sup>2</sup> )	1300
Peso (kg/m <sup>2</sup> ) +/- 10%	8,1
H Peso del vidrio (g/m <sup>2</sup> )	2000
Peso (kg/m <sup>2</sup> ) +/- 10%	9,4
Valor K (W/m <sup>2</sup> -°C)	0.61

Tabla 8. Características material panel exterior

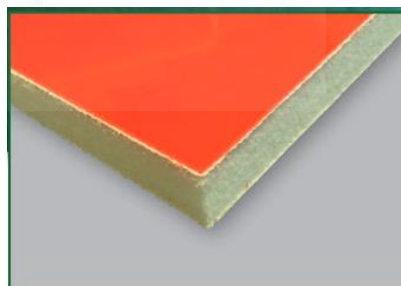


Figura 8. Material paneles exteriores

El suelo estará fabricado de resina de poliéster reforzada con vidrio y wbp madera contrachapada y otro recubrimiento de resina de poliéster con vidrio con insertos de las tuercas de fijación para el falso bastidor.

Detalles: 24mm espesor; 16kg/m<sup>2</sup>; 5 w/m<sup>2</sup> °C

Espesores (mm)	24
Longitud máxima (mm)	15000
Ancho máximo (mm)	2950
Peso del vidrio PWL (g/m <sup>2</sup> )	840
Peso (kg/m <sup>2</sup> ) +/-15%	13,0
PWS Peso del vidrio (g/m <sup>2</sup> )	1200
Peso (kg/m <sup>2</sup> ) +/-15%	15,9
Valor K (W/m <sup>2</sup> -°C)	6

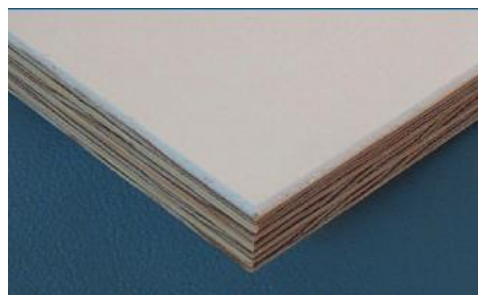


Figura 9. Material piso

Tabla 9. Características material piso

Los materiales elegidos se destinan al confort y la habitabilidad de la célula vivienda y no para soportar cargas excesivas pues su uso no será ese.

Los paneles van embutidos en la estructura metálica, siendo la fijación mediante tornillos u otro método innecesario. Si están sellados con resina epoxi para el correcto aislamiento fijando además los paneles a la estructura de algún mínimo movimiento que pudiese provocarse.

Sobre las esquinas y la estructura metálica se dispone de cantos de fibra de vidrio para ocultar la estructura metálica y dar uniformidad al diseño y acabado del vehículo.

Los paneles se separan en dos paneles laterales uno a cada lado, un panel frontal otro trasero y el piso del habitáculo siendo este de un material con unas características mecánicas mayores al resto, usado principalmente para suelos de remolques frigoríficos y estructuras de uso similar.

Otro elemento fabricado con este tipo de material en concreto isofont el primero de los dos anteriores, pero con un espesor de 20 mm, es el espacio destinado a la ducha y aseo.

## 4.2. MOBILIARIO.

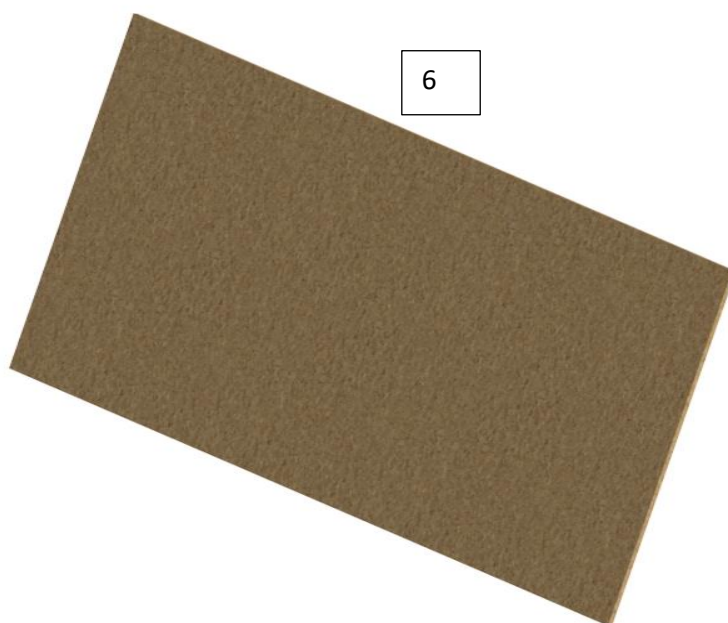
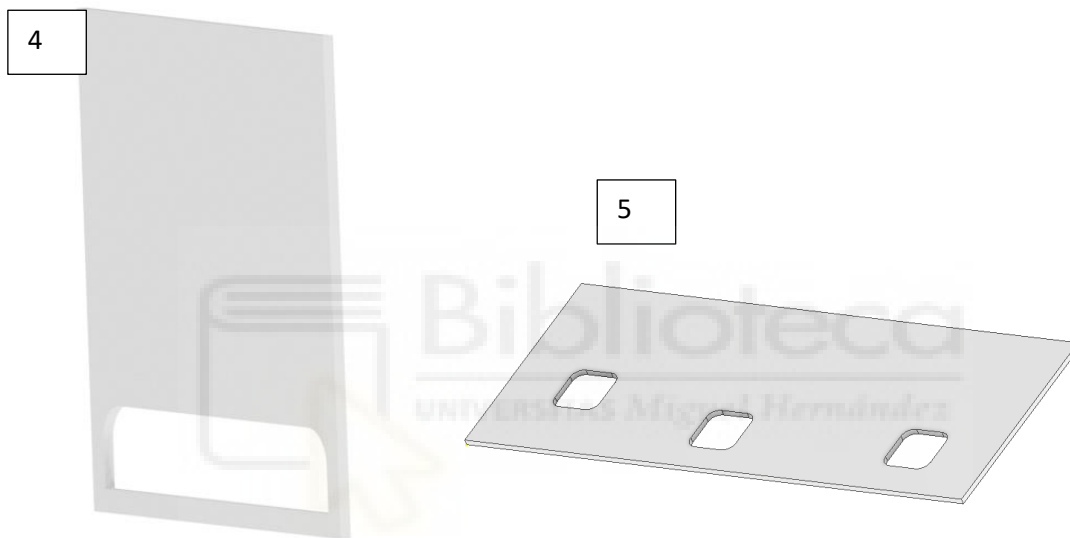
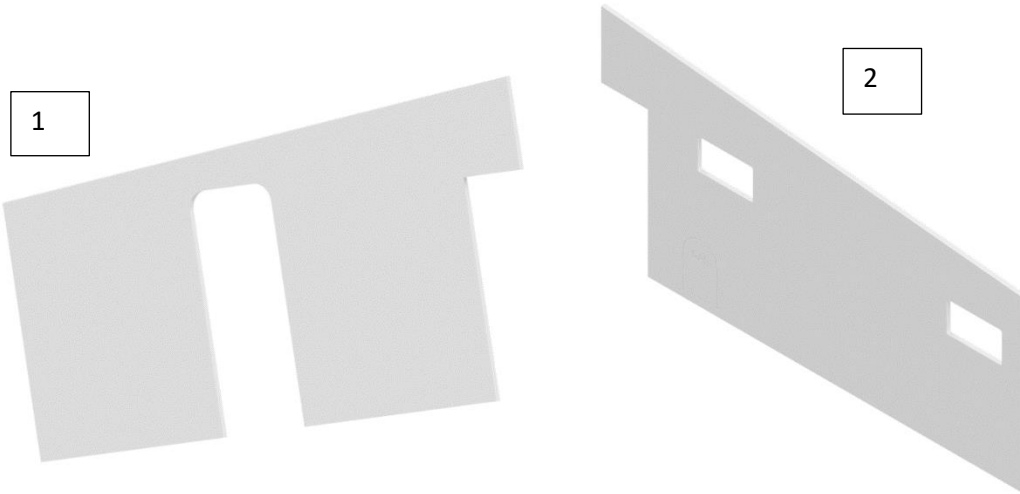
Todo el mobiliario destinado al almacenaje, zona de baño y cocina se hace de manera propia con medidas adaptadas a nuestra zona disponible.

El material usado para la mayoría de los muebles es de madera contrachapada por sus características, siendo estas las siguientes.

Los tableros de contrachapado se componen de láminas de madera encoladas entre sí y alternando la dirección de sus fibras, generalmente formando ángulos de 90°, dándole al tablero ligereza y dureza. Es recomendable dar algún tipo de tratamiento como barnizado o lacado por la porosidad del material.

Los elementos fabricados con estos materiales son los siguientes:

Paneles laterales (1,2) , frontal(3), trasero (4) y techo(5) usando material isofont de 50 mm de espesor y el piso (6) usando dos piezas de 24 mm haciendo un total de 48 mm de espesor del mismo material reforzado con madera contrachapada para asegurar las posibles deformaciones causadas por la carga sobre el mismo.



4.2.1. MATERIAL PARA LA FABRICACIÓN DE LOS MUEBLES.



Figura 36. Panel contrachapado

Su elección se debe principalmente porque es ligero, la humedad no le afecta tanto y aguanta bien el peso, siendo su precio un inconveniente. Aguanta muy bien el movimiento y los tornillos no se pasan de rosca.

	Aglomerado	DM	OSB	Contrachapado				
				Chopo	Okumen	Abedul	Pino	Marino
Precio	\$	\$	\$	\$	\$\$	\$\$\$	\$\$	\$\$\$\$
Resistencia humedad	✗	✗	✗	👍	👍	👍	👍	👍👍👍
Peso	✗	✗	👍	👍👍👍	👍👍👍	👍	👍	👍
Resistencia tornillos	✗	✗	👍👍👍	✗	👍	👍👍👍	👍👍👍	👍👍👍
Resistencia al movimiento	✗	✗	👍👍👍	👍	👍👍	👍👍👍	👍👍👍	👍👍👍

Tabla 47. características del contrachapado

A continuación, se muestran y se describen brevemente los elementos diseñados y fabricados con este material.

Se mostrarán los elementos fabricados a medida pues serán necesarias las dimensiones de los mismos para la fabricación, por lo que además de las descripciones que le siguen se proporcionarán planos de cada uno de los elementos con todas las dimensiones necesarias.

### ASIENTO Y ALMACÉN DE BATERÍA.



*Figura 37. Asiento*

Este mueble sirve como ubicación y almacenaje del conjunto de elementos eléctricos como el regulador, la batería y el cuadro de aislamiento . Tiene unas dimensiones de 1.5 m de largo, 0.5 m de alto y 0.35 m de profundidad.

Está compuesto del mueble principal que sirve de base y almacenaje de elementos , principalmente para albergar la batería y elementos eléctricos que conforman la instalación de 12 V auxiliar.

En la parte superior se instala un tablón del mismo material que sirve de base para la instalación de cojines u otro elemento de confort para el asiento.

Se sitúa en la parte delantera derecha de la célula vivienda y la fijación al piso se ejecutará mediante tornillos tipo roscachapa para madera, además de adhesivo para evitar holguras provocadas por la rugosidad de los materiales o pequeños desniveles.

### MUEBLE DE COCINA.



*Figura 38. Mueble de cocina*

Este mueble se compone de un bloque general esquinero pudiéndose considerarse de una sola pieza. Sus dimensiones son de 1.5 m de largo total, altura de 0.8 m y profundidad de 0.4 m .



En la parte superior se instala una encimera en la cual se instala el fregadero y fuego comercial de uso para campers y caravanas.

Su interior está destinado a almacenar menaje y utensilios de cocina, así como la instalación de gas necesaria para su uso.

El anclaje se hace al piso mediante escuadras y tornillos autorroscantes para madera.

Este elemento también se destina a albergar la instalación de gas pertinente para la utilización del fuego.

### MUEBLE Y SOPORTE CAMA.



Figura 39. Mueble cama

Este mueble o muebles se ubican en la parte posterior del habitáculo anclado mediante escuadras y tornillos para madera.

Se compone de muebles gemelos con puertas en ambos lados con acceso desde el interior y desde el exterior mediante una puerta trasera en el panel exterior posterior.

En la parte superior de estos se instala el somier donde irá la cama.

La fijación de los muebles se ejecutará mediante tornillería y adhesivo.

### MUEBLE ALTILLO.



*Figura 40. Mueble altillo*

Este mueble se encuentra en la parte trasera superior izquierda, en la zona destinada a la cama.

Se fija mediante tornillos roscados a los tableros interiores con una cantidad mínima de 6 tornillos.

El material para su fabricación es panel contrachapado con en el resto de muebles y tiene unas dimensiones de 1200 mm x 200mm x 200mm .

BAÑO.

Figura 41. baño

El conjunto del baño cuenta con un perfil metálico que sirve de base para las paredes de aislante recubiertas de vinilo.

El perfil metálico se une al piso mediante tornillería con un mínimo de 6 tornillos roscachapa , a su vez las paredes se unen al perfil mediante adhesivo, cerrando por la parte superior con una tapa del mismo material que ensambla todas las paredes dando rigidez al conjunto. Por ultimo se cierra con paneles de plástico semi transparente comprado en comercios comunes con medidas estándar.

#### 4.2.2. ELEMENTOS DE FIJACIÓN.

Para la fijación de los elementos del conjunto se han usado tornillería según norma y adhesivo, aunque en los elementos principales como los paneles de cierre principales, laterales, trasera, frontal, techo y piso, el principal elemento de unión con la estructura metálica se hace mediante la misma estructura metálica quedando embutida en los largueros de tipo UPN y sellando estos con adhesivo, sirviendo este para eliminar holguras que puedan quedar entre ambos elementos y sellando estos de agua, humedad y partículas del exterior.

Las ventanas y las claraboyas son de tipo hermético, quedando embutidas en los paneles y sellado mediante gomas y adhesivo del propio elemento, asegurando su fijación mediante apriete de ambas caras del elemento.

Ventanas y claraboyas.

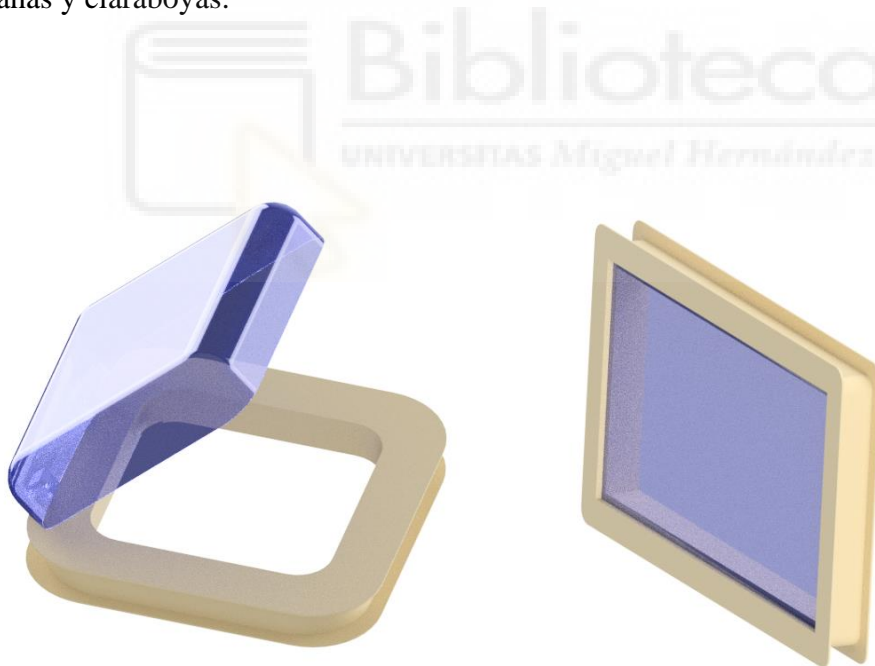


Figura 42. Ventana y claraboya

Los elementos para las fijaciones utilizados son los siguientes:

M12 x 1.75 x 35 mm , tuerca M12 x 1.75 autoblocante y arandela

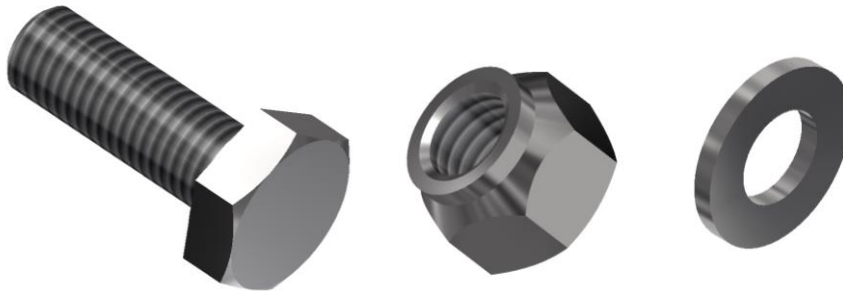


Figura 43. Conjunto perno

Tornillo de 3.5mm, 4 mm, 5mm y 6 mm de diámetro



Figura 44. Tornillo

Escuadras para fijaciones de muebles y placas solares

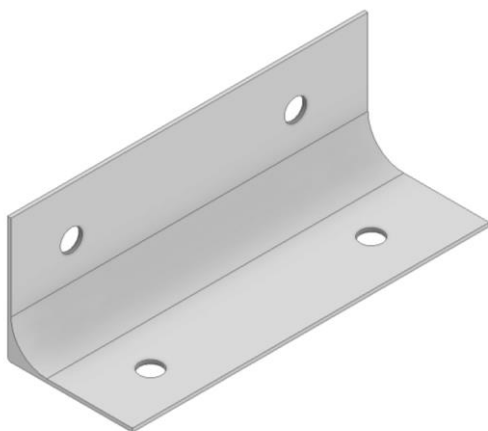


Figura 45. Escuadra de fijación

Adhesivo.

Características principales de la masilla de polímeros el polímero ms es un material que se obtiene a partir del poliuretano y que presenta una larga lista de ventajas:

- Tienen una mayor durabilidad y resiste mejor a los rayos ultravioleta.
- Mayor resistencia de tracción a la elongación máxima.
- Poseen una mayor adherencia sobre una mayor cantidad de materiales.
- Es fácil de aplicar, trabajar y de alisar debido a su baja fuerza de extrusión.
- Ofrece una excelente adhesión sobre soportes porosos y no porosos.
- Admite pintado.
- Propiedades mecánicas altas.

El tipo de adhesivo utilizado es de características y marca comercial sikaflex -11FC+.

El adhesivo se aplicará en todos los apoyos con los perfiles de los paneles exteriores, además de ventanas , claraboyas , placas solares y zona destinada al aseo.

Por último, todos los perfiles exteriores serán cubiertos por unas cantoneras a lo largo de la estructura de 90°, sellado y pegado con adhesivo sellando y protegiendo las zonas de uniones y fijaciones.

## **5. PLIEGO DE CONDICIONES.**

### **5.1. CALIDAD DE LOS MATERIALES EMPLEADOS.**

Las características de los materiales empleados en el diseño del conjunto de la reforma serán verificados con las distintas calidades exigidas para los distintos elementos que la componen.

En el caso de no poder acceder a las calidades exigidas por los cálculos y exigencias del fabricante nunca se utilizarán calidades de menores índices que los indicados.

La sustitución de los materiales de la estructura de la célula vivienda y del falso bastidor se permite la utilización de aluminio y de acero galvanizado cumpliendo las exigencias de los esfuerzos sometidos por lo que las dimensiones de los largueros y travesaños se verán afectadas al alza, comprobando previamente los cálculos con los nuevos materiales y secciones.

### **5.2. NORMAS DE EJECUCIÓN.**

#### **5.2.1. PRESCRIPCIONES GENERALES.**

Con la incorporación de la nueva estructura no se dificultará el acceso a elementos de origen del vehículo, prestando especial atención en conductos de combustible, frenos y cableado eléctrico.

Si al instalar la estructura no casa correctamente con los anclajes originales del vehículo chasis-cabina no se forzarán su instalación, viéndose obligado a modificar las cotas necesarias de la estructura a montar.

Se comprobará previamente que los anclajes sobre los que se fijara el falso bastidor están en buenas condiciones y no presentan desperfectos ni daños.

### 5.2.2. NORMAS DE PRESCRIPCIÓN DE SOLDADURA:

La estructura montada no requiere de soldaduras directas en el vehículo original, si fuese preciso reparar o terminar la estructura una vez montada en el vehículo se tendrán las siguientes consideraciones:

- Se desconectará la batería del vehículo.
- No se pondrán elementos calientes cerca del depósito de combustible ni conductos de líquidos y fluidos.
- Se aislarán los elementos eléctricos cercanos a la zona de trabajo.
- La masa y el electrodo estarán lo más próximos posible entre ambos y siempre sobre la pieza directa a soldar.
- Se buscará un lugar preparado para este tipo de trabajos, con ventilación y elementos de extinción.
- Las conexiones eléctricas de las que se alimente el soldador deben estar en óptimas condiciones.
- Limpieza de las piezas a soldar.
- Comprobación de la soldadura en cada cordón que se ejecute.
- 

### 5.2.3. NORMAS DE EJECUCIÓN DE LAS UNIONES ATORNILLADAS.

Las uniones que requieran de tornillos como es el caso del falso bastidor al chasis se ejecutará siguiendo los siguientes requerimientos:

- Los tornillos y tuercas serán de las calidades exigidas por el proyecto.
- Las tuercas serán autofrenantes
- Se usarán arandelas de 200 HB.
- El apriete completo de la estructura se realizará en orden alterno y de apriete discontinuo.
- Los elementos de unión deberán tener protección contra el óxido.



### 5.3. CERTIFICADOS Y AUTORIZACIONES NECESARIOS.

- Proyecto técnico.
- Certificado final de obra.
- Certificado de taller.
- Informe de conformidad.



**6. PRESUPUESTO.**

<b>CARGO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO (€)</b>
ACERO	500 kg	2900 €
MADERA	150kg	1000 €
PANELES	45	2305 €
ELEMENTOS PARA USO DE LA VIVIENDA	10	2545 €
MANO DE OBRA	30	450 €
CERTIFICADO ELECTRICO	1	80 €
CERTIFICADO GAS	1	50 €
CERTIFICADO FINAL DE OBRA	1	150 €
CERTIFICADO TALLER	1	90 €
INFORME DE CONFORMIDAD	1	280 €
ITV	1	90 €
<b>TOTAL SIN IVA</b>		<b>9940 €</b>
21 % IVA		2087.4 €
<b>TOTAL CON IVA</b>		<b>12027.40</b>

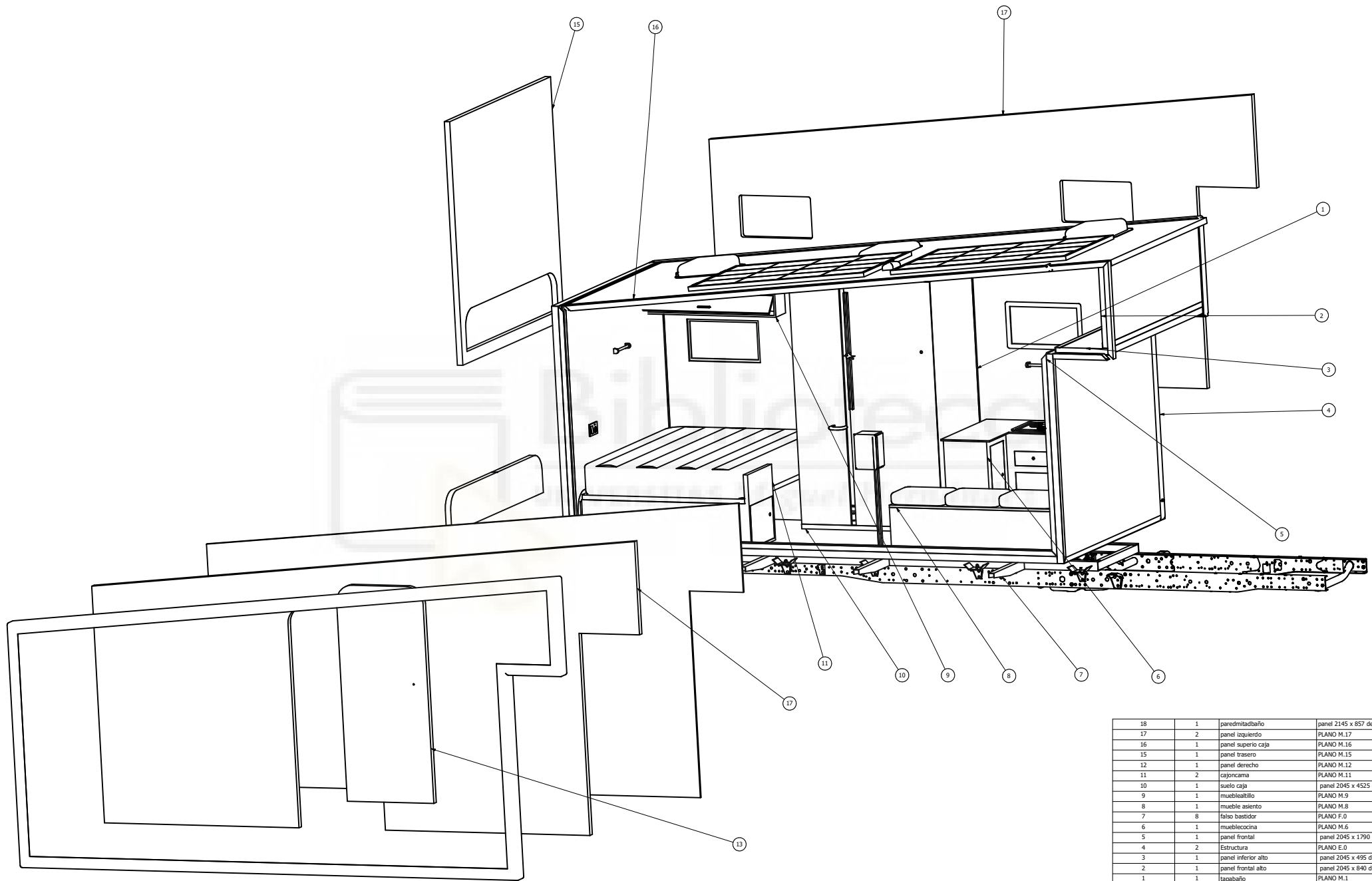
## 7. ANEXOS.

Planos del diseño.


Los planos se dividen de la siguiente manera:

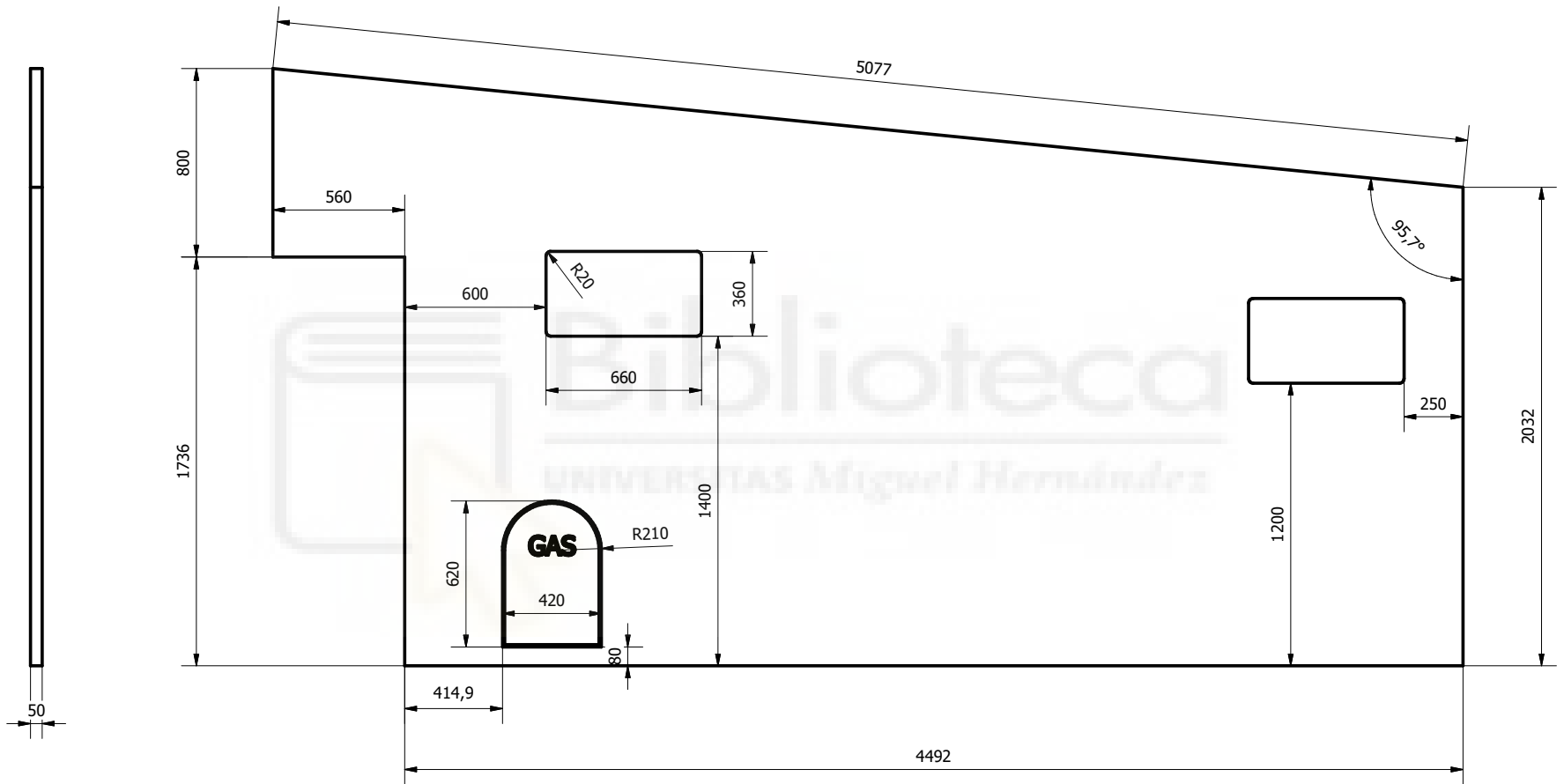
Plano conjunto :



- Planos paneles exteriores
- Planos muebles
  - M.1
  - M.2
  - M.3
  - M.4
  - M.5
  - M.6
- Plano conjunto estructura (E.0)
  - Planos elementos estructura
    - E.1
    - E.2
    - E.3
    - E.4
    - E.5
    - E.6
    - E.7
    - E.8
- Plano conjunto falso bastidor (F.0)
  - Planos elementos falso bastidor
    - F.1
    - F.2
    - F.3
    - F.4

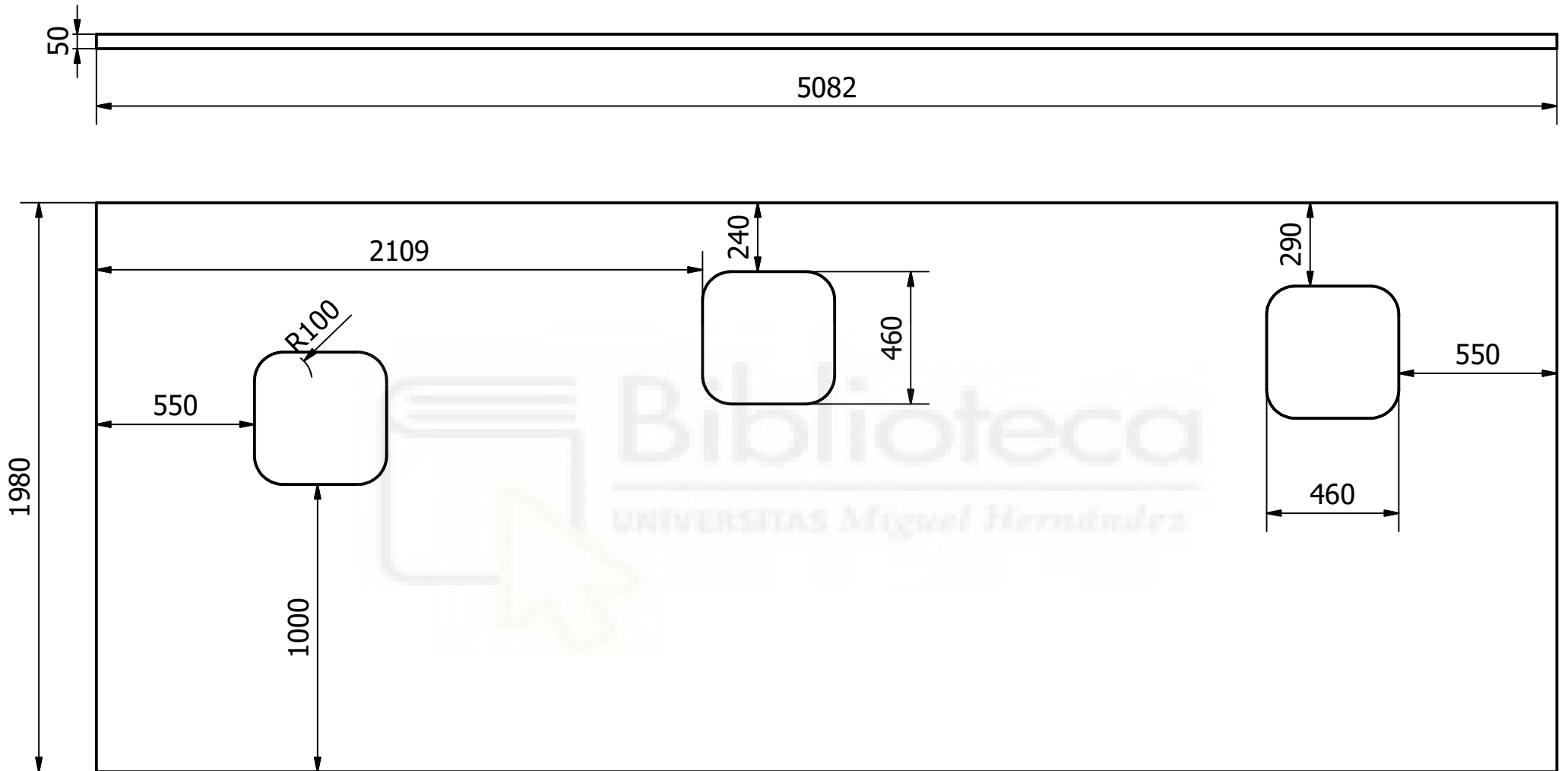




18	1	paredmitadbaño	panel 2145 x 857 de 20 mm
17	2	panel izquierdo	PLANO M.17
16	1	panel superior caja	PLANO M.16
15	1	panel trasero	PLANO M.15
12	1	panel derecho	PLANO M.12
11	2	cajoncama	PLANO M.11
10	1	suelo caja	panel 2045 x 4525 de 50mm
9	1	mueblealtillo	PLANO M.9
8	1	mueble asiento	PLANO M.8
7	8	falso bastidor	PLANO F.0
6	1	mueblecocina	PLANO M.6
5	1	panel frontal	panel 2045 x 1790 de 50mm
4	2	Estructura	PLANO E.0
3	1	panel inferior alto	panel 2045 x 495 de 50mm
2	1	panel frontal alto	panel 2045 x 840 de 50mm
1	1	tapabaño	PLANO M.1
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
LISTA DE PIEZAS PARA CONSTRUCCIÓN			

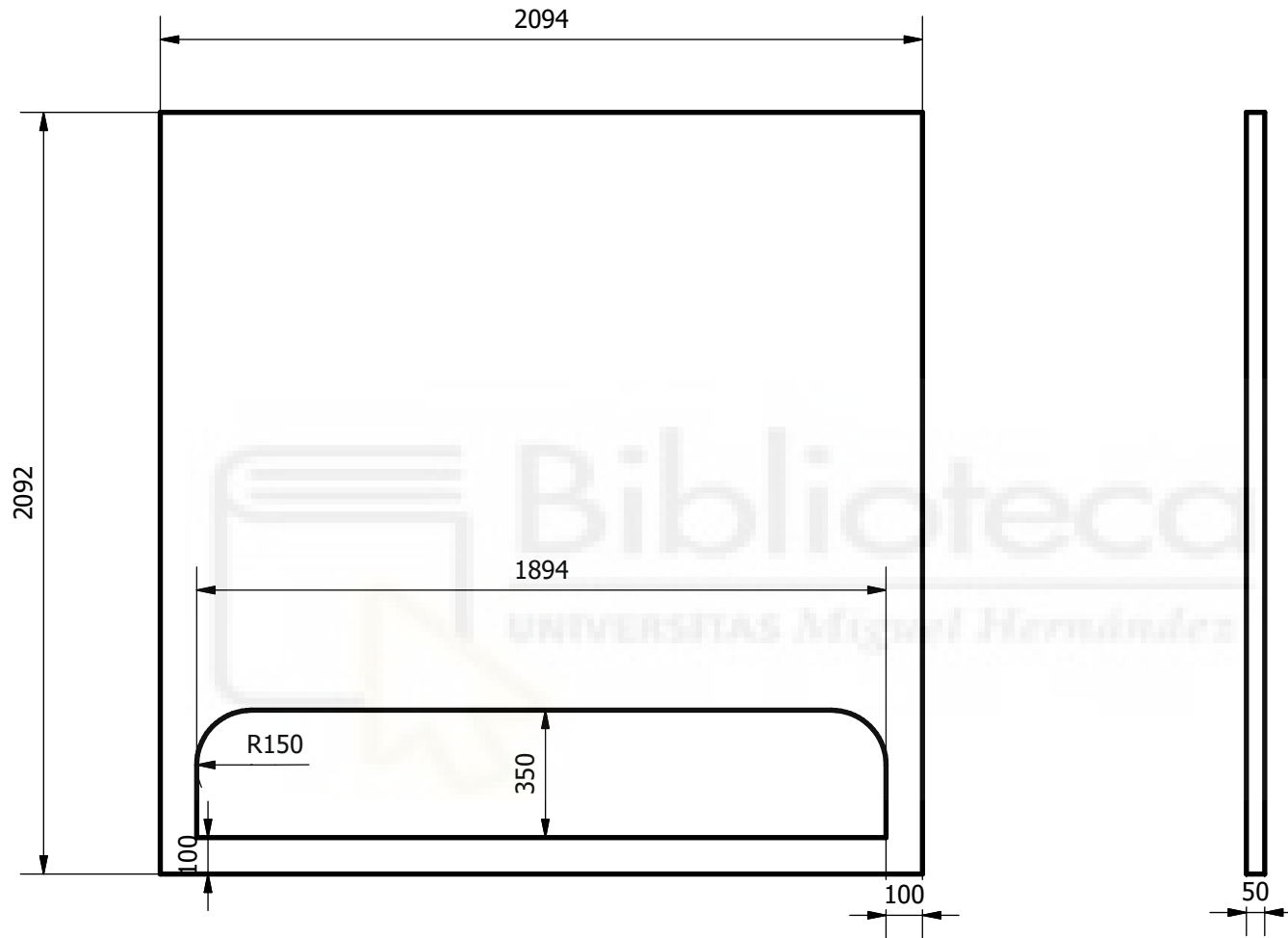
Diseño de	Revisado por	Aprobado por	Fecha (N/D)	Matrera (kg)	Fecha	Escala:
Javier Cano			16/11/2021			1:1
Universidad Miguel Hernández			conjunto célula vivienda			
 <b>UNIVERSITAS</b> Miguel Hernández			Conjunto		Formato:	CANTIDAD
					A1	1





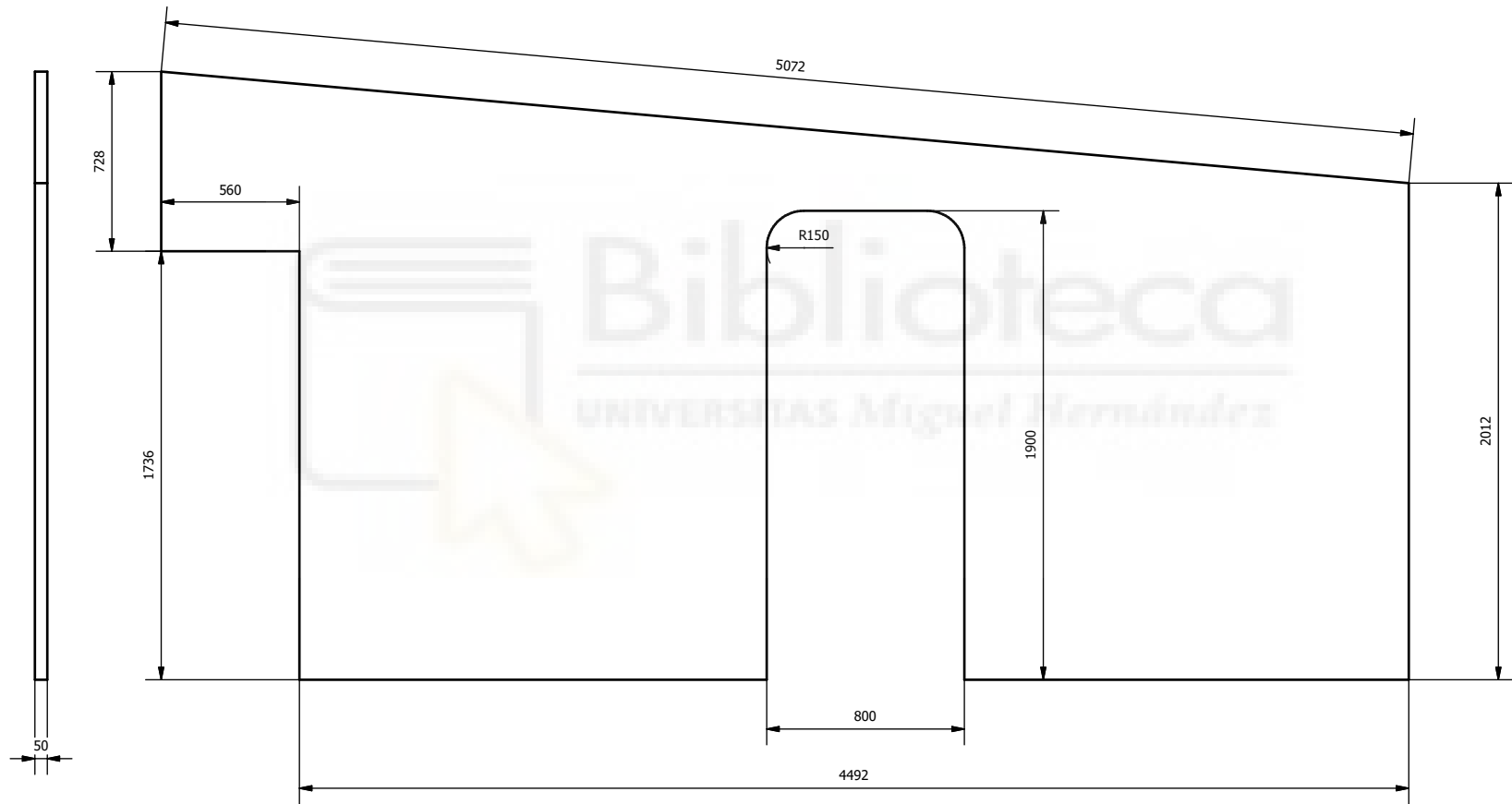
Diseño de usuario	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Materia (kg)	Fecha 10/09/2022	Escala: 1:1
 <b>UNIVERSITAS</b> Miguel Hernández			PLANO M.17			
			PIEZA Nº 17	Tamaño: A3		CANTIDAD 1





Diseño de <b>javier cano</b>	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Materia (kg) Resina acetálica, blanca	Fecha <b>15/09/2022</b>	Escala: <b>1:20</b>
Universidad Miguel Hernández  <b>UNIVERSITAS</b> <i>Miguel Hernández</i>			<b>PLANO M.16</b>			
			PIEZA Nº 16	Tamaño: A4		CANTIDAD 1

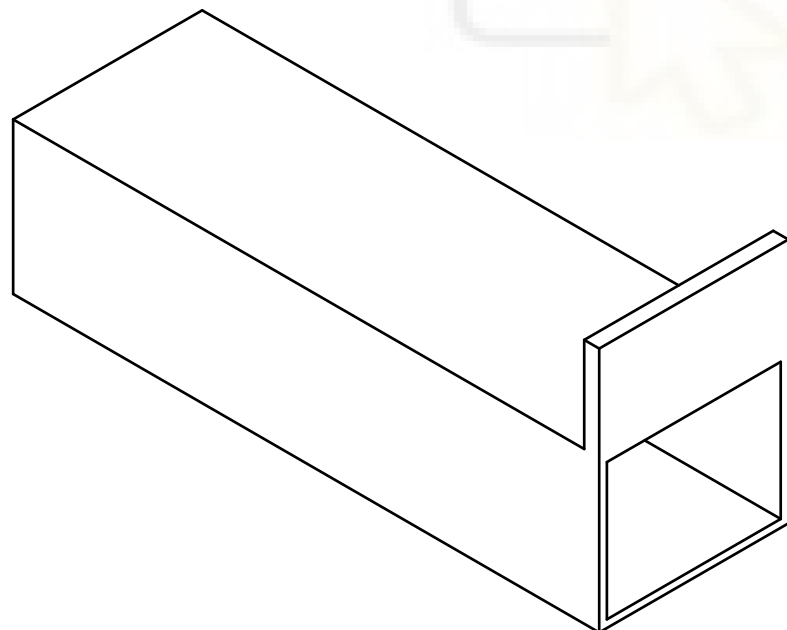
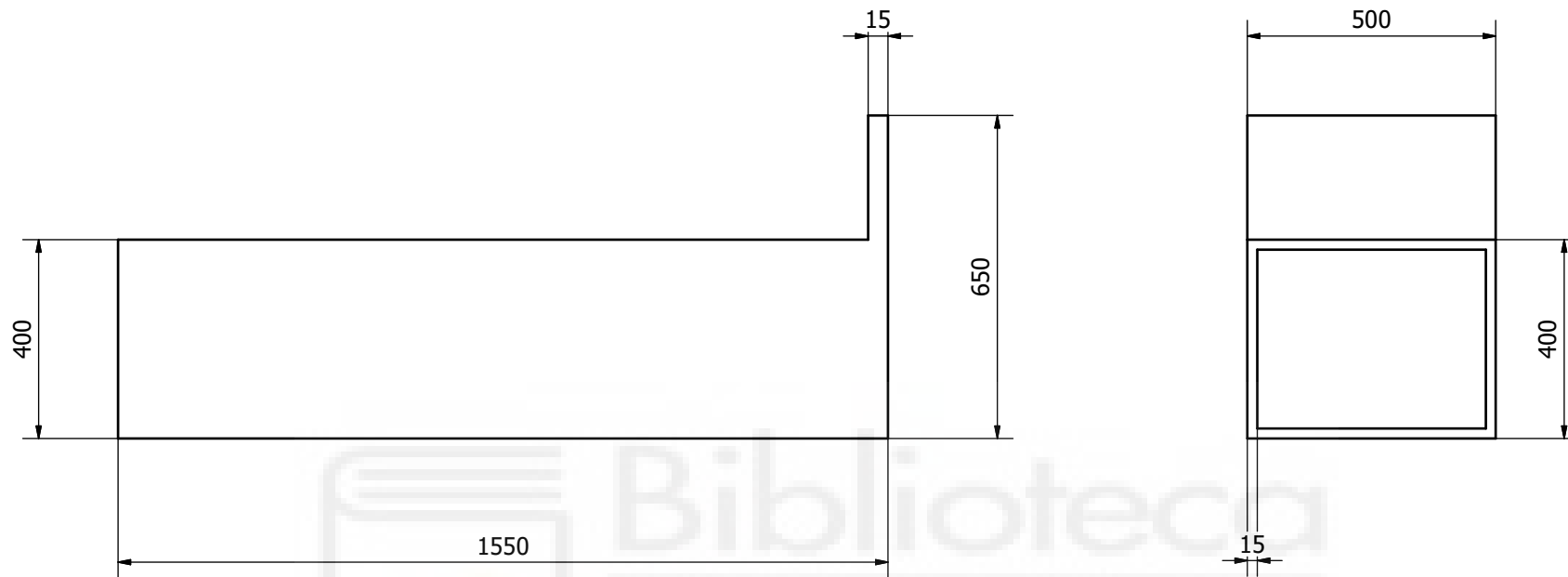



Diseño de usuario	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Materia (kg)	Fecha 09/09/2022	Escala: 1:1
Universidad Miguel Hernández  <b>UNIVERSITAS</b> <i>Miguel Hernández</i>			<b>PLANO M.15</b>			
PIEZA Nº 15				Tamaño: A4	CANTIDAD 1	Hoja 1 / 1

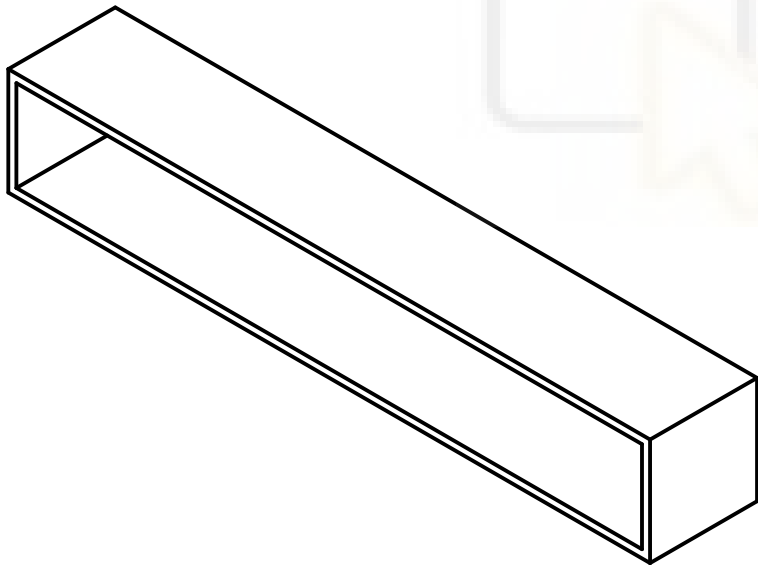
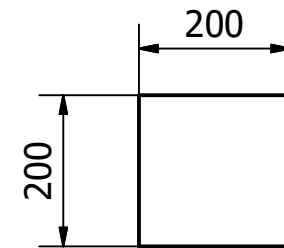
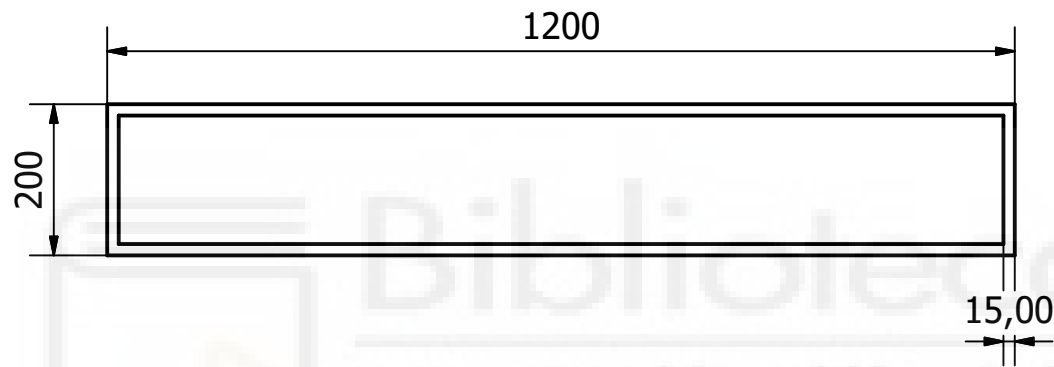




Diseño de Javier_C_R	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Materia (kg)	Fecha 10/09/2022	Escala: 1:1
Universidad Miguel Hernández  <b>UNIVERSITAS</b> <i>Miguel Hernández</i>			PLANO M.12			
PIEZA Nº 12		Tamaño: A3	CANTIDAD 1	Hoja		

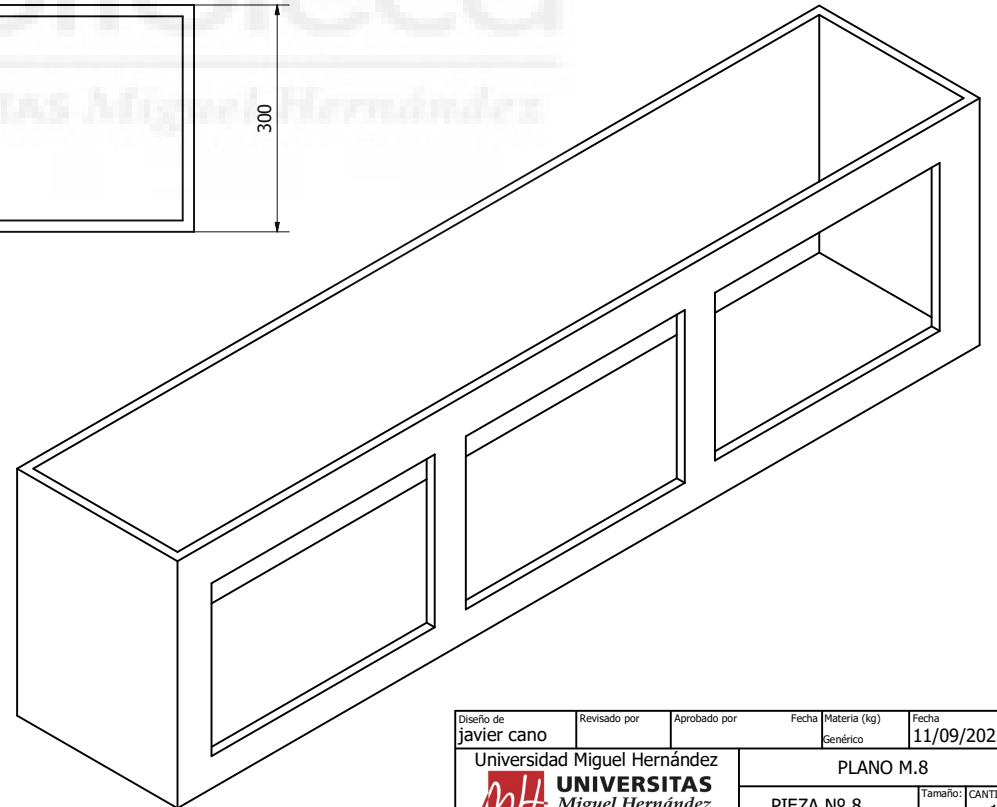
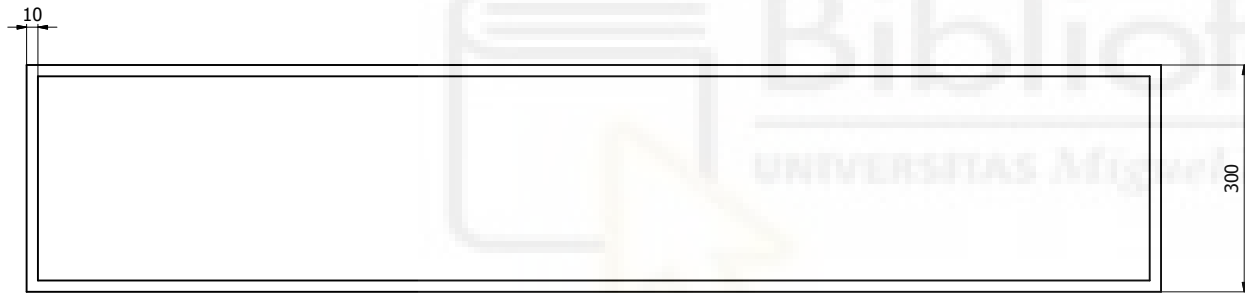
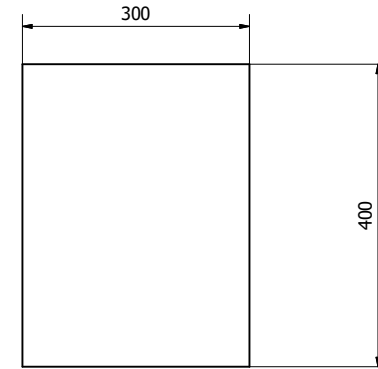
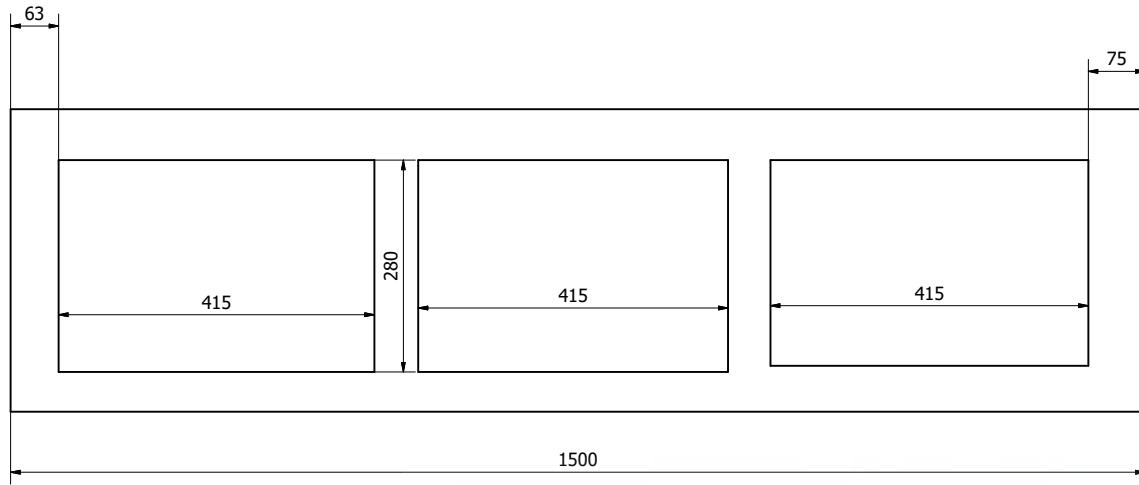






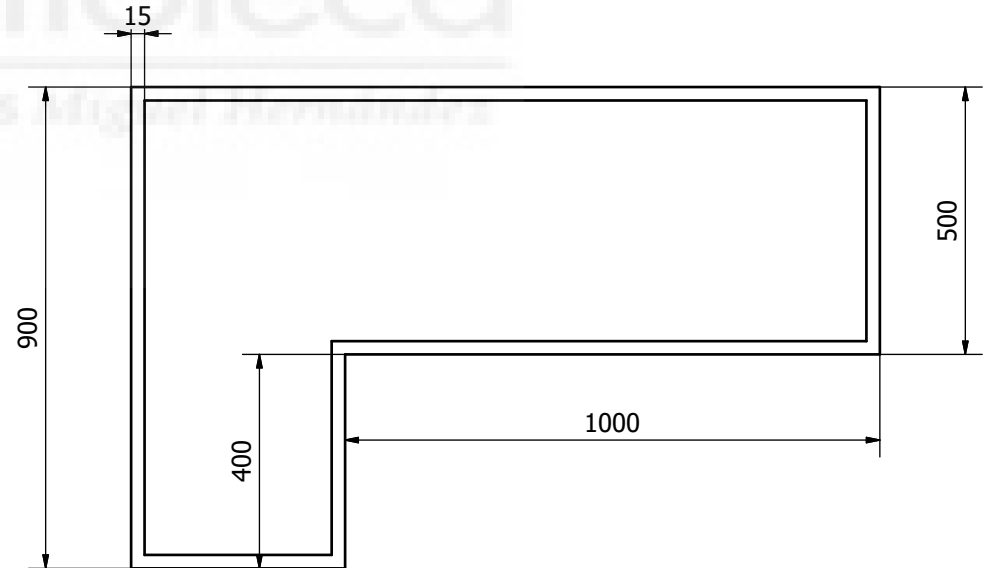
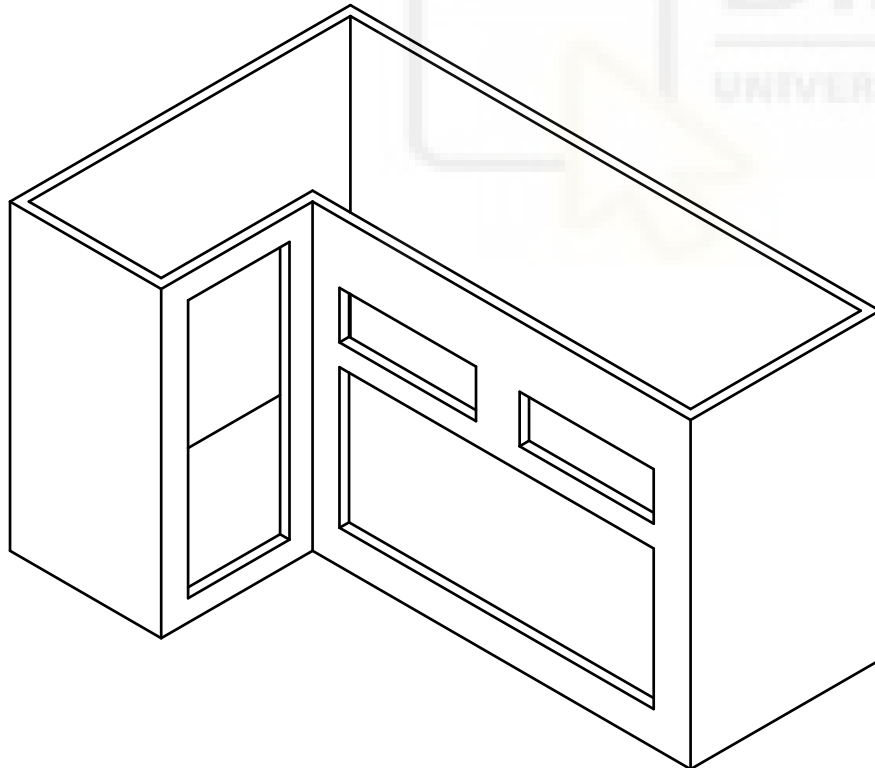
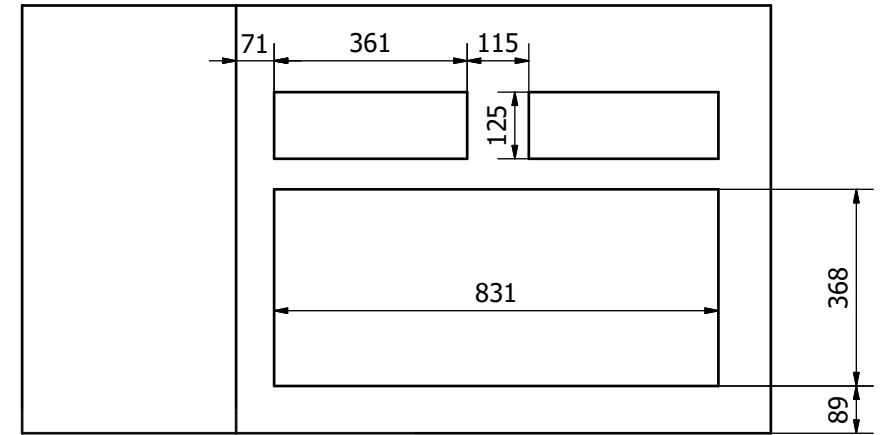
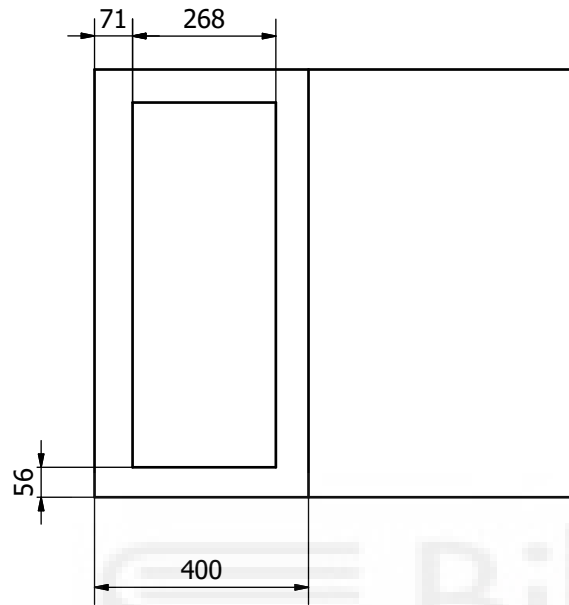
Diseño de javier cano	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Materia (kg) Madera (abedul)	Fecha 11/09/2022	Escala: 1:5
Universidad Miguel Hernández  <b>UNIVERSITAS</b> Miguel Hernández			PLANO M.11 PIEZA Nº 11		Tamaño: A3	CANTIDAD 1
						Hoja 1 / 1





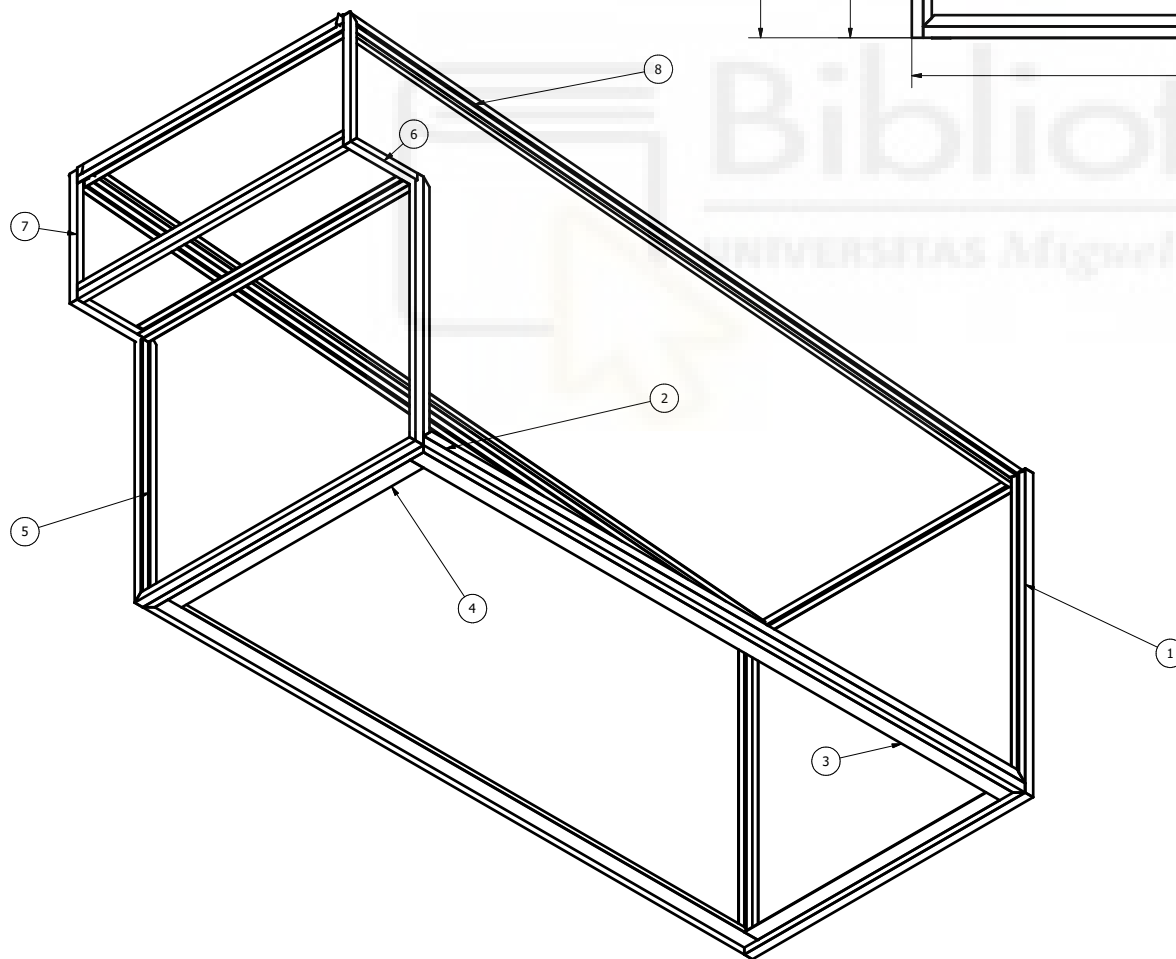
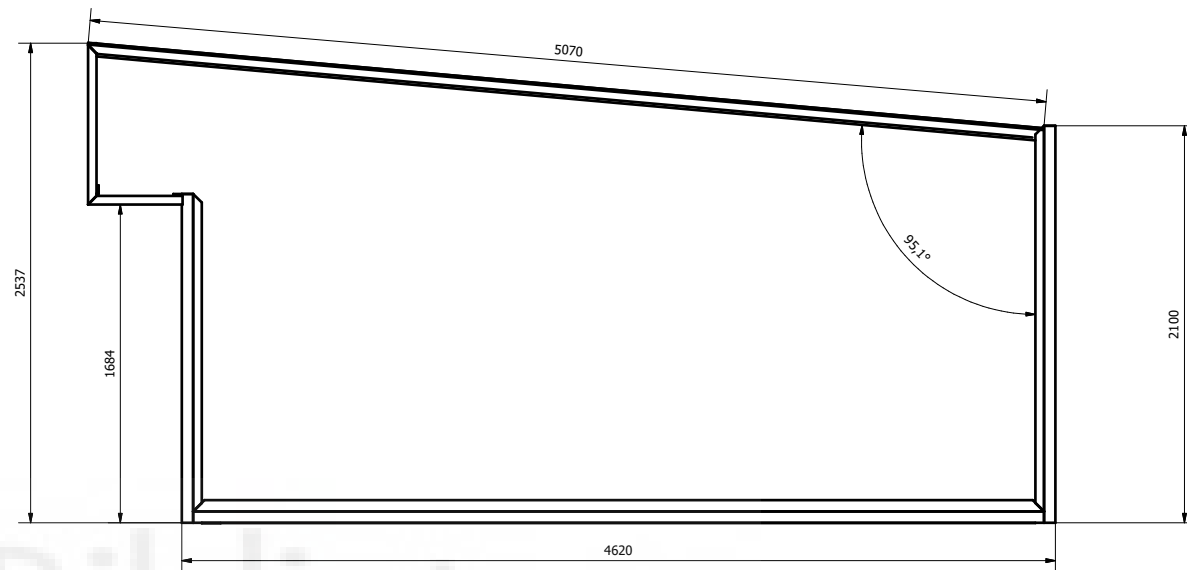
Diseño de <b>javier cano</b>	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Materia (kg) Madera (abedul)	Fecha <b>11/09/2022</b>	Escala: <b>1:5</b>
Universidad Miguel Hernández  <b>UNIVERSITAS</b> <i>Miguel Hernández</i>			<b>PLANO M.9</b>			
<b>PIEZA N° 9</b>				Tamaño: A4	CANTIDAD <b>1</b>	Hoja





Diseño de <b>javier cano</b>	Revisado por	Aprobado por	Fecha Materia (kg) Genérico	Fecha <b>11/09/2022</b>	Escala: <b>1:2</b>
 <b>UNIVERSITAS</b> Miguel Hernández			<b>PLANO M.8</b>		
<b>PIEZA Nº 8</b>			Tamaño:	CANTIDAD <b>1</b>	Hoja <b>1 / 1</b>

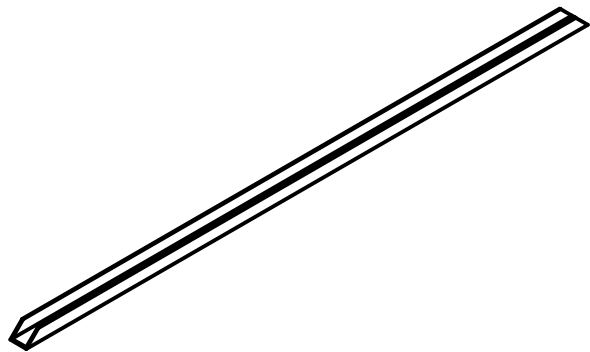
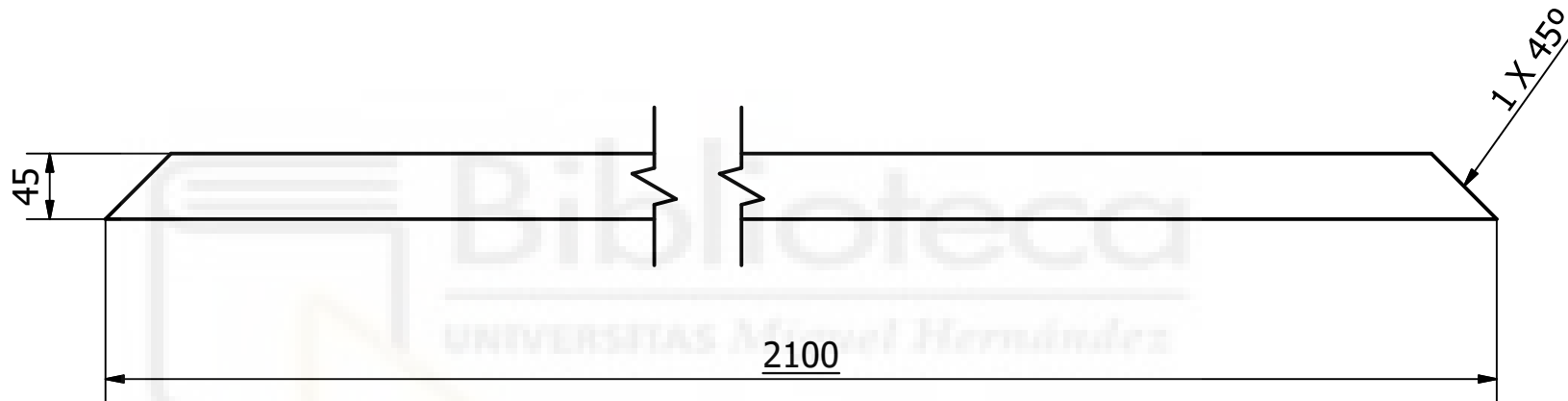
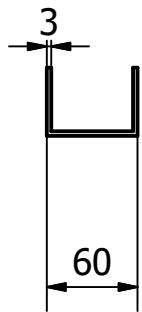




Diseño de <b>javier cano</b>	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Materia (kg) Madera (abedul) (4.5)	Fecha 11/09/2022	Escala: 1:2
Universidad Miguel Hernández  <b>UNIVERSITAS</b> <i>Miguel Hernández</i>			PLANO M.6 PIEZA Nº 6		Tamaño: CANTIDAD Hoja 1	

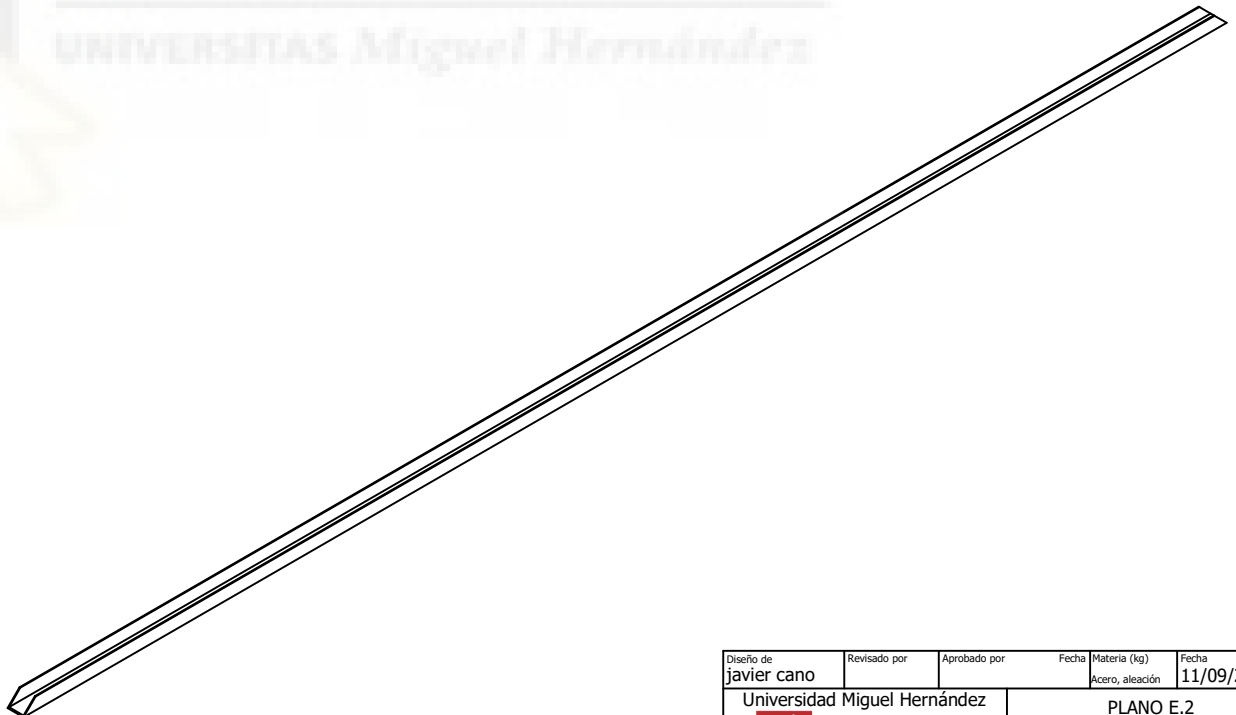
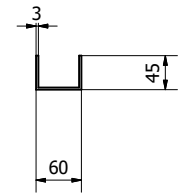
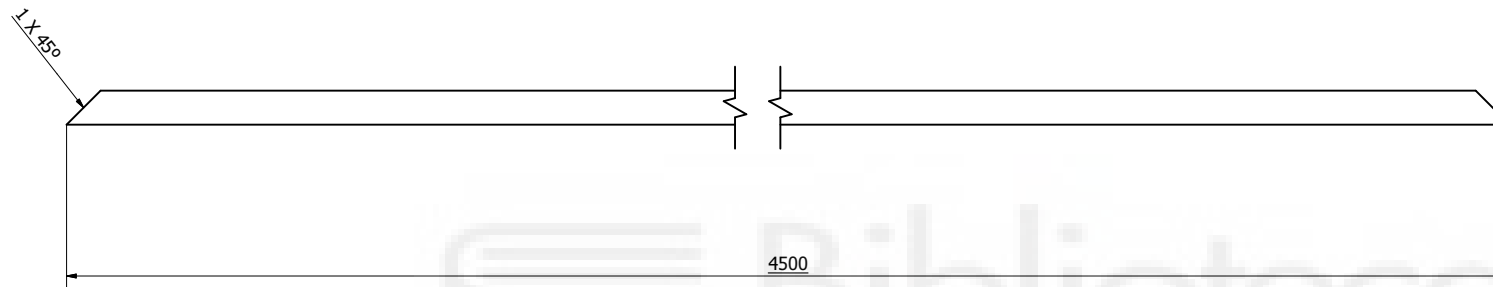



8	2	5070	PLANO E8
7	2	797	PLANO E7
6	2	soporte voladizo superior	PLANO E6
5	2	1680	PLANO E5
4	2	refuerzo inferior corto	PLANO E4
3	2	pletin piso inferior	PLANO E3
2	4	largero inferior caja	PLANO E2
1	14	largero caja 2100MM	PLANO E1
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
LISTA DE PIEZAS			

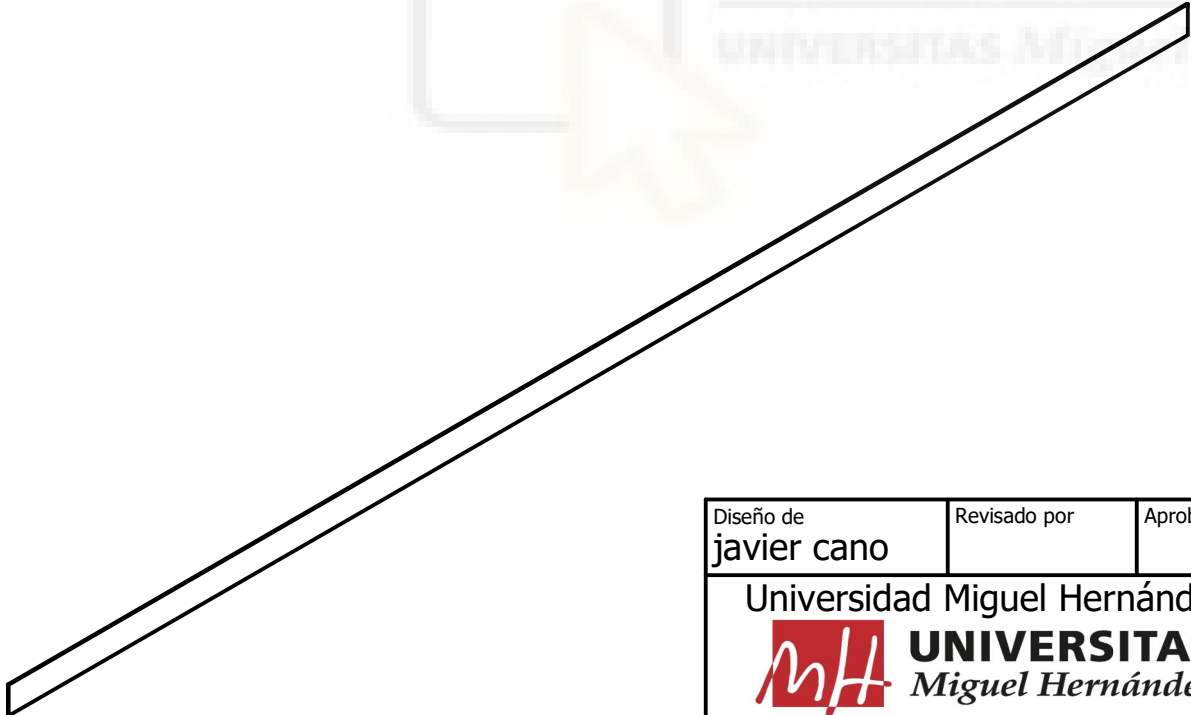
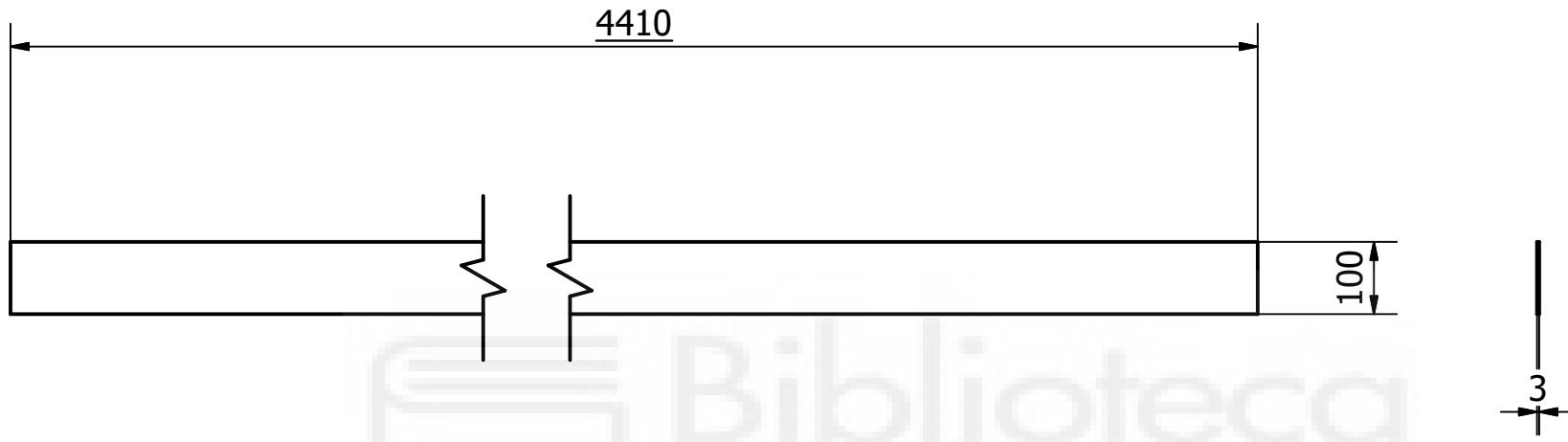
Diseño de Javier_C_R	Revisado por	Aprobado por	Fecha 10/09/2022	Materia (kg)	Fecha 10/09/2022	Escala: 1:1
 <b>UNIVERSITAS Miguel Hernández</b>			PLANO E.0			
PIEZA ESTRUCTURA			Tamaño: A2	CANTIDAD 1	Hoja 1 / 1	





Diseño de <b>javier cano</b>	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Materia (kg)	Fecha <b>11/09/2022</b>	Escala: <b>1:5</b>
Universidad Miguel Hernández  <b>UNIVERSITAS</b> <i>Miguel Hernández</i>			<b>PLANO E.1</b>			
			<b>PIEZA 1</b>	Tamaño: A4		Edición <b>8</b>

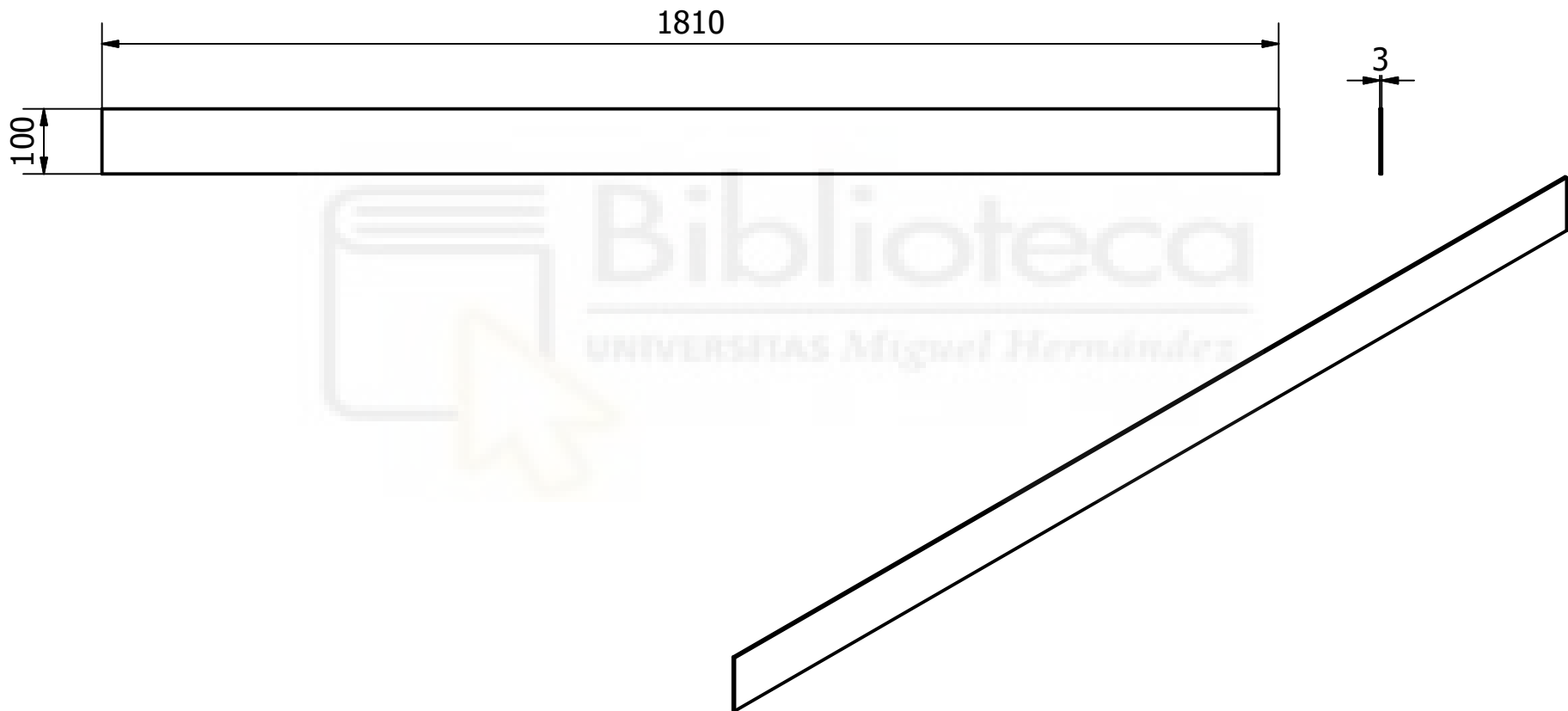




Diseño de <b>javier cano</b>	Revisado por	Aprobado por	Fecha 11/09/2022	Materia (kg) Acero, aleación	Escala: 1:10
Universidad Miguel Hernández  <b>UNIVERSITAS</b> Miguel Hernández			PLANO E.2 PIEZA Nº 2		Hoja 1 / 1
		Tamaño: A2	CANTIDAD 4		

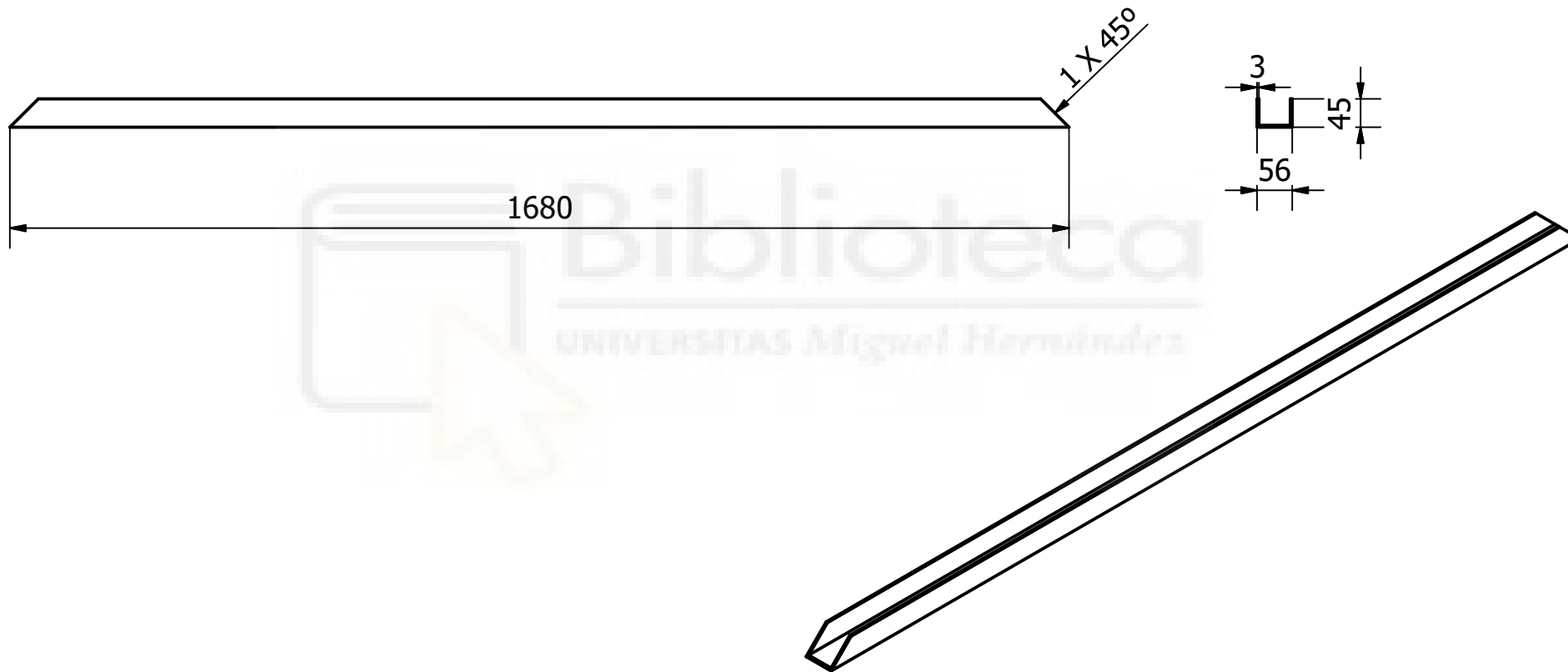




Diseño de <b>javier cano</b>	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Materia (kg) Acero, aleación	Fecha <b>11/09/2022</b>	Escala: <b>1:10</b>
Universidad Miguel Hernández  <b>UNIVERSITAS</b> <i>Miguel Hernández</i>			<b>PLANO E.3</b>			
			<b>PIEZA N° 3</b>	Tamaño: A4		CANTIDAD <b>2</b>

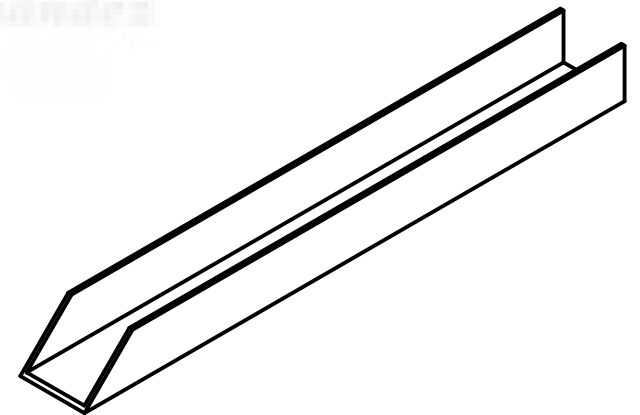
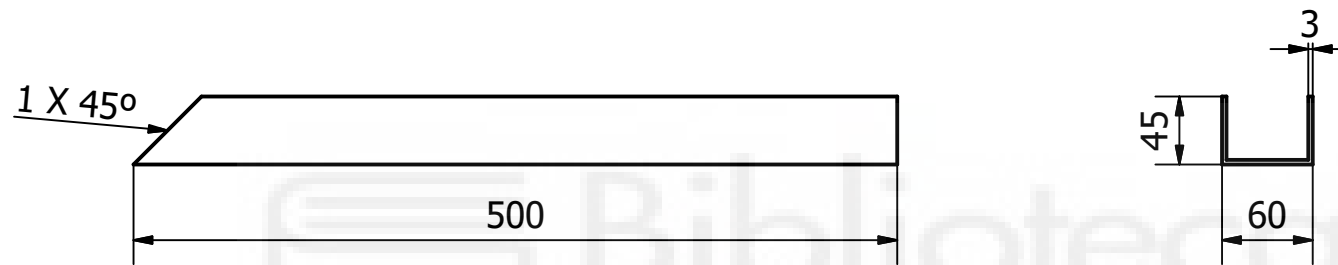






Diseño de <b>javier cano</b>	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Materia (kg) Acero, aleación	Fecha <b>11/09/2022</b>	Escala: <b>1:10</b>
Universidad Miguel Hernández  <b>UNIVERSITAS</b> <i>Miguel Hernández</i>			<b>PLANO E.4</b>			
			PIEZA N° 4	Tamaño: A4	CANTIDAD 2	Hoja 1 / 1

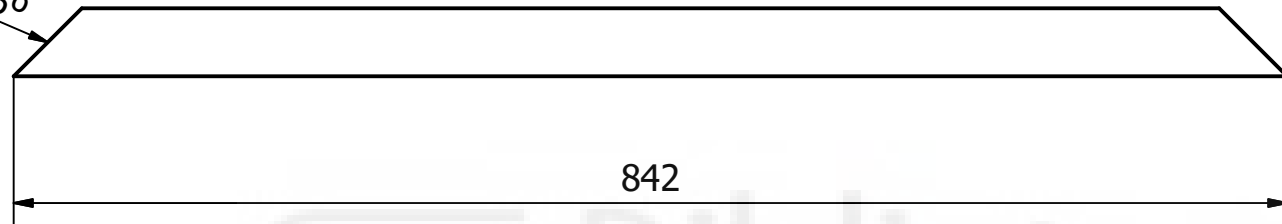


Diseño de <b>javier cano</b>	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Materia (kg) Acero, aleación	Fecha <b>11/09/2022</b>	Escala: <b>1:5</b>
Universidad Miguel Hernández  <b>UNIVERSITAS</b> <i>Miguel Hernández</i>			<b>PLANO E.5</b>			
PIEZA Nº 5				Tamaño:	CANTIDAD <b>2</b>	Hoja <b>1 / 1</b>

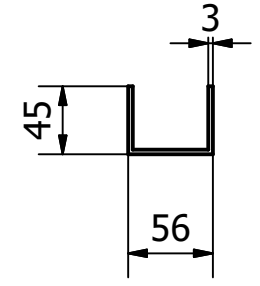


Diseño de <b>javier cano</b>	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Materia (kg)	Fecha <b>11/09/2022</b>	Escala: <b>1:5</b>
Universidad Miguel Hernández  <b>UNIVERSITAS</b> <i>Miguel Hernández</i>			<b>PLANO E.6</b>			
			<b>PIEZA 6</b>	Tamaño: A4	CANTIDAD <b>2</b>	Hoja <b>1 / 1</b>

1 X 45°



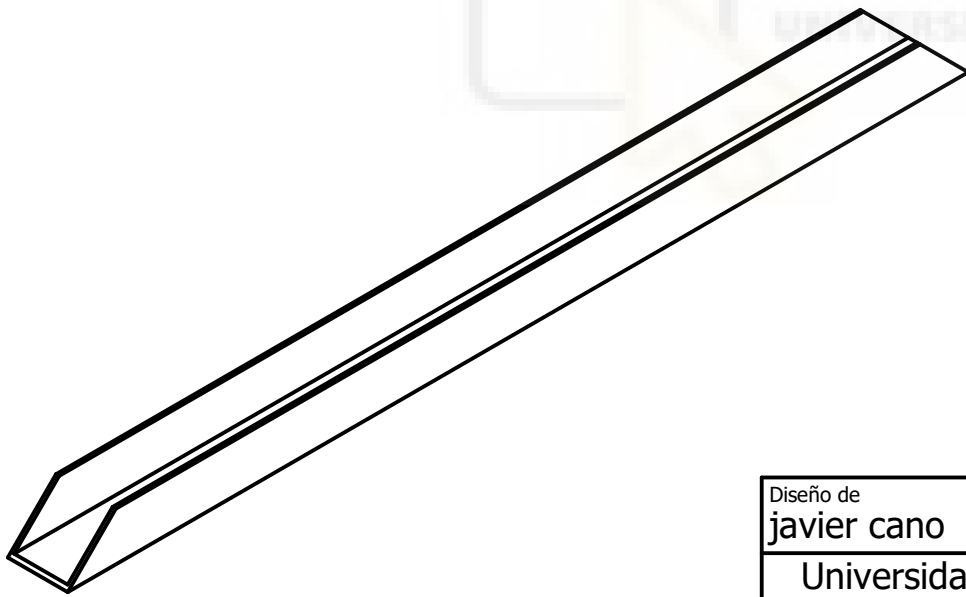
842


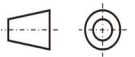


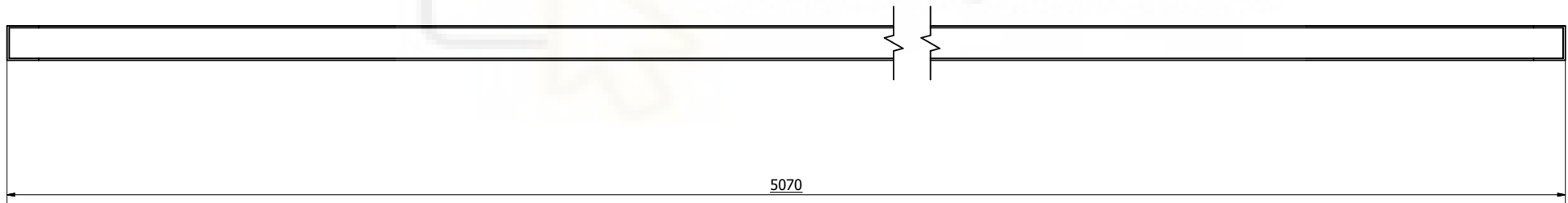
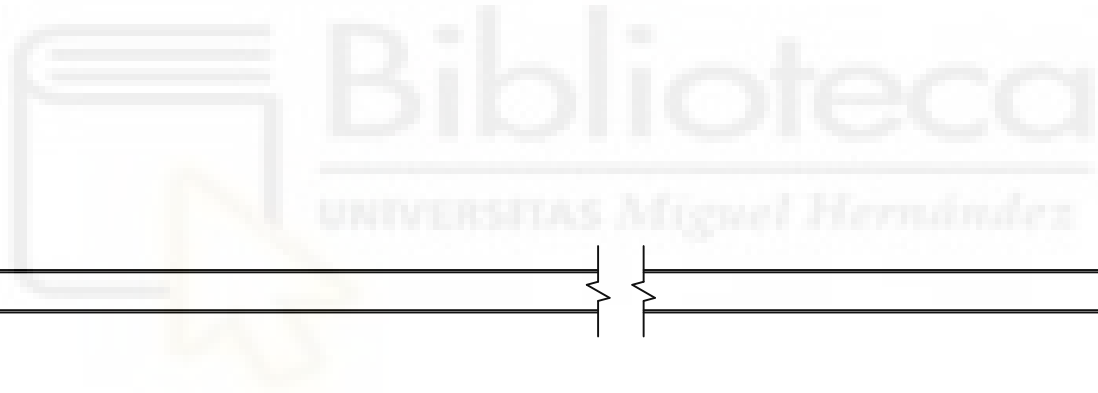
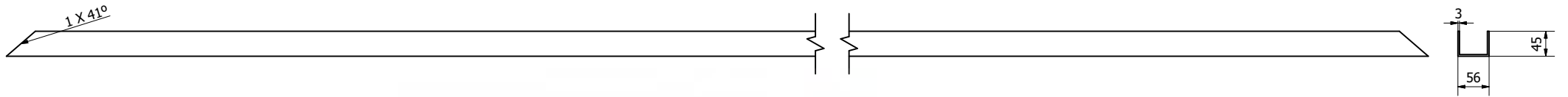
45


56

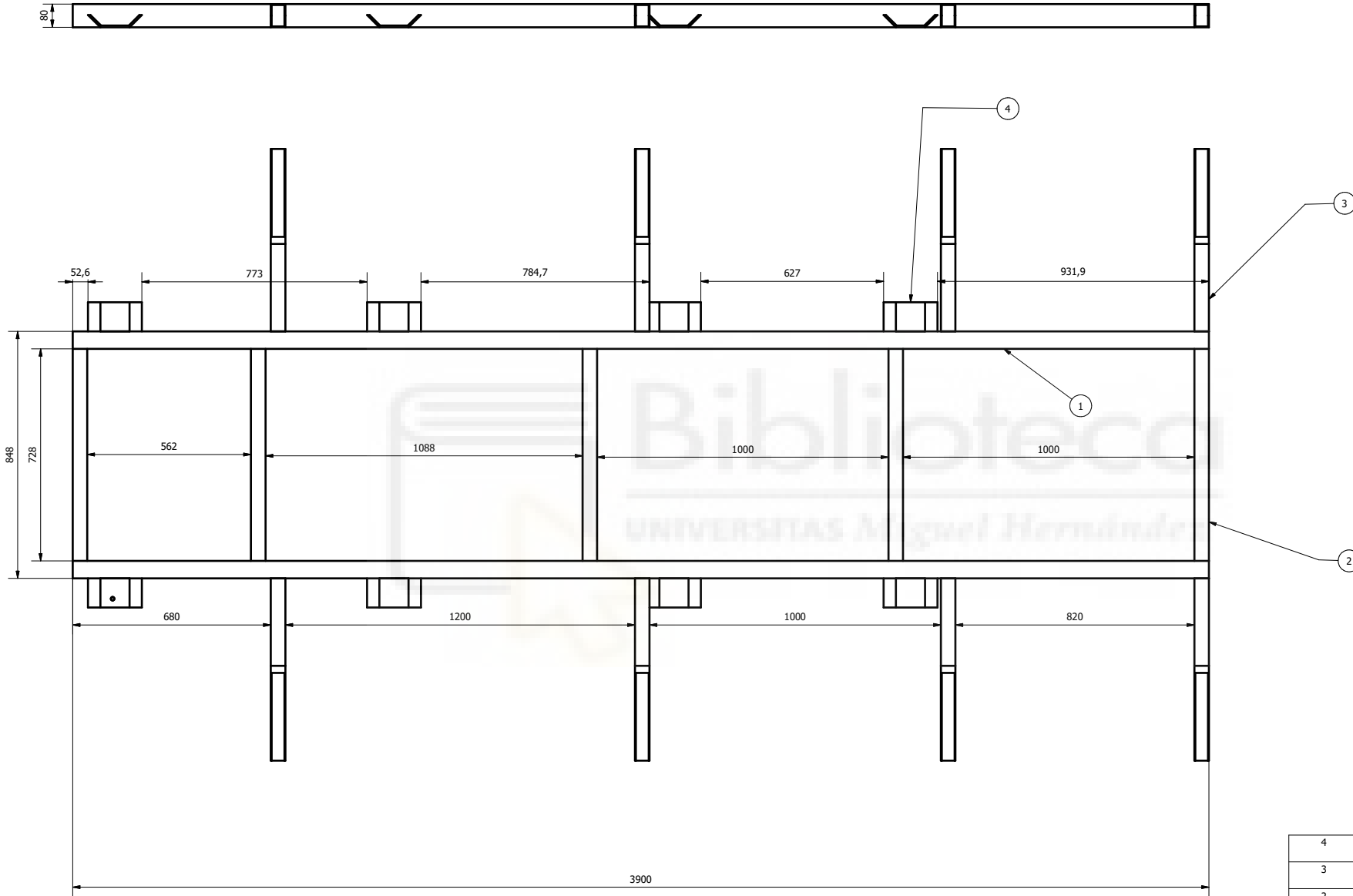
3



Diseño de <b>javier cano</b>	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Materia (kg) Acero, aleación (2,636 kg)	Fecha <b>11/09/2022</b>	Escala: <b>1:2</b>
Universidad Miguel Hernández  <b>UNIVERSITAS</b> Miguel Hernández			PLANO E.7			
PIEZA 7				Tamaño: A4	CANTIDAD <b>2</b>	Hoja <b>1 / 1</b>

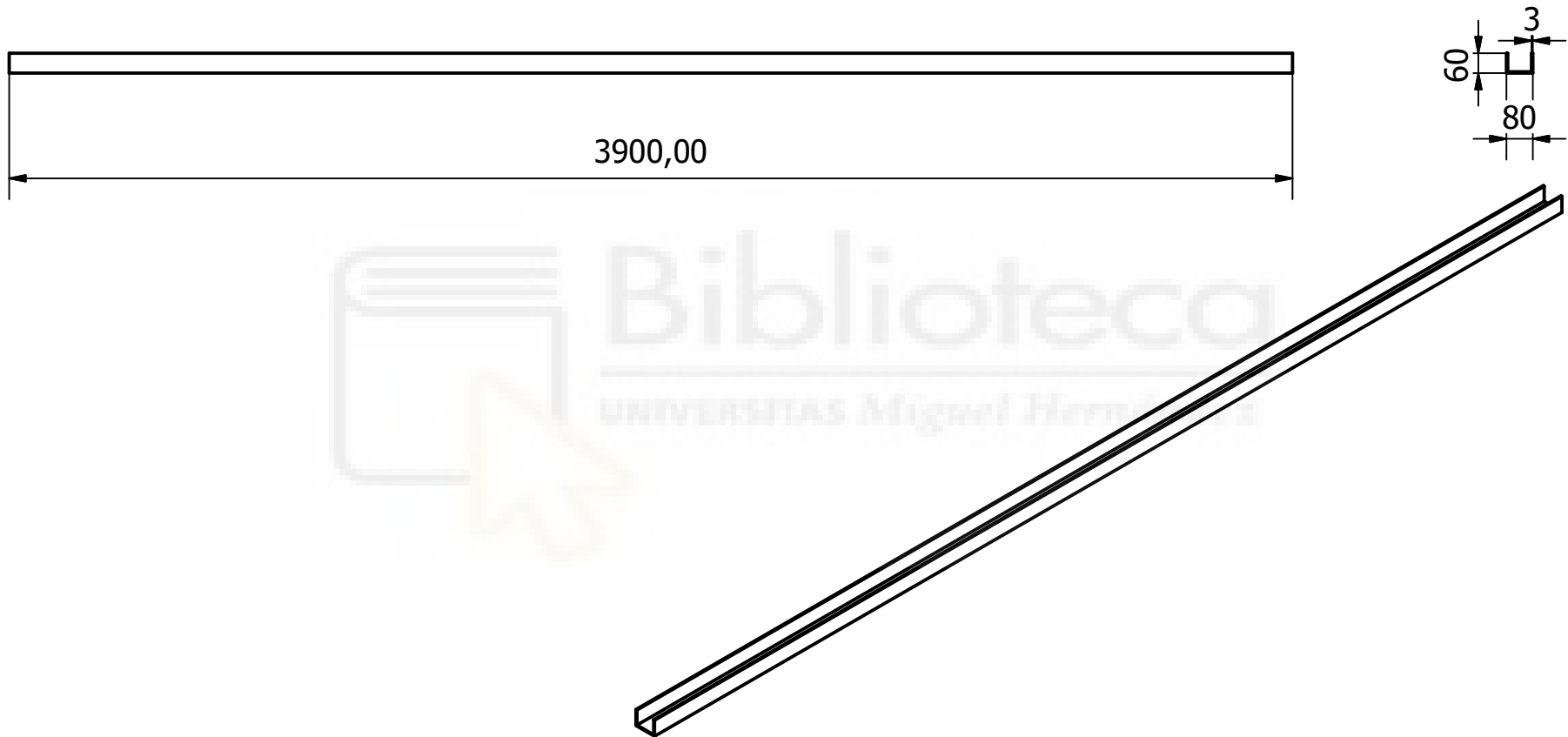




Diseño de <b>javier cano</b>	Revisado por	Aprobado por	Fecha 11/09/2022	Materia (kg) Acero, aleación	Escala: 1:10
Universidad Miguel Hernández  <b>UNIVERSITAS</b> Miguel Hernández			PLANO E.8 PIEZA Nº 8		Hoja 1 / 1
			Tamaño: A2	CANTIDAD 4	

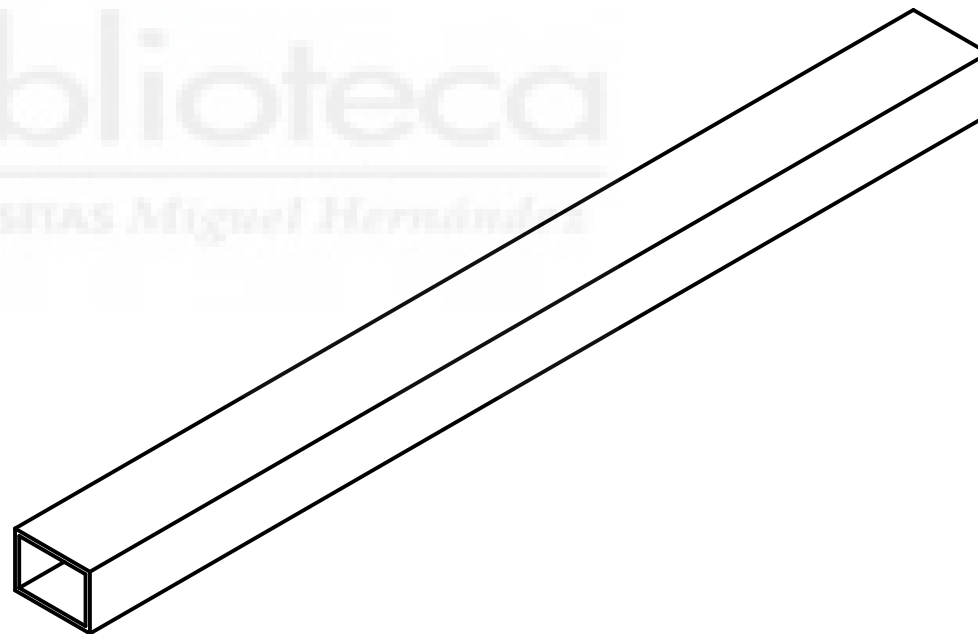
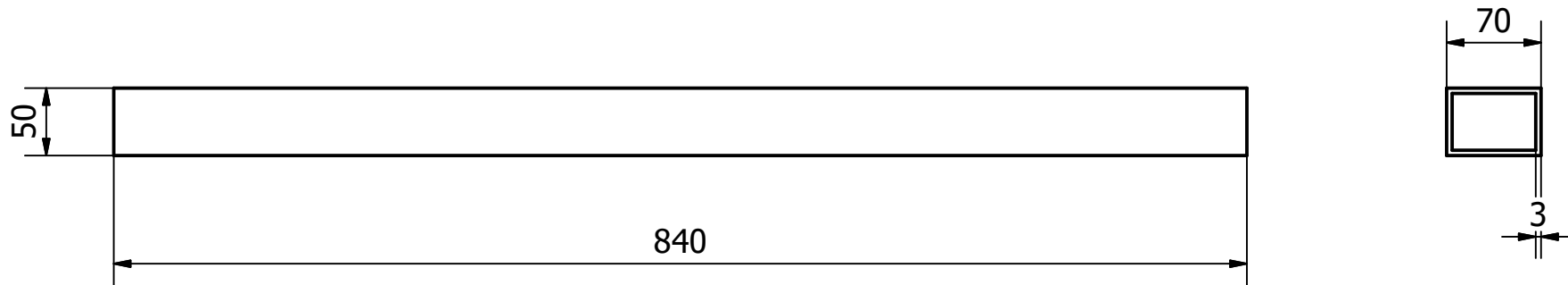




4	8	cartela	PLANO F.4
3	8	larguero lateral apoyo	PLANO F.3
2	5	travesaño70x50x4	PLANO F.2
1	2	larguero80x60x4	PLANO F.1
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
LISTA DE PIEZAS			

Diseño de Javier_C_R	Revisado por	Aprobado por	Fecha 01/09/2022	Materia (kg) (N/D)	Fecha 01/09/2022	Escala: 1:10
Universidad Miguel Hernández			PLANO CARTER			
<b>UNIVERSITAS</b> Miguel Hernández			Falso bastidor	Tamaño: A2	CANTIDAD 1	Hoja 1 / 1

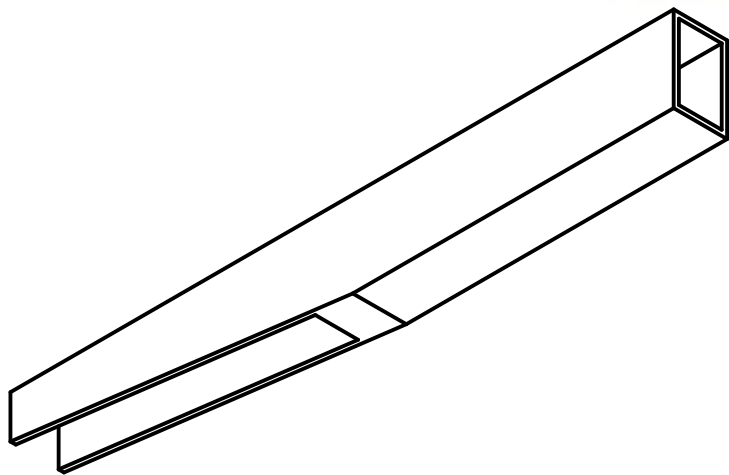
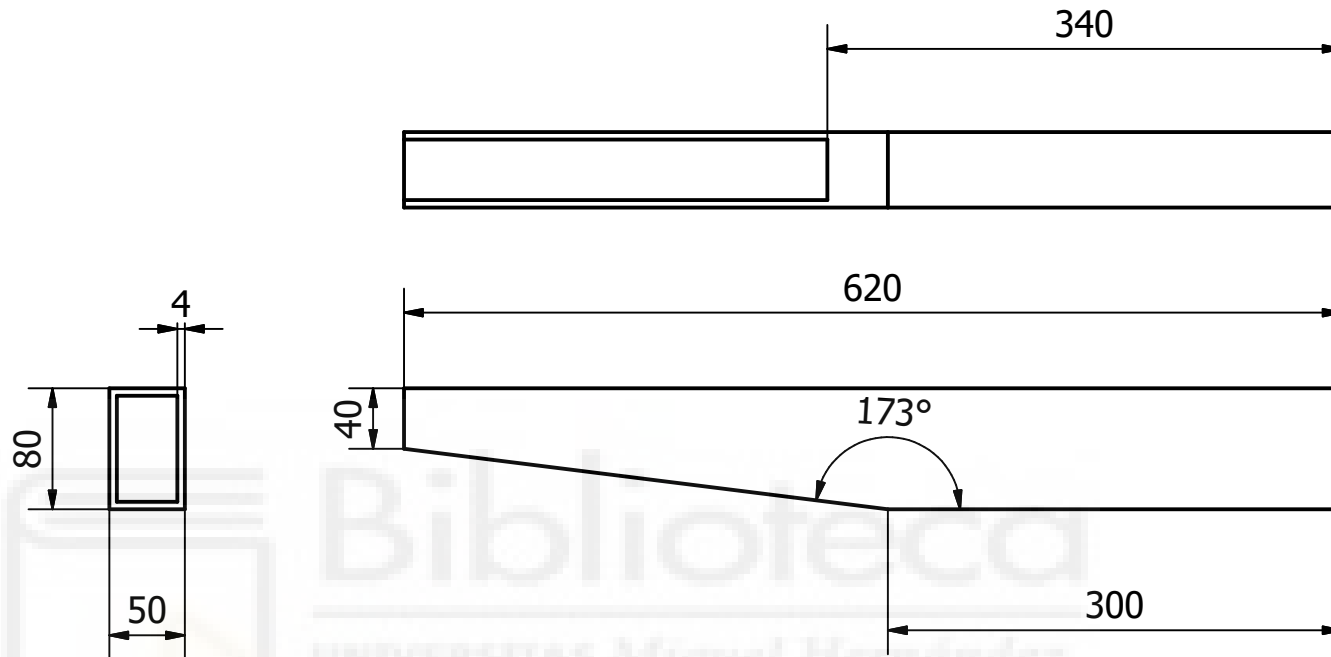




Diseño de <b>javier cano</b>	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Materia (kg) Genérico	Fecha <b>11/09/2022</b>	Escala: <b>1:10</b>
Universidad Miguel Hernández  <b>UNIVERSITAS</b> <i>Miguel Hernández</i>			<b>PLANO F.1</b>			
			PIEZA N° 1	Tamaño: A4	CANTIDAD 2	Hoja 1 / 1

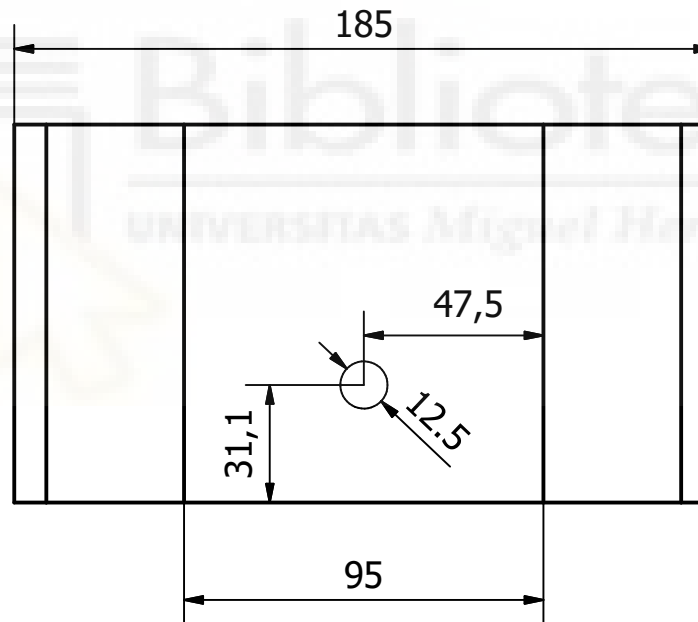
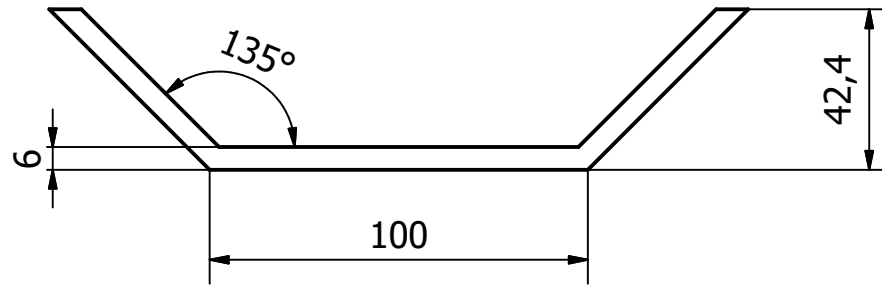




Diseño de <b>javier cano</b>	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Materia (kg) Acero, aleación	Fecha <b>11/09/2022</b>	Escala: <b>1:5</b>
Universidad Miguel Hernández  <b>UNIVERSITAS</b> <i>Miguel Hernández</i>			<b>PLANO F.2</b>			
			PIEZA Nº 2	Tamaño: A4	CANTIDAD <b>5</b>	Hoja <b>1 / 1</b>





Diseño de <b>javier cano</b>	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Materia (kg) Acero, aleación	Fecha <b>11/09/2022</b>	Escala: <b>1:5</b>
Universidad Miguel Hernández  <b>UNIVERSITAS</b> <i>Miguel Hernández</i>			<b>PLANO F.3</b>			
			<b>PIEZA N° 3</b>	Tamaño: A4		CANTIDAD <b>8</b>



Diseño de <b>javier cano</b>	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Materia (kg) Acero, aleación	Fecha <b>11/09/2022</b>	Escala: <b>1:1</b>
Universidad Miguel Hernández  <b>UNIVERSITAS</b> <i>Miguel Hernández</i>			<b>PLANO F.4</b>			
			<b>PIEZA Nº 4</b>	Tamaño: A4	CANTIDAD <b>8</b>	Hoja <b>1 / 1</b>