



**Universidad**  
Zaragoza

## Trabajo Fin de Grado

Análisis y evaluación del embalaje del producto vigas activas frías (DID), bajo criterios medioambientales, funcionales y económicos.

Analysis and evaluation of the product packaging of active chilled beams (DID) under environmental, functional and economic criteria.

Autor

**Alejandro Rodríguez García**

Director

**Sergio Aguado Jiménez**

Titulación del autor

**Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Producto**

ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
2022/2023

## Resumen

Cada día vemos como el mundo avanza a pasos agigantados, pero ¿Lo hacen también los materiales de embalaje industrial?

Este Trabajo Fin de Grado hablaremos sobre el embalaje de las vigas activas frías (DID), uno de los modelos de difusores de aire de techo, que la filial del Grupo Trox, fabrica en su sede de Zaragoza.

En primer lugar, se explicará el funcionamiento de estos difusores de aire, que medidas vamos a encontrar en este trabajo y veremos que piezas lo componen, y cuáles son las propensas a sufrir daños.

Analizaremos el proceso actual de embalaje de estos equipos, analizando los problemas encontrados durante su transporte y los problemas internos encontrados que afectan al embalaje de estos difusores de techo y que pudieran provocar desperfectos en los equipos durante su transporte

Se buscarán y propondrán soluciones, así como sustitución de materiales con el objetivo de garantizar la seguridad de los equipos para que el cliente los reciba en las mejores condiciones posibles, teniendo en cuenta criterios medioambientales, funcionales y económicos.

Por último, me gustaría agradecer a Trox España S.A. la posibilidad que me ha brindado de poder realizar este trabajo en sus instalaciones.

## Abstract

Every day we see how the world advances by leaps and bounds, but do industrial packaging materials also do it?

This Final Degree Project talks about the packaging of chilled active beams (DID), one of the models of ceiling air diffusers, which the Trox Group subsidiary manufactures at its headquarters in Zaragoza.

At first time, the operation of these air diffusers will be explained, what measures we will find in this work and we will see what pieces compose it, and which are prone to damage.

We will analyse the current packaging process of this equipment, and also the problems found during its transport and the internal problems found that affect the packaging of these ceiling diffusers and that could cause damage to the equipment during transport.

Solutions will be sought and proposed, as well as replacement of materials with the aim of guaranteeing the safety of the equipment so that the client receives them in the best possible conditions, taking into account environmental, functional and economic criteria.

Finally, I would like to thank Trox España S.A. the possibility that it has given me to carry out this work in their facilities.

## Índice

1.	Introducción.....	8
1.1.	Contexto.....	8
1.2.	Objeto.....	8
1.3.	Alcance.....	9
1.4.	Metodología.....	9
1.5.	Cronograma.....	11
1.6.	Definiciones y abreviaturas.....	13
2.	Descripción de las vigas activas frías.....	14
2.2.	Partes del DID.....	14
2.3.	Partes delicadas.....	16
2.4.	Funcionamiento.....	18
2.5.	Dimensiones.....	19
3.	Previsión de ventas.....	21
4.	Situación actual.....	23
4.1.	Materiales usados en el embalaje.....	23
4.2.	Formato de embalaje.....	26
5.	Análisis de fallos.....	28
5.1.	Fallos durante el transporte.....	28
5.2.	Problemas relacionados con el embalaje en fábrica.....	31
6.	Resolución de problemas.....	35
6.1.	Propuestas de mejora.....	35
6.2.	Conclusiones propuestas de mejora.....	44
6.3.	Valoración de los operarios.....	49
7.	Análisis económico.....	51



7.1. Materiales .....	51
7.2. Mano de obra .....	53
8. Conclusiones generales.....	54
9. Bibliografía .....	55

## Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Logotipo grupo TROX .....	8
Ilustración 2. DID 632.....	14
Ilustración 3. Explosión DID 632 .....	14
Ilustración 4. DID 632 de ala ancha especial.....	15
Ilustración 5. DID 312.....	15
Ilustración 6. Frontal perforado.....	16
Ilustración 7. Batería DID .....	16
Ilustración 8. Frontal y deflectores DID .....	16
Ilustración 9. Zona delicada con silicona .....	17
Ilustración 10. Tobera / Boca del plenum.....	17
Ilustración 11. Tomas de la batería.....	17
Ilustración 12. Recorrido del aire dentro del equipo.....	18
Ilustración 13. DID 632.....	19
Ilustración 14. Dimensiones DID 632 .....	19
Ilustración 15. DID 312.....	19
Ilustración 16. Dimensiones DID 312 .....	19
Ilustración 17. Diagrama de Pareto .....	22
Ilustración 18. Film protector .....	23
Ilustración 19. Espuma separación batería/frontal .....	23
Ilustración 20. Espuma de polietileno.....	24
Ilustración 21. Tacos porexpán DID632 especial .....	24
Ilustración 22. Fleje.....	25
Ilustración 23. Film automático .....	25
Ilustración 24. Lámina polietileno/Capota.....	25

Ilustración 25. Montaje pallet con cajas .....	26
Ilustración 26. Montaje pallet DID632 especial .....	26
Ilustración 27. Montaje pallet DID 312 .....	27
Ilustración 28. Caída de equipos .....	28
Ilustración 29. Tablas y retales de madera .....	31
Ilustración 30. Roce entre deflectores y chapa de toberas .....	32
Ilustración 31. Silicona sin secar DID632 especial .....	32
Ilustración 32. Tacos DID 632 especial movidos .....	33
Ilustración 33. Testeros.....	33
Ilustración 34. Desajuste del frontal .....	34
Ilustración 35. Propuesta cambio en el orden .....	35
Ilustración 36. Prueba 1 separación batería/frontal.....	36
Ilustración 37. Prueba 2 separación batería/frontal.....	36
Ilustración 38. Prueba 3 separación batería/frontal.....	37
Ilustración 39. Prueba 1 separadores DID 632 .....	37
Ilustración 40. Resultado prueba separadores DID 632 .....	38
Ilustración 41. Prueba 2 separadores DID 632 .....	38
Ilustración 42. Prueba 3 separadores DID 632 .....	39
Ilustración 43. Prueba 1 separadores DID 632 especiales .....	40
Ilustración 44. Prueba 2 separadores DID 632 especiales .....	40
Ilustración 45. Prueba separadores DID 312 .....	41
Ilustración 46. Film automático reciclado.....	43
Ilustración 47. Lámina polietileno reciclada .....	43
Ilustración 48. Prueba lámina polietileno reciclada.....	44
Ilustración 49. Prueba SolidWorks deformación pallet .....	44
Ilustración 50. Correcta separación batería/frontal .....	45

Ilustración 51. Nueva separación DID 632.....	45
Ilustración 52. Nuevos bultos 4 Uds. ....	46
Ilustración 53. Camión tráiler de lona DSV .....	46
Ilustración 54. Emisiones CO2 y NOx.....	46
Ilustración 55. Resistencia al agua nueva lámina polietileno .....	47
Ilustración 56. Vista general nueva lámina polietileno.....	47
Ilustración 57. Ejemplo armazón DID632 .....	48
Ilustración 58. Gráficas distribución de gasto en materiales.....	52

## 1. Introducción

### 1.1. Contexto

Este Trabajo Fin de Grado se ha realizado en la empresa TROX España S.A. y más concretamente dentro del departamento de Calidad y Medioambiente.



*Ilustración 1. Logotipo grupo TROX*

Perteneciente al Grupo TROX, TROX España S.A. es fundada en 1966 instalando en Zaragoza las oficinas centrales y la planta de producción.

El Grupo Trox se dedica al desarrollo, fabricación y distribución de componentes y sistemas para la ventilación y tratamiento del aire. Las líneas de negocio se dividen en dos grandes grupos. Por un lado, la fabricación de unidades de tratamiento de aire y por otro, todo lo que engloba la difusión de este, fabricando diferentes tipos de difusores de techo y lineales, toberas, compuertas de regulación...

A lo que el trabajo respecta, vamos a hablar sobre el embalaje de los difusores de techo de inducción, concretamente de las vigas frías activas serie DID 632 y DID 312.

### 1.2. Objeto

Este Trabajo Fin de Grado, tiene el objetivo de realizar el análisis y evaluación del embalaje del producto vigas frías activas (DID) desde el punto de vista funcional, medioambiental y económico.

Se pasará a analizar los materiales empleadas para el embalaje de dicho producto en sus diferentes variantes, así como sus consumos y el coste que esto repercute.

Se busca reducir el consumo de materias primas, repercutiendo en el medio ambiente y en la economía de la empresa, y todo ello con la prioridad de garantizar la seguridad y protección de los equipos.

Para ello es necesario rediseñar el proceso de embalaje actual definiendo unas pautas que sean eficientes a nivel económico, sostenible y funcional.

Este proyecto se lleva cabo a petición de la empresa con el fin de analizar el proceso de embalaje que se está realizando, adaptándolo a las necesidades actuales de ser un proceso eficiente económicamente y con el menor impacto posible a nivel medioambiental.

### 1.3. Alcance

Dentro de toda la gama de vigas activas frías [1] (TROX España S.A., s.f.), se estudiará el embalaje de las variantes de los modelos DID632 [2] (TROX España S.A, s.f.) y DID312 [3] (TROX España S.A., s.f.) dado que son las variantes que se van a comenzar a producir en mayor volumen en la planta de TROX en Zaragoza entre los meses de octubre de 2022 y marzo de 2023 y continuarán en producción una vez pasado este periodo.

Se analizarán las diferentes soluciones empleadas actualmente y el consumo de materia prima que ello supone, así como el coste de estos materiales.

En la búsqueda de alternativas a los materiales actuales se hará un análisis de las soluciones existentes en el mercado, contactando con los proveedores de material de embalaje que nos sean de especial interés para nuestra causa, pudiendo testear muestras de nuevos productos en un caso real en las instalaciones de TROX.

### 1.4. Metodología

La metodología seguida para el desarrollo del proyecto, comienza con una primera fase de acercamiento hacia el producto. En esta primera fase se analizarán cuáles son sus partes identificando las que pudieran ser más delicadas o susceptibles a un daño durante el transporte. Cuáles son las diferentes dimensiones en las que nos podemos encontrar el producto, a las que posteriormente habrá que adaptar el embalaje, y se precisarán los materiales actuales que se están empleando para dichos embalajes.

En una siguiente fase conoceremos cual es la manera de embalaje que se está siguiendo actualmente, cuáles serán las cantidades de materia prima que se emplea y el coste que este

repercute. Además, será importante la comunicación con los operarios, conociendo su opinión de primera mano ya que se encuentran constantemente trabajando en el producto. También, será importante la comunicación con los responsables del producto para conocer problemas derivados del embalaje y del transporte.

Una vez conocidos los puntos débiles y puntos a mejorar se buscarán soluciones, ya sea de optimización de recursos, como buscando nuevas soluciones de embalaje entre diferentes proveedores.

Por último, la fase de testeo, en la que se realizarán pruebas de los cambios planteados, de la misma manera que se probará con las muestras pedidas que faciliten los proveedores. Se volverán a calcular todos los nuevos consumos de materiales, así como el impacto económico que supondrán, estableciendo una nueva metodología de embalaje a seguir.

## 1.5. Cronograma

Una vez realizada la introducción al proyecto, se comenzará recabando información acerca del producto, las partes de las que se compone y cuáles podrían ser susceptibles a daños.

A continuación, y ya sabiendo cuál sería la previsión de ventas para los próximos meses, se comprobará que modelos por su volumen de ventas, podrían ser prioritarios a la hora de buscar soluciones a su embalaje.

La siguiente etapa, corresponde con el acercamiento y análisis a los materiales que se estén usando en ese momento para el proceso del embalaje, al mismo tiempo que conoceremos como son los diferentes formatos de embalaje.

Una vez ya conocidos los materiales y los procesos de embalaje de las diferentes variantes de DID, se pasará a analizar los fallos recabados de reclamaciones provocados durante el transporte y los puntos de mejora existentes en fabrica.

A partir de este punto comenzará la búsqueda de nuevos materiales y las propuestas de modificación a realizar con el fin de obtener unas conclusiones que permitan definir un nuevo proceso de embalaje.

Por último, se realizará el cálculo del impacto económico que supondrán todas las modificaciones realizadas.

## Project Management

### DID Packaging improvement

No.	Task	Programación			Status
		Start	Duration [days]	End	

Title	26/09/2022		17/01/2023	In Progress
-------	------------	--	------------	-------------

<b>1</b>	<b>Puesta en marcha</b>	26/09/2022	3	27/09/2022	Finished
1.1	Reunión con Sergio	26/09/2022	1	27/09/2022	Finished
1.2	Reunión con Arancha	27/09/2022	1	28/09/2022	Finished
1.3	Creación de un guión	26/09/2022	1	27/09/2022	Finished
<b>2</b>	<b>Introducción</b>	28/09/2022	8	05/10/2022	Finished
2.1	Contexto	28/09/2022	4	01/10/2022	Finished
2.2	Alcance	28/09/2022	4	01/10/2022	Finished
2.3	Metodología	28/09/2022	8	05/10/2022	Finished
2.4	Definiciones y abreviaturas	28/09/2022	8	05/10/2022	Finished
<b>3</b>	<b>Requerimientos</b>	05/10/2022	27	31/10/2022	Finished
3.1	Partes del DID	05/10/2022	11	15/10/2022	Finished
3.2	Partes delicadas	10/10/2022	27	31/10/2022	Finished
3.3	Funcionamiento y modelos	05/10/2022	11	15/10/2022	Finished
<b>4</b>	<b>Previsión de ventas</b>	01/11/2022	2	02/11/2022	Finished
<b>5</b>	<b>Situación actual</b>	05/10/2022	6	10/10/2022	Finished
5.1	Materiales empleados	05/10/2022	6	10/10/2022	Finished
5.2	Formato de embalaje	05/10/2022	6	10/10/2022	Finished
<b>6</b>	<b>Análisis de fallos</b>	31/10/2022	5	04/11/2022	Finished
6.1	Fallos durante el transporte	31/10/2022	5	04/11/2022	Finished
6.2	Problemas con el embalaje en fábrica	31/10/2022	5	04/11/2022	Finished
<b>7</b>	<b>Resolución de problemas</b>	04/11/2022	37	10/12/2022	Finished
5.1	Propuesta de mejora	04/11/2022	32	05/12/2022	Finished
5.2	Conclusiones propuestas de mejora	04/11/2022	4	07/12/2022	Finished
5.3	Valoración de operarios	07/12/2022	4	10/12/2022	Finished
<b>8</b>	<b>Análisis económico</b>	10/12/2022	25	03/01/2023	Finished
8.1	Materiales	10/12/2022	11	20/12/2022	Finished
8.2	Mano de obra	20/12/2022	15	03/01/2023	Finished
<b>9</b>	<b>Conclusiones generales</b>	03/01/2023	6	08/01/2023	Finished
<b>10</b>	<b>Bibliografía</b>	08/01/2023	3	10/01/2023	Finished
<b>11</b>	<b>Anexos</b>	01/11/2022	63	03/01/2023	Finished

## 1.6. Definiciones y abreviaturas

- AMFE: Análisis modal de fallos y efectos
  - O: Ocurrencia
  - G: Gravedad
  - D: Detección
  - NPR: Número de prioridad de Riesgo
- UNE: Asociación Española de Normalización
- AENOR: Asociación Española de Normalización y Certificación
- BOE: Boletín Oficial del Estado
- Tapa: Habitualmente, parte superior del embalaje, constituida por un plano horizontal. Formada de madera.
- Testeros: En los embalajes de forma paralelepípedica, se llama así a los dos lados laterales pequeños.
- Plenum: Cámara o espacio cerrado por el que circulan gases u otros fluidos a bajas velocidades con el fin de que estos gases o fluidos se repartan de manera homogénea.
- CO<sub>2</sub>: Dióxido de carbono
- NO<sub>x</sub>: Óxidos de nitrógeno

## 2. Descripción de las vigas frías activas

Las vigas frías activas o difusores de techo de inducción son elementos que mediante un sistema aire – agua, proporcionan una confortable climatización en locales con alta carga de refrigeración. Combinan las características técnicas de los difusores de techo habituales, utilizando el agua como medio de transporte de energía, con el ahorro de energía que ello supone.



Ilustración 2. DID 632

Dada su reducida silueta, los difusores de techo DID, están pensados especialmente para su instalación en falsos techos con alturas de techo entre 2,60 y 4m.

Entre sus características especiales, destaca:

- Una alta capacidad de refrigeración con pequeños caudales de aire exterior y reducidas velocidades de aire. Siempre con una baja potencia sonora
- Deflectores ajustables para controlar la dirección de la salida del aire
- Rejilla exterior con 4 cuatro variantes de forma
- Disponibilidad de combinar en un solo equipo la impulsión y retorno

Dentro de la serie DID, se va a analizar principalmente la serie DID 632 y en una menor medida la serie DID 312.

### 2.2. Partes del DID

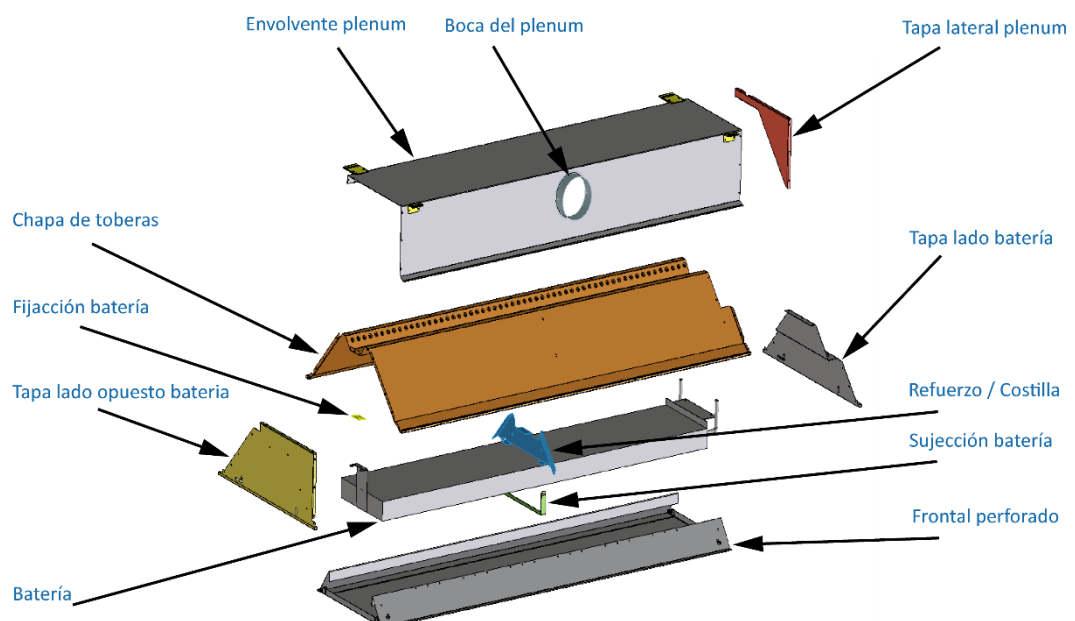


Ilustración 3. Explosión DID 632

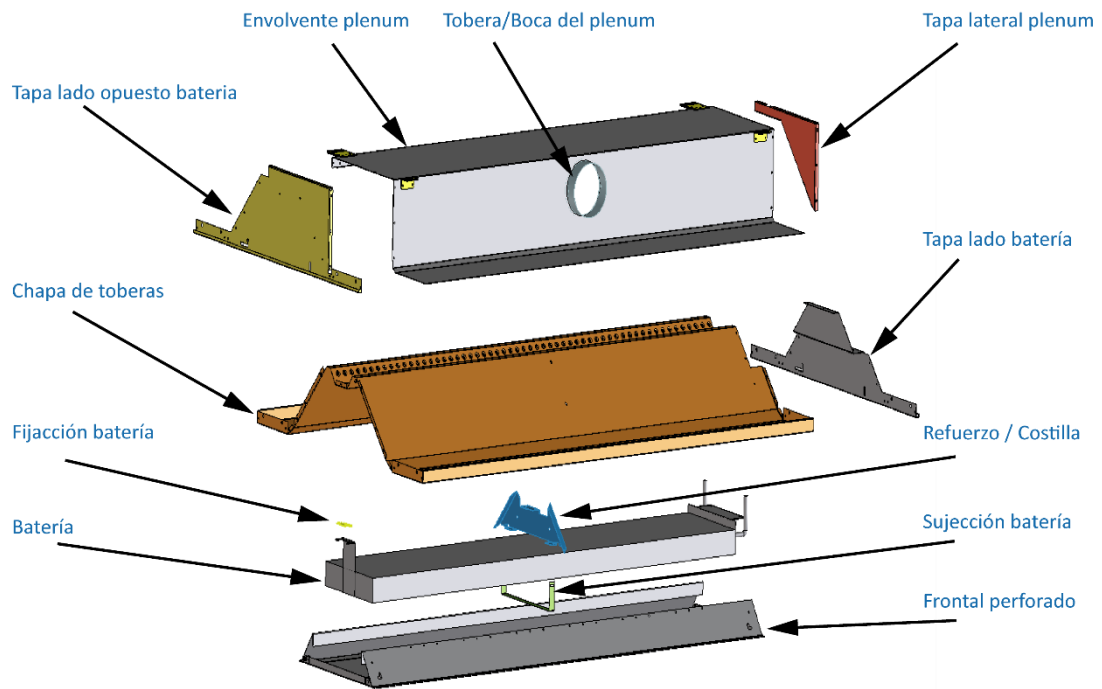


Ilustración 5. DID 632 de ala ancha especial

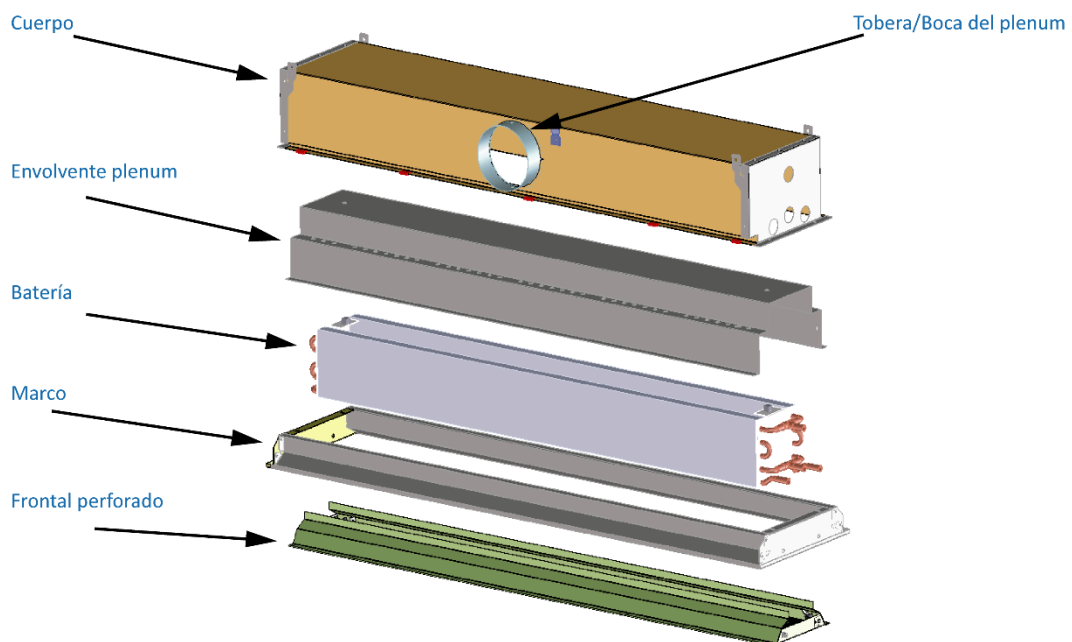


Ilustración 4. DID 312

## 2.3. Partes delicadas

### Frontal perforado

Es la parte que será vista por los usuarios una vez esté colocado en el techo, va pintados al polvo tanto en blanco como en negro mate y por lo tanto es estrictamente necesario que no tenga marcas. Especialmente sensible es el color negro.

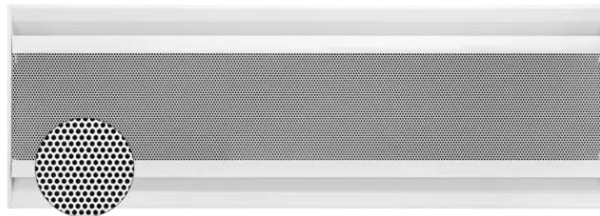


Ilustración 6. Frontal perforado

### Batería / frontal

El DID es un producto que va colocado en el techo pero que su fabricación y parte de las unidades en su transporte se encuentran en una posición opuesta. El contacto entre ambas partes podría ocasionar marcas en la parte interior del frontal, así como el frontal pudiera dañar las lamas de la batería.

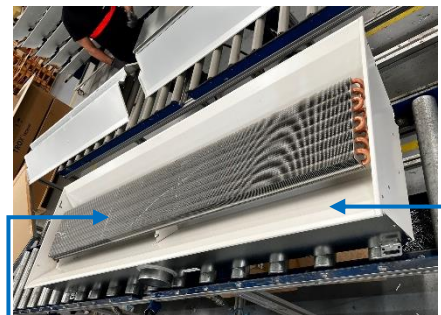


Ilustración 7. Batería DID

Batería

Frontal

Chapa de toberas

### Frontal / chapa de toberas

Los deflectores que dirigen el aire van colocados en la parte interior del frontal y pueden entrar en contacto con la chapa de toberas que está pintada, si la separación entre ambas partes no es la correcta.



Ilustración 8. Frontal y deflectores DID

Deflectores

## Aletas DID 900

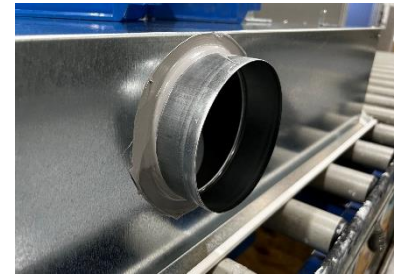
La chapa de toberas va unida al plenum por silicona de poliuretano, la cual necesita 24 horas para secar correctamente. Es necesario que ambas partes sigan en contacto durante ese tiempo ya que de separarse el producto no serviría y habría que limpiar el sellante y volver a aplicarlo de nuevo. Además, al ser una parte de la unidad que se encuentra en voladizo, necesita tener una sujeción para que la chapa tampoco se doble.



*Ilustración 9. Zona delicada con silicona*

## Boca tobera

Es la pieza a través de la cual se conecta la tubería que suministra aire al equipo y puede sufrir deformaciones debido a un golpe con otro bulto.



*Ilustración 10. Tobera / Boca del plenum*

## Tubos de las baterías

Al igual que ocurre con las bocas de los plenum, son tubos expuestos los cuales podrían doblarse si reciben un golpe, sobre todo en los bultos en los que los DID son de anchura especial 900.



*Ilustración 11. Tomas de la batería*

## 2.4. Funcionamiento

Los difusores de techo proporcionan aire exterior tratado a la sala desde la instalación central, pudiendo aportar gracias a su batería de refrigeración y/o calor, en función de la necesidad tanto aire frío como caliente.

El aire primario entra en el interior del difusor a través de la tobera ubicada en el lateral. Se induce aire de la sala que pasa a través de la rejilla hacia el interior del difusor, atravesando la batería interior, accediendo a la cámara de mezcla. Estos caudales, una vez mezclados, se impulsarán nuevamente a la sala.

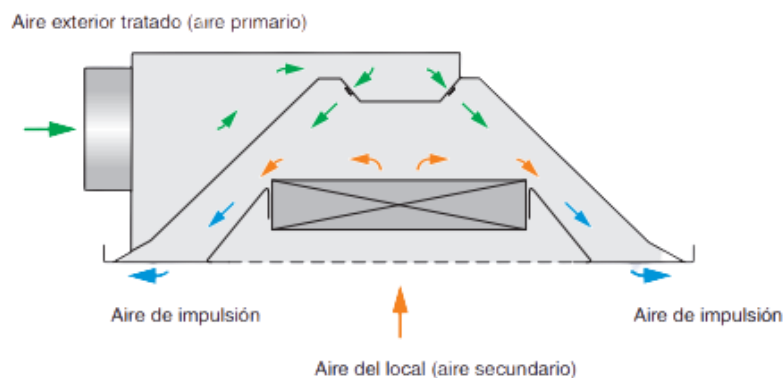


Ilustración 12. Recorrido del aire dentro del equipo

Están disponibles en diferentes configuraciones. Existen 8 medidas nominales disponibles, con tamaños de baterías diferentes, y diferentes configuraciones también de toberas, con el fin de poder adaptar cada producto a los requerimientos de la estancia en el que se coloca.

Las baterías pueden ser de 2 y de 4 tubos, en la que la opción más simple únicamente servirá para refrigeración, mientras que la opción de cuatro tubos permite tanto refrigerar o calentar.

## 2.5. Dimensiones

### DID 632



Ilustración 13. DID 632

Dimensiones en mm		
Ln	ØD	HS
900	123	134
1200		
1500		
1800		
2100	158	116
2400		
2700		
3000		

Dimensiones en mm	
B	C
593	18
598	8
618	18
623	8

Tabla 1. Dimensiones DID 632

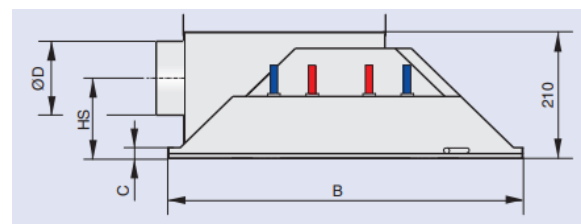
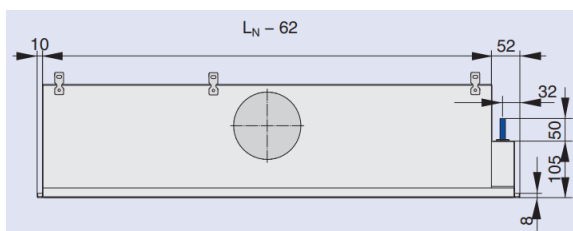


Ilustración 14. Dimensiones DID 632

B: Anchura marco frontal  
C: Altura del borde  
Ln: Longitud nominal  
HS: Distancia del frontal al eje de la tobera

### DID 312



Ilustración 15. DID 312

Dimensiones en mm
B
293
300
312

Tabla 2. Dimensiones

DID 312

Dimensiones en mm			
Ln	ØD	HS	H
900	123	134	140
1200			
1500			
1800			
2100	158	116	155
2400			
2700			
3000			

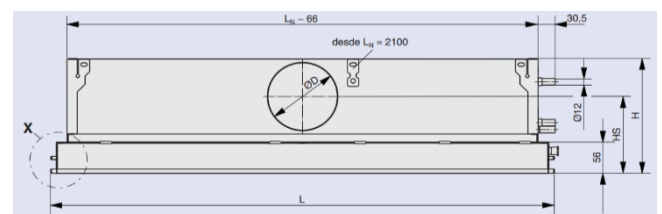
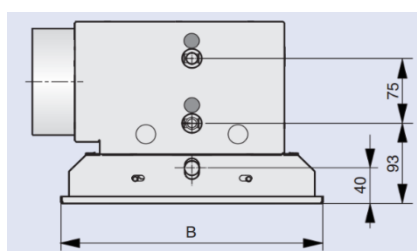


Ilustración 16. Dimensiones DID 312

Detalle X: En medidas B = 293/312, anchura del marco 8 mm. Si B = 300, anchura del marco 2mm.  
Ln: Longitud nominal  
B: Anchura del marco frontal

## Medidas especiales

Cabe añadir, que a pesar de ser los dos productos estandarizados, pueden sufrir modificaciones en pedidos especiales.

La medida más influyente será la anchura, ya que afectará directamente en el proceso de embalaje teniendo influencia directa sobre la forma de embalaje, cantidades de materiales a usar y tiempo de preparación. Estas modificaciones se han sufrido en el modelo DID 632, adaptando el producto y su empaquetado a una anchura de 900mm.

También puede haber unidades que constan de dos bocas plenum/toberas.

### 3. Previsión de ventas

Durante los meses de octubre, noviembre y diciembre de 2022 y enero febrero y marzo de 2023, se van a fabricar un total de 3615 unidades, siendo la mayor parte de unidades fabricadas del modelo DID632 y 284 unidades de la variante DID312.

		<i>oct-22</i>	<i>nov-22</i>	<i>dic-22</i>	<i>ene-23</i>	<i>feb-23</i>	<i>mar-23</i>	<i>Total</i>
DID632	900x900x593			24				24
DID632	900x900x598		2					2
DID632	900x900x900		12			7		19
DID632	1200X1200X593	17	3	247	206		19	492
DID632	1200x1200x598		38					38
DID632	1200X1200X900	70	39		49		110	268
DID632	1500x1500x593		56	110	107	197		470
DID632	1500x1500x900		273					273
DID632	1800x1800x593	118	162	86	25	7	2	400
DID632	1800x1800x598		18					18
DID632	1800x1800x900	2	40				472	514
DID632	2100x2100x593	1	5	4		94		104
DID632	2400X2400X593	81	48		6			135
DID632	2400x2100x900		6				14	20
DID632	2700x2700x593		16				19	35
DID632	2700x2500x900		8	438				446
DID632	3000x3000x593		9	24				33
DID632	3000x3000x900		40					40
DID 312	1800x1800x312		284					284
	<b>Totales</b>	<b>289</b>	<b>1059</b>	<b>933</b>	<b>393</b>	<b>305</b>	<b>636</b>	<b>3615</b>

Tabla 3. Previsión de ventas

Para organizar todos estos datos, se ha realizado el siguiente diagrama de Pareto, con el que poder asignar una prioridad; que versiones están abarcando un mayor número de ventas y por lo tanto serán de mayor interés.

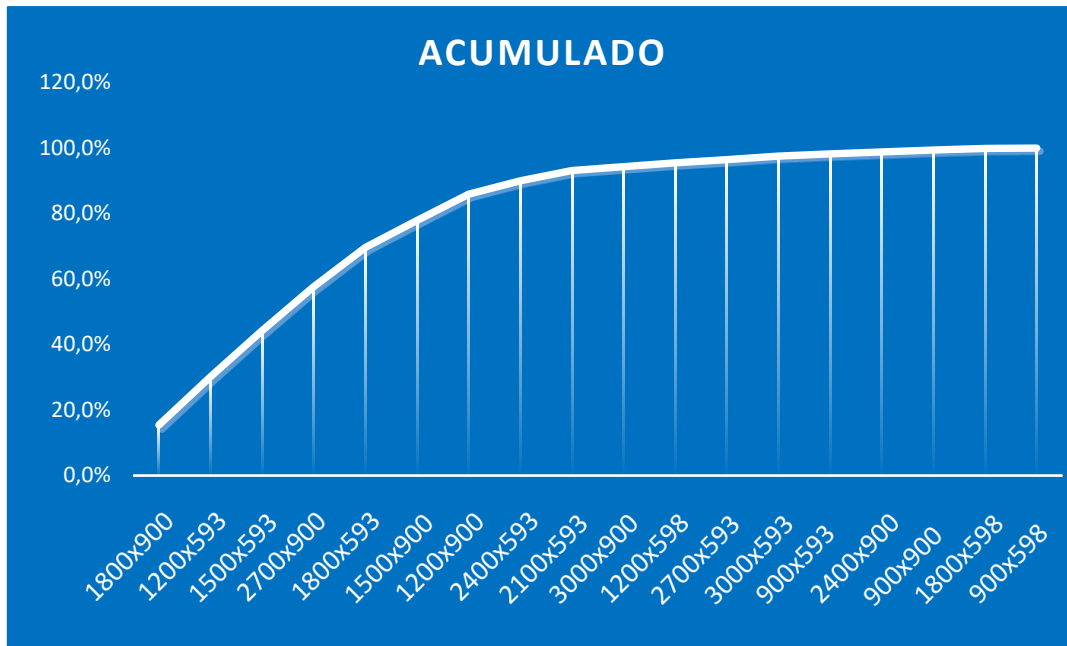


Ilustración 17. Diagrama de Pareto

Vemos como los 7 productos que más ventas tienen abarcan un 80% aproximadamente de las ventas, como vemos, entre las siete variantes más vendidas, encontramos 4 variantes en medida especial de 900 mm de ancho, por lo que a pesar de ser una medida especial y que podría inducir en el error de pensar que será algo minoritario, es todo lo contrario.

En este caso son las dimensiones de 1800 x 900, 1200 x 593, 1500 x 593, 2700 x 900, 1800 x 593, 1500 x 900 y 1200 x 900 mm, todos ellos en la variante DID 632.

El cálculo para dicho diagrama se desglosa en el Anexo 3 Cálculo diagrama de Pareto.

## 4. Situación actual

### 4.1. Materiales usados en el embalaje

#### Film protector

Su función es proteger la parte frontal del DID, esto es importante porque será la única parte vista por parte del cliente una vez esté instalado. Consta de una base de polietileno y otros aditivos plásticos, provisto de un adhesivo sensible a la presión y de fácil despegue. Se usa en formato de 600mm de ancho y 33 micras de espesor en color azul [4](Coefilm, s.f.).

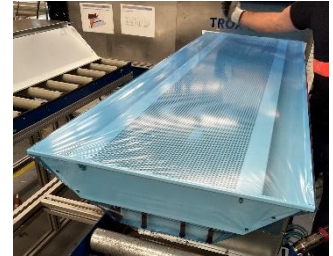


Ilustración 18. Film protector

#### Espuma separación batería/frontal

Esta espuma para filtros “FMR” [5] (Trox España S.A., s.f.) está hecha a base de fibra de vidrio y otras fibras químicas. Se corta en tiras de aproximadamente 15cm de ancho y 50cm de largo y es enrollada y pegada con cinta adhesiva. Se coloca entre la batería del dispositivo y el frontal evitando que el frontal toque la batería al igual que evita que los deflectores del frontal rocen la chapa de toberas que también está pintada.



Ilustración 19. Espuma separación batería/frontal

#### Madera

Es usada en diferentes etapas del embalaje, pero la podemos clasificar en tres funciones. La primera de ella es en los pallets y en todo el almacén exterior. El segundo de sus usos, la encontramos colocada entre las cajas, haciendo de separación de estas, y en la parte alta de los bultos, lo que llamamos tapa. Tanto las tapas como los pallets los encontramos en

Medidas en mm Pallets y tapas
1000 x 630
1200 x 630
1400 x 630
1900 x 660
2100 x 660

Tabla 3. Medidas pallets y tapas

diferentes medias. Y por último en la separación de los DID de dimensiones no estándar de 900mm de anchura.

Todos ellos con sus respectivas tapas en el mismo tamaño.

### Espuma de polietileno

Es de 1mm de espesor y es usada en los pedidos de medidas especiales. Colocando una primera capa en la base del pallet, y en tiras en las tablas de madera que separan los DID apilados. Su función es evitar posibles roces de la madera con el producto.



Ilustración 20. Espuma de polietileno

### Cartón

Lo encontramos principalmente en cajas donde van los DID de medidas estándar, exactamente dos unidades por caja. También hay separadores de cartón que se usan dentro de estas cajas para separar un DID del otro y además estos separadores se cortan en tiras de 8-10cm y se usan en los pedidos de medidas especiales entre las tablas de madera y la lámina de espuma de polietileno.

Las medidas de las cajas y separadores usados son los siguientes:

Medidas cajas en mm
1400 x 600 x 450
1600 x 630 x 450
2100 x 600 x 450

Medidas separadores en mm
1200 x 700
1650 x 900

Tabla 4. Medidas cajas de cartón y separadores

### Poliestireno expandido

Usado para sujetar las aletas de los de DID especiales de anchura 900mm, dado que la silicona necesita 24 horas para secarse el corcho asegura el contacto entre ambas piezas pegadas y de esta manera se puede embalar todo el bulto sin necesidad de estar seca.

Son tacos de 155x100x60 mm.



Ilustración 21. Tacos porexpán DID632 especial

## Fleje

En el caso de los DID todos aquellos equipos que no van en cajas, como son los de gran tamaño de 2700 o 3000mm de longitud y al igual que los de medida especial de anchura 900, se flejan todos para evitar que se muevan dentro del almacén de madera.



*Ilustración 22. Fleje*

## Cinta adhesiva

Usada para cerrar las cajas y para realizar los rollos de espuma que separan el frontal de la batería.

## Film automático

Para retractilar los pallets, se usa un film transparente de 23micras de espesor y 50cm de anchura con el que se envuelven los pallets para evitar la entrada de polvo, suciedad o humedad que pudiera dañar la mercancía.



*Ilustración 23. Film automático*

## Lámina polietileno

Se usan de capota en la parte superior de los pallets para que en caso de lluvia no pueda traspasar el agua. Se coloca una sola capa ya que su espesor es superior al del film de retractilar. En este caso es de galga 300, lo que equivale a un espesor de 75 micras.



*Ilustración 24. Lámina polietileno/Capota*

## 4.2. Formato de embalaje

Dada la gran variedad de configuraciones, se usan embalajes adaptados a las dimensiones de los equipos.

Actualmente, la serie DID 632 de medidas estandarizadas y de anchura 593 mm son transportados en cajas. Cada caja contiene 2 unidades separadas mediante una plancha / separador de cartón. Cada pallet se forma mediante dos cajas, con una tapa en medio que separa ambas cajas, y una tapa superior. A estas tapas se le añadirán el resto de tablas laterales que conformarán el armazón de madera que protege los equipos.



Ilustración 25. Montaje pallet con cajas

El método de embalaje por cajas, se usa desde la medida más pequeña de una longitud de 900 mm, hasta los 2400mm de longitud, en el que se emplea una caja de 2100 y otra de 1400, que se unen para crear una única caja.

En el caso de que la longitud de los equipos sea de 2700 o 3000 mm, estos se colocarán directamente sobre un pallet separados por tablas, con planchas de cartón y espuma de polietileno. Estos pallets serán de 4 unidades cada uno dado su volumen y peso.

Para las medidas de 598 se hace a elección del operario, dándose casos de ir embalados en cajas, siempre y cuando sean de medida inferior o igual a 2400mm, y si no se emplea el mismo método que para los DID de grandes dimensiones, en los que se apilan las unidades unas encima de las otras, en este caso a 5 alturas.

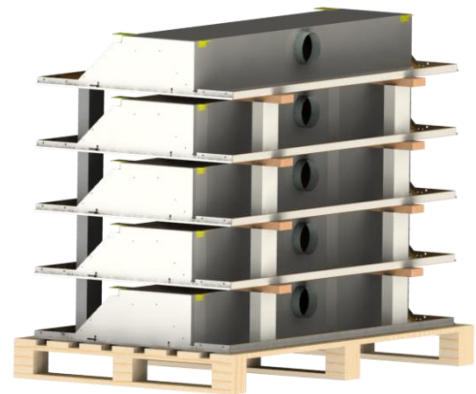


Ilustración 26. Montaje pallet DID632 especial

De la misma forma, los equipos especiales también se embalan apilando un equipo encima del otro a 5 alturas. La diferencia con los anteriores es que dada su anchura, se corre el riesgo de que la masilla que une la chapa de toberas, con la envolvente plenum, se encuentre sin secar completamente y se desprege, por eso se colocan los tacos de corcho a la vez que las

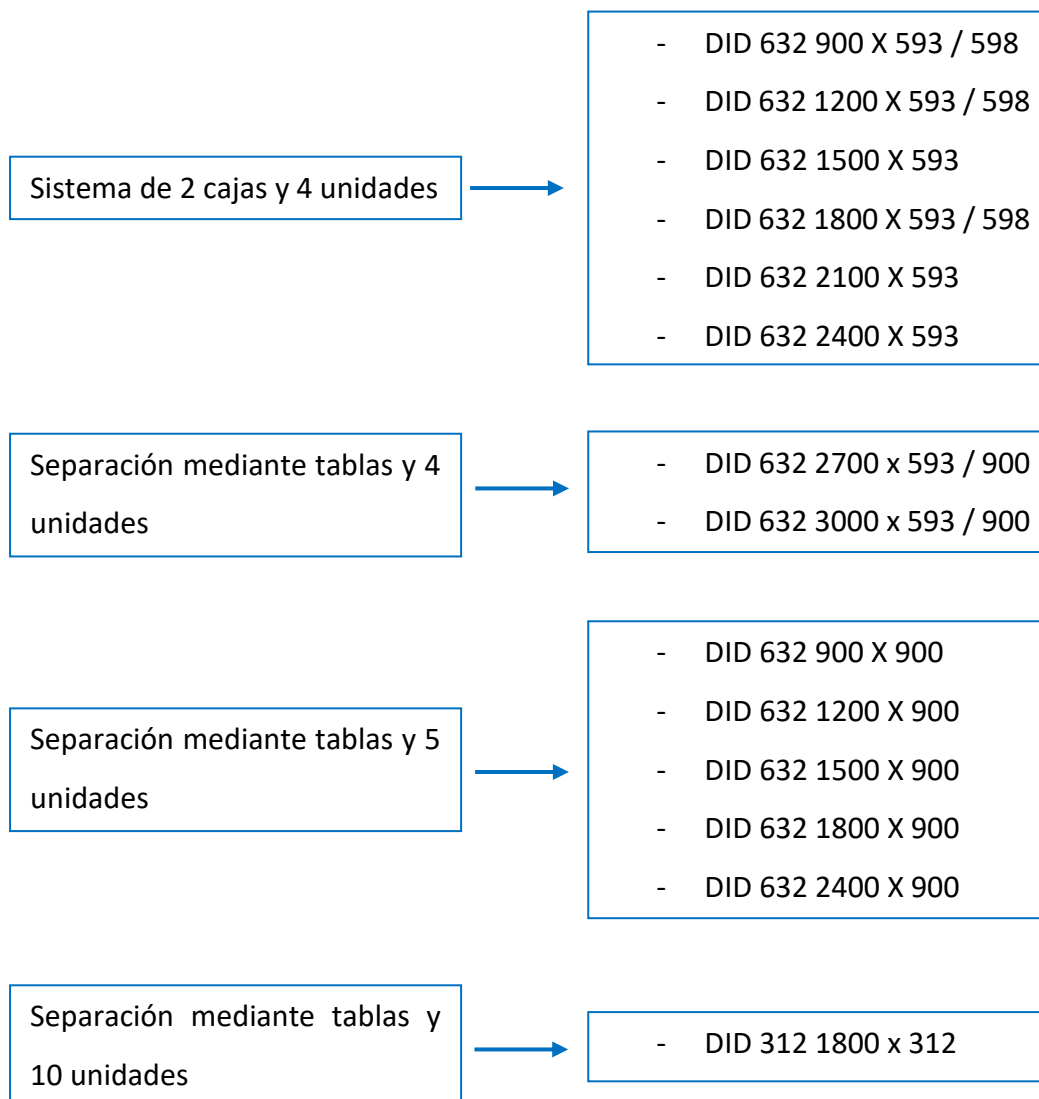
tablas de madera de separación junto con el cartón y la espuma de polietileno para separar los equipos.

En el caso del modelo DID312 en medida de 1800 x 312 mm, dado que su anchura es significativamente menor, se colocan en paralelo dos torres de 5 alturas, 10 unidades en total por pallet. Como en el caso de los anteriores, se separa mediante tablas de madera, cartón y espuma de polietileno.



Ilustración 27. Montaje pallet DID 312

### Resumen formato de embalaje



## 5. Análisis de fallos

### 5.1. Fallos durante el transporte

Los fallos ocurridos durante el transporte, han sido recabados de las reclamaciones existentes durante los últimos 6 meses. Cabe destacar que estos equipos tienen que viajar a lugares repartidos por diferentes puntos del territorio nacional, además de a países de la Unión Europea como Italia o Austria, y son viajes que siempre se hacen por carretera con lo que ello conlleva, baches, badenes, frenadas y aceleraciones... en los que un sinfín de oportunos pueden afectar al producto durante el trayecto ocasionando daños en caso de que el embalaje no sea óptimo. Esto repercutiría gravemente en los plazos de finalización del proyecto al que van destinados, ya que su colocación siempre tiene lugar en las últimas fases.

En total, se han revisado un total de 34 reclamaciones, estando relacionadas con el embalaje 5, lo que supone un 14,70% de las mismas, el resto son por otros motivos relacionados con la fabricación y el funcionamiento.

Los motivos de las reclamaciones han sido los siguientes:

1. Caída de los equipos en medida especial de 900 mm dentro del armazón
2. Deslizamiento de los equipos
3. Pintura arañada en la chapa de toberas
4. Deformación de la tobera

Reclamación	Nº reclamaciones	Porcentaje
1	1	20%
2	2	40%
3	1	20%
4	1	20%

Tabla 5. Número de reclamaciones



Ilustración 28. Caída de equipos

Para intentar prevenir estos fallos de cara a futuro, vamos a realizar un Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) donde analizaremos los posibles modos potenciales de fallo en el embalaje de los equipos y calcularemos el parámetro NPR (Número de Prioridad de Riesgo).

Este parámetro, nos indicará la prioridad de estos fallos, para evitar que se reproduzcan en el futuro o disminuir su ocurrencia, generando medidas correctivas y evaluando la efectividad de estas mediante un nuevo NPR. La valoración, se ha asignado siguiendo lo especificado en el Anexo 2 Proceso del Análisis Modal de Fallos y Efectos.

Proceso	Modo de fallo	Efectos del fallo	Causas del fallo	O	G	D	NPR
Transporte de los equipos por carretera	Movimiento de los equipos una vez flejados	Caída y rotura	Los materiales resbalan uno contra el otro y con el DID	4	6	5	120
	Caída de las unidades especiales de 900 mm durante el transporte	Rotura de los equipos	Los tacos que sujetan las aletas se mueven o se caen desestabilizando la mercancía	3	8	6	144
	Roce entre deflectores y chapa de toberas	Defectos superficiales	Incorrecta separación entre ambas partes	5	5	4	100
	Deformación tobera	Arreglo o sustitución de la pieza	Tobera desprotegida	2	6	4	48

Tabla 6. AMFE Prioridad de fallos

Una vez obtenidos los Números de Prioridad de Riesgo, seleccionamos aquellos que el resultado de es mayor a 100, por lo que a continuación se propondrán acciones de mejora que ayuden a la minimización de reducir el movimiento de los equipos una vez flejados, evitar la caída de los equipos especiales de anchura 900 y evitar el roce de los deflectores con la chapa de toberas.

Modo de fallo	Acciones de mejora	Medidas	O	G	D	NPR
Movimiento de los equipos una vez flejados	Reducción de la variedad de materiales	Unificar variedad de componentes	3	6	4	72
	Separador único	Embalaje a medida	2	6	4	48
Caída de las unidades especiales de 900 mm durante el transporte	Rediseño del modelo de sujeción	Rediseño de la versión actual	3	7	4	84
	Diseño de un nuevo soporte	Diseño de un nuevo soporte que siga el perfil del producto	3	7	3	63
Roce entre deflectores y tapa de toberas	Cambio del elemento separador	Cartón de panel de abeja que no se aplaste	3	5	2	30
	Aumento del espesor del material actual	Aumentar la cantidad de material usada para conseguir mayor altura de separación	2	5	4	40

Tabla 7. AMFE Acciones de mejora propuestas

Una vez propuestas las acciones de mejora, se vuelve a evaluar los índices de gravedad, ocurrencia y detección y se recalcula el nuevo Número de Prioridad de Riesgo.

Como las acciones de mejora, han resultado un NPR menor de 100, podemos afirmar que las acciones son satisfactorias para minimizar los modos de fallo.

## 5.2. Problemas relacionados con el embalaje en fábrica

Estos problemas internos han sido recabados por varias vías. En primer lugar, mediante la observación no participante del proceso con el que identificar puntos mejorables. Este tipo de observación directa permite tener una visión global y no contaminada al estar desvinculado del proceso.

En segundo lugar, mediante la comunicación continua con operarios y responsables de producto, ya que son los encargados trabajar todos los días en el montaje, y embalaje de los DID todos los días.



### Cantidad de madera

El tener una gran variedad de configuraciones, obliga a tener cierta flexibilidad en el embalaje. Existen diferentes medidas de pallets, y tapas, pero no es suficiente para cubrir todo el rango de medidas por lo que se tienen que hacer añadidos a pallets que se compran, como a las tapas, para poder adaptarlos a la medida deseada, y si esto no es posible, se hace tanto la tapa como el pallet desde cero a medida. Es por eso por lo que el uso de madera es un continuo y la cantidad de madera usada es elevada como se detallará en el Anexo 4 Consumo de madera inicial. Esto implica que existan desperdicios de retales que no se pueden aprovechar y que son desechados. Además de la pérdida de tiempo que supone estar constantemente cortando a medida tablas de madera cuya longitud original es de 3 metros.



*Ilustración 29. Tablas y retales de madera*

## Roce entre los deflectores y la chapa de toberas

La separación entre ambas partes se está realizando mediante recortes de espuma para filtros FMR [5] (Trox España S.A., s.f.). Esto implica que es el operario el que se encarga de realizar los rollos con la espuma, pudiendo inconscientemente, apretarlos más o menos, por lo que una vez se coloque el frontal, se aplastarán más o menos. En caso de aplastarse demasiado, provocaría que los deflectores laterales de plástico rozaran contra la chapa de toberas pintada pudiendo deteriorarla.



*Ilustración 30. Roce entre deflectores y chapa de toberas*

## DID especiales 900 mm

Estos equipos al ser más anchos y tener las aletas una mayor anchura, se corre el riesgo de que la chapa de toberas, que va adherida a la envolvente del plenum por masilla de poliuretano, se despegue.

Esta masilla necesita 24 horas para secarse correctamente y es un tiempo que por espacio físico y logístico, no pueden estar esperando en un sitio tanto tiempo. Es por eso por lo que para evitar el riesgo de que durante su embalaje y transporte se despeguen ambas piezas, se montan unos tacos de corcho con dos tablas de madera que cruzan el producto. De esta manera se presionan ambas piezas para que se vaya secando la silicona a la vez que evitamos posibles curvaturas en la chapa que queda en voladizo.

Estos tacos de corcho tienen unas dimensiones de 155x100x60 mm. Además de evitar que ambas partes se separen, también sirven para darle estabilidad al bulto a la vez que evitamos que se pudieran llegar a doblar las piezas. Este sistema de sujeción es peligroso por el hecho de que, si el corcho se coloca torcido o se mueve, se pueden caer los DID y dañarse.



*Ilustración 31. Silicona sin secar DID632 especial*

Otro de los riesgos que supone este sistema, es que las tablas que se colocan encima de los soportes se muevan o se coloquen descentradas, haciendo que el soporte se desestabilice y se caiga o se rompa.

Estos corchos, vienen en tiras largas y lo cortan los operarios de embalaje o el responsable que haya en el turno correspondiente.



*Ilustración 32. Tacos DID 632 especial movidos*

### Zonas desprotegidas

En los testeros, no se está siguiendo un criterio fijo como se puede ver en la ilustración 33. Ante un golpe, se vería afectado nuestro producto, ya sean los propios laterales, como los tubos de las baterías.

En ocasiones van protegidas pero otras veces no, o no todas por el armazón, ya que se siguen diferentes criterios a la hora de colocar los refuerzos laterales cuando se confeccionan los armazones de madera. En el caso de que un operario o transportista fuera a cargar el pallet, con las uñas del toro mal niveladas, podría impactar directamente contra los DID sin darse cuenta.



*Ilustración 33. Testeros*

## Separación por tablas

Por culpa de los fallos derivados del movimiento de los equipos durante el transporte, se aumentaron las tensiones de los flejes para evitar este deslizamiento.

Esto provocó que las separaciones de madera, al no tener capacidad de compresión, hiciera que el frontal se desalineara respecto a las tapas laterales. Esto es un problema grave ya que cuando el equipo este colocado en el techo se apreciaría claramente esta desalineación. Por lo que cualquier equipo con este defecto no puede salir de las instalaciones hacia un cliente.



*Ilustración 34. Desajuste del frontal*

## 6. Resolución de problemas

### 6.1. Propuestas de mejora

#### Cambio en el orden de los bultos dentro del almacén

Con la idea de conseguir optimizar los bultos para reducir el consumo de materiales, se ha probado un cambio en la agrupación de los equipos DID 632 en los pallets.

Se pretende eliminar las cajas y pasar a bultos de 6 unidades. La colocación de las unidades acabaría siendo la siguiente: la primera unidad se colocará boca arriba, evitando que el pallet pueda dañar la cara frontal, separación mediante tabla de madera y cartón, colocando el segundo DID mirando hacia abajo, separación con plancha de cartón, y el tercer DID con el



Ilustración 35. Propuesta cambio en el orden

frontal mirando hacia arriba, nuevamente separación mediante tabla de madera y cartón con el cuarto DID mirando hacia abajo, seguido de separación mediante plancha de cartón. La quinta unidad mirará hacia arriba, separación nuevamente mediante madera y cartón y la sexta unidad mirará hacia abajo. Se consigue que todas las caras delicadas, estén separadas mediante tablas y cartón, y las partes sin pintar únicamente con planchas de cartón.

#### Separación frontal / batería

Para conseguir la separación mínima entre el frontal y las baterías, se hicieron diferentes pruebas.

1. Se ha probado a separar ambas piezas con cartón de nido de abeja de espesor 30mm en medida de 100 x 150 mm. Este panel de nido de abeja se ha obtenido del embalaje en el que vienen las baterías que montan los equipos, con la idea de poder reciclar los que estuvieran en buen estado.



*Ilustración 36. Prueba 1 separación batería/frontal*

2. Se volvió a probar con el panel de abeja para este uso, pero en este caso, se buscó un proveedor externo. Fue la empresa ANPER S.A. [6] (Sistemas de Embalajes ANPER, s.f.).

Al igual que en el caso anterior, se conseguía una separación uniforme entre los deflectores y la chapa pintada, pero a la hora de atornillar el frontal a los laterales había que presionar ligeramente a pesar de que el espesor teórico de la plancha era la misma que en el caso 1.

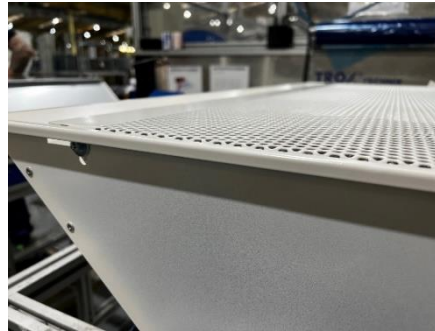


*Ilustración 37. Prueba 2 separación batería/frontal*

3. Por último, como tercera prueba se probó con el mismo material que se estaba usando en la actualidad, pero aumentando el espesor de la espuma para filtros FMR de 10 mm a una espuma de 20 mm.

El resultado es que los deflectores no tocan con la chapa de toberas una vez se escachan por el peso del frontal.

Dado que esta espuma son retales que se reutilizan, en el caso de que no hubiera de 20 mm, se probó con dos de 10 mm y el resultado fue satisfactorio igualmente.



*Ilustración 38. Prueba 3 separación batería/frontal*

### Separadores DID 632 estándar

Con el objetivo de reducir la cantidad de materiales y simplificar el proceso, se ha propuesto eliminar la madera, el cartón y la espuma de polietileno para separar los equipos, ya que de esta manera se reduce el tiempo de colocación de los diferentes materiales, además, se reduce el tiempo de preparación de estos ya que la madera viene en tablas de 3m que hay que cortar, el cartón en planchas y la espuma viene en un rollo de metro y medio de ancho. Esto también repercutiría en la eliminación de las cajas de cartón.

1. En primer lugar, se probó con unos equipos de 1200 x 598mm usando para separar un bulto de 6 unidades dos separadores, de 10 mm cada uno, reutilizados del embalaje en el que habían venido las baterías de los inductores, para conseguir una altura de 20mm formada por dos torretas, entre equipo y equipo. En el momento inicial el panel de nido de abeja estaba aguantando, pero en el momento en que se flejaron los DID el cartón que separaba los dos equipos inferiores se empezó a doblar ligeramente.



*Ilustración 39. Prueba 1 separadores DID 632*

Este bulto, como permaneció dos días en la fábrica, se pudo observar pasado este tiempo y aunque los equipos en ningún momento llegaban a contactar por ninguna

zona, se corría el riesgo de que durante el transporte se moviera un equipo respecto del otro y pudieran ocasionar una caída. Por lo que este espesor de cartón fue descartado.



*Ilustración 40. Resultado prueba separadores DID 632*

2. Como en el caso número 1, se recurrió al panel de nido de abeja para la separación de los inductores. En este caso, la medida de los equipos era de 1800 x 593 mm. Para esta prueba, se contó nuevamente con una muestra de panel de nido de abeja de la empresa [6] (Sistemas de Embalajes ANPER, s.f.), que a diferencia de la prueba anterior, este era de 30mm de espesor.

Dada la mayor longitud de los equipos, se colocaron a lo largo tres cartones para tener tres puntos de apoyo, en medida de 650 x 150 mm dado que estos equipos también tienen un peso superior.

Los resultados obtenidos iniciales parecían ser satisfactorios ya que el cartón estaba aguantando el peso de los equipos, y la tensión de los flejes. Pasado un día, al igual que en el caso anterior, pero en menor medida, el cartón se acabó aplastando ligeramente.



*Ilustración 41. Prueba 2 separadores DID 632*

3. Por último, dado que los problemas no se estaban consiguiendo solucionar, se decidió por diseñar unos separadores con la ayuda del programa Solid Works, que copiaran la forma de los equipos, agilizando más aun el proceso de embalaje que si se usaran los paneles de nido de abeja ya que estos hay que cortarlos y los separadores vienen ya a la medida. Sirven para todos los tipos de DID632 de medida estándar. Estos separadores al estar hechos a la medida del equipo, conseguirán fijar mucho más las unidades para evitar movimientos de deslizamiento durante el transporte.

Se fabricarán en poliestireno expandido, ya que es un material que tiene capacidad de absorción de impactos, tiene capacidad de compresión para cuando sea flejado no romperse, que a diferencia del cartón de panel de abeja que como se ha visto debido a la compresión se acababa escachando, y no desalinea el frontal como lo hacía la madera. Además, es resistente a la humedad, en contra de lo que ocurre con el cartón que, en el caso de entrar en contacto con agua, implicaría la caída de los equipos.

Asimismo, dada su forma especial para conseguir adaptarse a todos los salientes, se fabricará mediante hilo caliente. El encargado de realizar estos separadores será Papesa Nuevo Milenio [7] (Papesa Nuevo Milenio, s.f.).

Debido a este tipo de separadores, se ha tenido que ampliar la anchura de los pallets y tapas a 800mm.



Ilustración 42. Prueba 3 separadores DID 632

## Separadores adaptados DID 632 especiales

Para evitar los problemas actuales encontrados con los tacos de poliestireno expandido de inestabilidad a lo que se le suma el factor humano del que depende con la precisión con la que se colocan todos materiales.

1. Se ha modificado el sistema actual, por unas torretas de la anchura que deja el hueco de la aleta para evitar movimientos y se ha realizado un canal por el que colocar el travesaño que cruza el DID, de esta manera la zona delicada por la silicona fresca, sigue presionada, pero ganamos en estabilidad y en precisión a la hora de colocar los travesaños. Estos tacos tienen una base de 150 x 150 mm y una altura de 240 mm; la hendidura central es de 75 mm de ancho y una profundidad de 30 mm.

Las muestras nuevamente, se le han encargado a Papesa Nuevo Mileno [7] (Papesa Nuevo Mileno, s.f.).

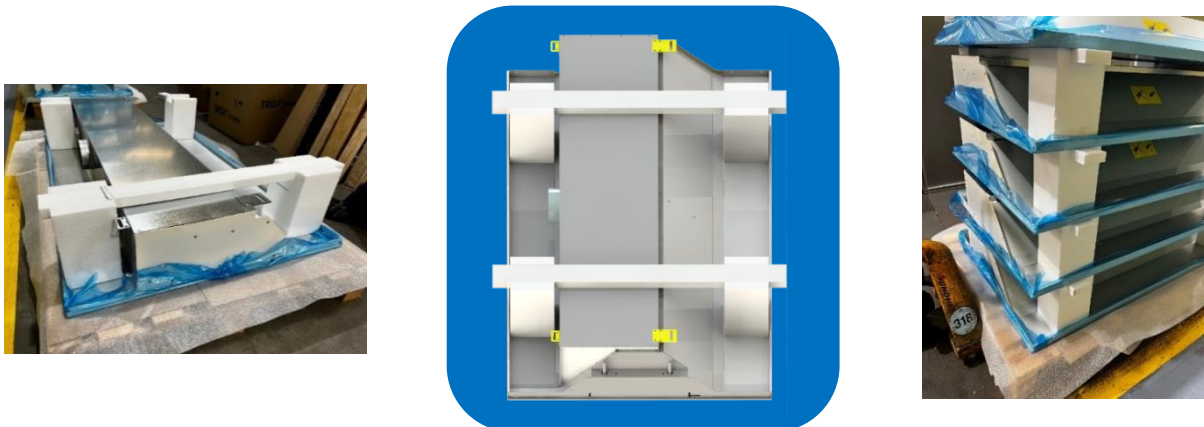


Ilustración 43. Prueba 1 separadores DID 632 especiales

2. Al igual que con los equipos de medidas estándar, también se ha realizado el dimensionado del separador, pero no se ha llegado a materializar esta propuesta debido al buen funcionamiento de la propuesta anterior y ante la imposibilidad geométrica de poder unificar ambas medidas bajo un único separador.

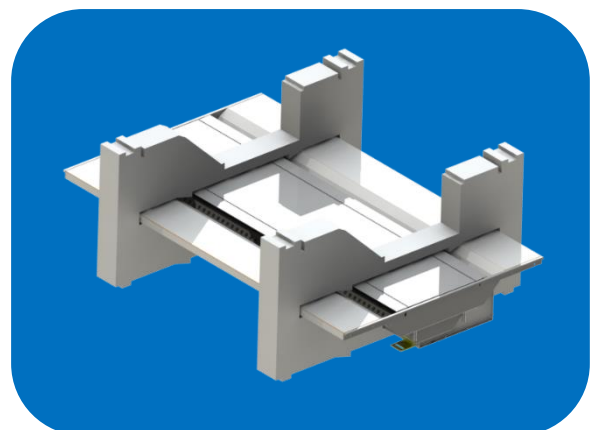
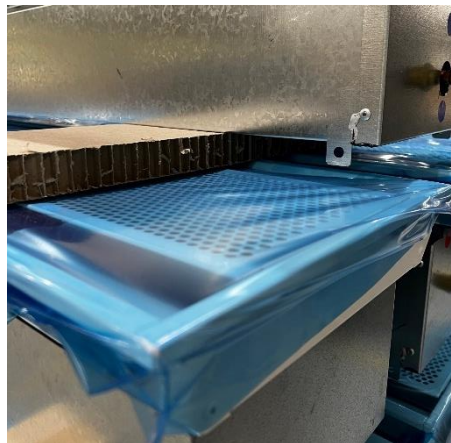
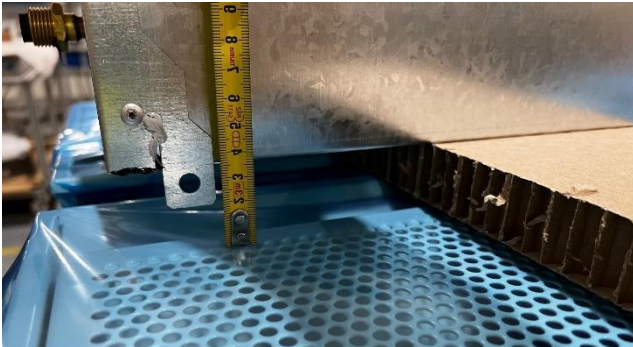


Ilustración 44. Prueba 2 separadores DID 632 especiales

## Separadores DID 312

A la hora de replantear la separación entre estos inductores, se debió tener en cuenta la forma de las patillas con las que se sujetan los equipos una vez están colocados en los falsos techos dado que a diferencia del modelo DID632, estas sobresalen del cuerpo.



*Ilustración 45. Prueba separadores DID 312*

Se probó con el cartón de nido de abeja de la empresa [6] (Sistemas de Embalajes ANPER, s.f.) de espesor 30mm, consiguiendo una separación suficiente, quedando la patilla a casi 20mm. Los resultados fueron satisfactorios, pero no concluyentes ya que no se pudo formar el pallet usando por completo dicho material. Y dado que el único mes que se fabricaron fue en noviembre y no había nuevas previsiones, no se han podido volver a hacer pruebas.

## Madera

Dado que se usa en tantos puntos diferentes, se dividirá en dos partes; por un lado, los pallets y las tapas y por otro lado la madera empleada en la separación de los equipos.

En el caso de los pallets y las tapas con el objetivo de reducir la cantidad de retales desechados de la adaptación y fabricación, se ha consultado con el proveedor habitual [8] (Maderas Enguita, s.f.) la posibilidad de fabricar pallets y tapas en las siguientes medidas:

<b>Pallet DID estándar (mm)</b>	<b>Tapa DID estándar (mm)</b>	<b>Pallet DID especial (mm)</b>	<b>Tapa DID especial (mm)</b>
1000 x 800	1000 x 800	1000 x 1000	1000 x 1000
1300 x 800	1300 x 800	1300 x 1000	1300 x 1000
1600 x 800	1600 x 800	1600 x 1000	1600 x 1000
1900 x 800	1900 x 800	1900 x 1000	1900 x 1000
2100 x 800	2100 x 800	2100 x 1000	2100 x 1000
2500 x 800	2500 x 800	2500 x 1000	2500 x 1000
2800 x 800	2800 x 800	2800 x 1000	2800 x 1000
3100 x 800	3100 x 800	3100 x 1000	3100 x 1000

Tabla 8. Nuevas dimensiones pallets y tapas

De esta forma ahorraremos tiempo de fabricación y evitaremos generar retales en la fabricación. Además, con la medida de 800 mm sirve tanto para todas las anchuras estandarizadas. Según la previsión de ventas, se tendrán que fabricar a mano un total de 586 pallets y 698 tapas con la distribución actual, comprándose solamente un total de 179 pallets y 67 tapas ya que las dimensiones de pallet comprados que se estaban empleando a los cuales se les hacían añadidos son los siguientes: 100 x 630, 1400 x 630, 2100 x 660, 1900 x 660, 1450 x 950 y las medidas de las tapas compradas son las siguientes: 1000 x 630, 1400 x 630, 2100 x 660 y 1400 x 950.

Estas medidas de pallets y tapas se han establecido en función de los separadores que utilizan cada modelo y de la longitud del inductor. En el caso de los DID632 estándar, el separador tiene una anchura de 800 mm y en cuanto a la longitud se ha dejado un margen de 100 mm, mientras que para los equipos de medias especiales, la anchura y la longitud tienen un sobre dimensionado de 100mm.

Respecto al uso de tablas para la separación de los equipos, hemos visto como ha supuesto problemas en su uso, deformando el frontal al no conseguir fijar correctamente las piezas y resbalando entre ellas. Por lo que este tipo de separaciones se eliminan para el modelo DID 632.

## Film reciclado

Se buscaron diferentes alternativas para sustituir al film actual de 23 micras, por una alternativa más sostenible, ya que el actual únicamente es reciclable.

En esta búsqueda se encontraron dos vías posibles, la del film biodegradable y el film compuesto por un porcentaje de materiales reciclados. La opción del film biodegradable se descartó porque según comentaba un comercial de la empresa Embaala, “el film biodegradable lleva un aditivo que a los dos años aproximadamente se convierte en un polvo que es contaminante y que no se puede

reciclar” comentaba el comercial de la empresa Embaala, 2022 [9] (Embaala, s.f.). Además de esta problemática, nos encontramos ante la falta de materiales, y es que a pesar de que en varias páginas se podía encontrar ofertado, no era posible conseguir material. Debido a esto, se decidió optar por film compuesto de material reciclado, que a pesar de que la demora para conseguir material era larga, sí que se podía conseguir

Por lo que hablando con diferentes proveedores, se optó por un film compuesto en un 30% de material reciclado y 17 micras de espesor [10] (Sistemas de embalajes ANPER, s.f.) con la intención de reducir la cantidad de kilos empleados. Este 30% es el máximo encontrado ya que aumentar ese valor, significaría una pérdida de propiedades, principalmente se vería afectado el porcentaje de estiramiento. En el caso del film actual el estiramiento máximo es de 180% como en el caso del nuevo film, pero las especificaciones indican que lo mejor es no trabajar por encima de un 150%. Las fichas técnicas de ambos productos se encuentran en el Anexo 14.



Ilustración 46.  
Film automático reciclado

## Capota lamina de polietileno reciclado

Se solicitó una muestra a la empresa [11] (Sistemas de Embalajes ANPER, s.f.), para sustituir el material actual de galga 300 (75 micras) y reciclable, por un material más sostenible, que como en el caso del nuevo film, este compuesta por material reciclado. En este caso, reducimos el espesor a una galga 200 (50micras) y con un 60% de material reciclado. Este



Ilustración 47. Lámina polietileno reciclada



Ilustración 48. Prueba  
lámina polietileno reciclada

aumento en el porcentaje de material reciclado se debe a que no necesitamos elasticidad en el material.

Para comprobar su desempeño, resistencia a las inclemencias meteorológicas y poder realizar la prueba sin correr ningún riesgo sobre los DID mientras se testea en unas condiciones desfavorables, se colocó la capota en un climatizador antiguo a la intemperie durante una semana, con el objetivo de comprobar al cabo de estos días si había sufrido algún tipo de daño.

## 6.2. Conclusiones propuestas de mejora

### Tapas y pallets

Tras hablar con el proveedor habitual de madera [8] (Maderas Enguita, s.f.) y proponerle las medidas de pallets y tapas mencionadas en el apartado de soluciones propuestas, se tuvo la confirmación de que sí que se podían fabricar.

El precio además es muy similar a lo invertido en material anteriormente para fabricar la mayoría de pallets y tapas, que se hacían a mano principalmente o se le hacían añadidos a los pocos tamaños que se compraban. Esto conlleva un ahorro de 1051,5 € como se desglosa en el Anexo 9 Nuevo Consumo de Pallets y Tapas, pero sobre todo y más importante es el tiempo que se va a ahorrar en la fabricación de dichas partes.

La fabricación de cada pallet implica un tiempo de 6 minutos por 3 minutos de las tapas. Con la externalización de la fabricación, supone un tiempo ahorrado de 3516 minutos en la fabricación de pallets y 2100 minutos en la fabricación de tapas, resultando un total de 94 horas. Dado que estos pallets no son en medida de pallet europeo, para comprobar su deformación se ha sometido a un análisis mediante el programa Solid Works un pallet en medida 1000 x 600 en la que aplicando una carga superior a la soportada habitualmente de

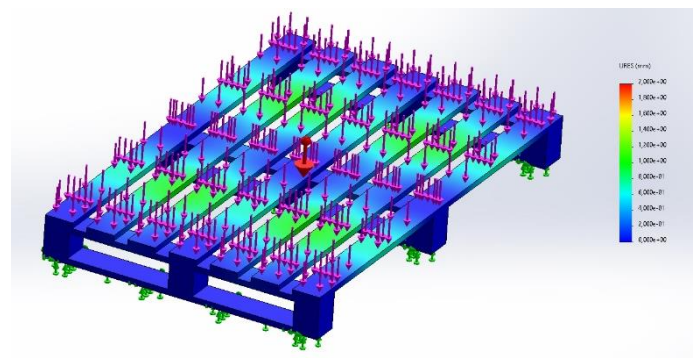


Ilustración 49. Prueba Solid Works deformación pallet

450kg, con una distribución uniforme. La deformación sufrida ha sido de 1mm en las zonas que se encuentran entre los tacos del pallet como se puede ver en la ilustración 49.

Cómo tanto estas tapas como los pallets, serán usadas para envíos extracomunitarios, deberán cumplir la normativa [12] (Convención Internacional de Protección Fitosanitaria, 2018).

### Separación batería / frontal

Tras las diferentes pruebas realizadas con el cartón de panel de abeja y analizar las situaciones con los responsables de producto en fabrica, se ha decidido seguir usando los rollos de filtros por varios motivos, pero a diferencia de antes con el doble de espesor para conseguir una separación óptima entre batería y frontal.

El primero de ellos y ha sido porque junto con el responsable de producto en fábrica, se observó que al usar el cartón de panel de abeja, se corría el riesgo de que durante el transporte las lamas de la batería se pudieran doblar o dañar, dado que tanto la batería como el frontal estaba en contacto directo con el cartón.



Ilustración 50. Correcta separación batería/frontal

Y, en segundo lugar, dado que esta espuma para filtros, son retales que se producen en la propia fábrica y que van a ser desechados porque no sirven ya por medidas para su labor, se le da una segunda vida a un producto que supone en este caso un coste 0€ y estamos reutilizando este material para otra tarea.

### Separación entre unidades estándar

Las pruebas enfocadas a un cambio en la metodología de separación de las unidades estaban promovidas por dos motivos, en primer lugar, garantizar la seguridad de los equipos durante su transporte y segundo, implantar un sistema que fuera eficiente. Es por eso por lo que se probó a separar las unidades con diferentes tipos de materiales, e intentando usar solo un tipo de material para esta labor.



Ilustración 51. Nueva separación DID 632

También se ha probado a recolocar los equipos dentro de los bultos.

Finalmente, se ha decidido implantar los separadores de poliestireno expandido para crear bultos de 4 unidades. Esto se debe a que las cajas de los camiones [13] (DSV, s.f.) en los que se transportan los bultos tienen habitualmente 2,70m de altura y si son caja mega 2,90m por lo que es la forma más efectiva remontando los bultos para poder llevar a destino la mayor cantidad de unidades por viaje.



Ilustración 53. Camión tráiler de lona DSV

Ilustración 52. Nuevos bultos 4 Uds.

Estos camiones recorren largos trayectos hasta países del centro de Europa, donde la distancia ida y vuelta es de más de 3500 kilómetros, por lo que es importante optimizar las cargas, no solo a nivel económico sino a nivel medio ambiental, consiguiendo de esta manera un ahorro en las emisiones de CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> de un 47,56% y 45,51% respectivamente. Cálculo en el Anexo 12 Cálculo de Emisiones.

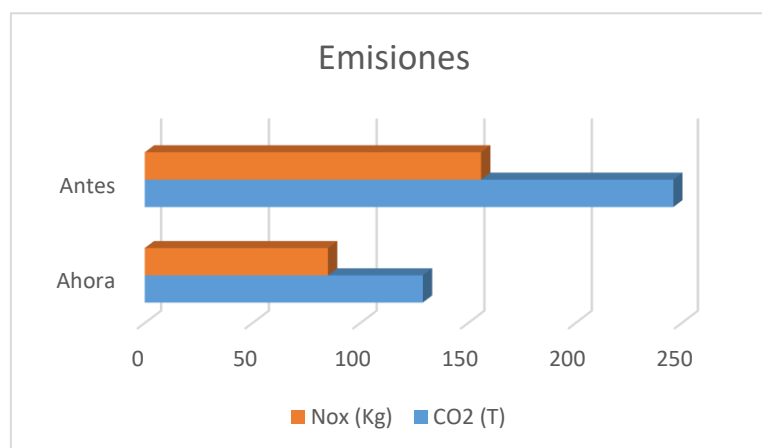


Ilustración 54. Emisiones CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>

## Film retractilado 30% reciclado

Una vez probado la muestra del nuevo film con un 30% de material reciclado, se puede afirmar que cumple con los requisitos y es que a pesar del descenso del micraje, no se ha rajado mientras se enfardaban los bultos ni posteriormente en su almacenamiento.

Dada su diferencia de micraje con el film anterior 23 frente a 17, conseguimos que se reduzca en 7,22kg el consumo de film a pesar de que las dimensiones de los bultos actuales son superiores a los anteriores. Además, a pesar de tener un precio por kg de material más alto, el coste final es más barato. Esto se debe a que como está fabricado con un 30% de material reciclado, está exento de pagar el nuevo impuesto [14] (Boletín Oficial del Estado, 2022) para envases plásticos no reutilizables según indica la nueva Ley de residuos y suelos contaminados para una economía circular, correspondiente al 30% de material reciclado.

## Lamina polietileno capota

Tras la semana de prueba que la muestra estuvo colocada en un climatizador, los resultados han sido satisfactorios. Los requisitos que se buscan en este tipo de producto es que sean aislantes a las inclemencias meteorológicas, siendo resistente a la humedad y al agua y que no se raje una vez está colocado o por culpa de las rayas de viento.

Durante los días colocado, ha sufrido lluvias que las ha soportado perfectamente. Además de encontrarse en la calle, el equipo donde se probó no tenía los paneles superiores, por lo que el agua caída se ha acumulado



*Ilustración 55. Resistencia al agua nueva lámina polietileno*

tensionando el material, situación que en la realidad no se produciría, dado que la superficie superior es uniforme. Como en el caso anterior, estamos ante la situación de que es un



*Ilustración 56. Vista general nueva lámina polietileno*

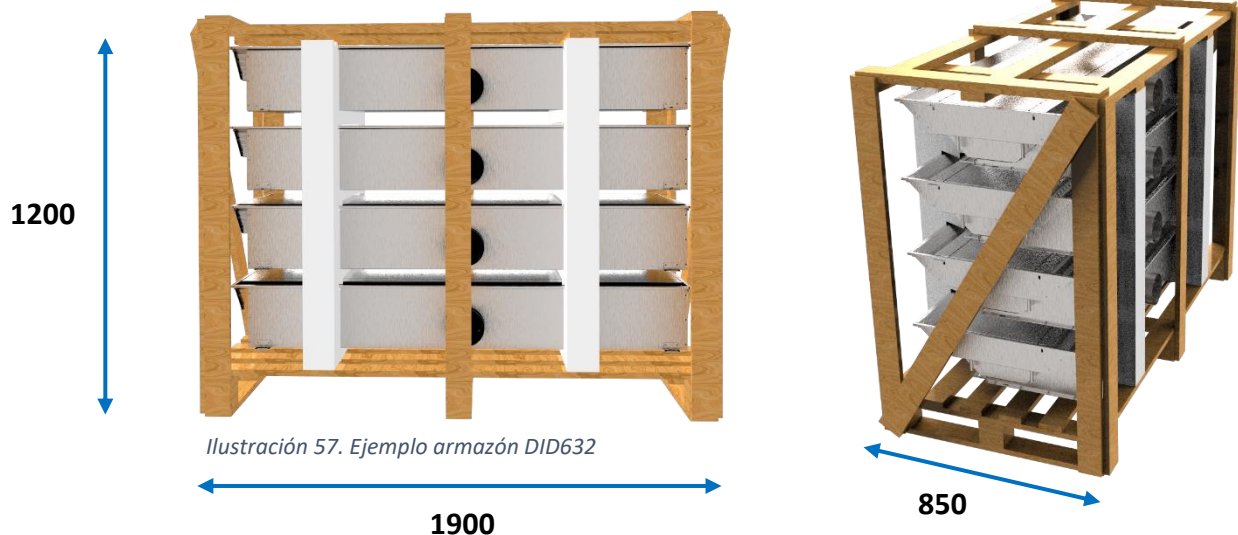
material más caro que el que se usaba en anterioridad, pero dado a que este material está compuesto de un 60% de plástico reciclado, está exento de pago del impuesto que estipula la nueva ley de residuos y suelos contaminados para una economía circular [14] (Boletín Oficial del Estado, 2022).

## Armazón de protección

Para mejorar la seguridad de los equipos dentro del armazón, a la vez que este tenga estabilidad y firmeza para poder colocar otro bulto remontado encima, se ha fijado la siguiente disposición.

Habrán dos tablas haciendo la función de esquinero en cada una de las 4 esquinas para darle soporte a la estructura. En los laterales, las tablas irán colocadas en posición vertical, de esta manera evitaremos que, al llevar un pallet con las uñas del toro dañar los equipos de otro pallet. Hasta la medida de 1800mm, se utilizará una única tabla central, para 2100 hasta 2700, dos tablas centrales, y para la medida de 3000, tres tablas en el lateral.

Para los testeros, se ha decidido junto con el equipo de expediciones colocar una tabla en diagonal, ya que de esta manera se le da mayor estabilidad a diferencia de una tabla recta como en el lateral, también el lateral queda protegido a diferencia de alguna ocasión que la tabla en los testeros iba colocada a media altura en posición horizontal.



### 6.3. Valoración de los operarios

Respecto a la valoración de los operarios, la agruparemos en los operarios de montaje y los operarios de expediciones.

#### Operarios de montaje

Los operarios de montaje son los encargados como su nombre indica de montar todas las piezas del producto, pero también son los encargados del embalaje que está en contacto directo con el producto. Estas partes del embalaje, engloba a la espuma que separa la batería del frontal, tanto de la colocación como de la preparación de los rollos, colocar el film protector del frontal, poner la base de cartón en los pallets, e ir colocando las unidades en el pallet junto con sus separadores o materiales de separación.

Respecto a los cambios implementados, la opinión es de satisfacción, a pesar de que respecto al film protector y a la espuma para la separación de la batería y el frontal no ha habido cambios sustanciales, con respecto a los nuevos separadores sí que están contentos. Y están contentos porque pierden mucho menos tiempo colocando los diferentes materiales en el caso de los DID especiales e intentando colocarlos lo mejor posible, también hay un ahorro de tiempo del preparador que se encarga de recortar el cartón y la espuma de polietileno. La eliminación de las cajas no les ha supuesto tampoco un gran cambio salvo con las versiones DID632 598 ya que la anchura de la caja y de la unidad era muy ajustada y era costoso colocar las unidades cuidadosamente. También respecto con la medida de 2400mm del DID 632 que iba en dos cajas unidas era un engorro el tener que unir ambas cajas, además que la imagen de calidad y seguridad mostrada no era la mejor.

#### Operarios de expediciones

Los operarios de expediciones, son los encargados de flejar las unidades al pallet, realizar todo el armazón que protegerá las unidades y retractilarán el bulto con el film automático, habiendo colocado previamente la capota de lámina de polietileno previamente. También cuando no había pallets y tapas de todas las medidas, se encargaban de adaptar los pallets o fabricarlos desde cero, al igual que con las tapas.

Al igual que los operarios de montaje, la valoración de los cambios es positiva. En primer lugar, porque al recibir ya hechos los pallets y las tapas a la medida, no se tienen que dedicar a fabricarlos ellos, si no a embalar los diferentes bultos de la fábrica y a cargar los camiones. De

la misma manera que ocurre con las tapas y pallets, pasa con las tablas de madera empleadas en la separación de las unidades de DID 632 de anchura especial y es que eran ellos los encargados de realizar estas labores. También comentaban que a todo este tiempo de mano de obra, se le incluye el gasto que supone la sierra, no solo de discos o mantenimiento sino también de energía.

Con el film automático que a priori es un material que no les afecta aparentemente el cambio, han reportado comentarios positivos de que con el actual reciclado están teniendo menos roturas cuando está funcionando en la retractiladora.

## 7. Análisis económico

A continuación, se desglosará el coste que supone cada material inicialmente y con las modificaciones implementadas. También se detallará el coste de mano de obra ahorrado al no tener que invertir ese tiempo en la preparación y fabricación de los materiales empleados como los pallets o tapas o al recorte de los diferentes materiales que componen los elementos de separación de los DID632 especiales.

### 7.1. Materiales

<b>Materiales Iniciales</b>	<b>Coste €</b>	<b>Materiales actuales</b>	<b>Coste €</b>
Madera	9.754,60	Madera	8.869,61
Palets	7.514,10	Palets	7.437,10
Tapas	3.461,58	Tapas	2.553,18
Film automático	1.467,22	Film automático	1.413,18
Lamina capota	788,92	Lamina capota	691,64
Film Frontal	588,73	Film Frontal	588,73
Separador B/F	Sin coste	Separador B/F	Sin coste
Espuma polietileno	532,02	Espuma polietileno	-
Cajas de cartón	4.077,19	Cajas de cartón	-
Separadores de cartón	3.629,25	Separadores de cartón	1.316,01
Separadores DID 632	-	Separadores DID 632	14.767,69
Separadores DID especiales	743,79	Separadores DID especiales	10.756,62
<b>Total</b>	<b>32.557,40</b>		<b>48.393,76</b>

Tabla 9. Comparativa de gasto en material

En el caso de la madera, la reducción de su coste se ve principalmente afectada por la eliminación de las tablas como elemento separador de los equipos. A este ahorro en cuanto a material, habría que sumarle las horas del trabajador que empleaba a fabricar estos elementos y no en preparar los bultos, al igual que pasa con la fabricación de pallets y tapas el ahorro total es del 5,90%.

Respecto al film automático, el coste de ambos es muy similar, bien es cierto que el precio por kilo del nuevo film es mas barato incluso que el anterior, 2,49€/kg frente a 2,80€/kg y

tiene un menor coste añadido que supone el impuesto especial sobre los envases de plástico (Boletín Oficial del Estado, 2022), pero el mayor tamaño de las dimensiones de los bultos, hace que este ahorro se reduzca a un 3,68%. Mismo caso nos ocurre con la lamina de polietileno empleada para la capota donde el precio inicial es de 2,95€/kg y el nuevo 2,73€/kg, pero debido al aumento de tamaño de la superficie a cubrir, el ahorro es del 12,30%.

Para el film frontal, como no se pudo encontrar un sustituto, se ha decidido seguir utilizando el mismo, por lo que el precio no ha variado.

Las espumas de separación de la batería y el frontal, dado que son retales reutilizados de sobrantes, no suponen coste alguno.

Respecto al cartón, nos encontramos con que las cajas con el nuevo método se han suprimido, y respecto a los separadores, la disminución en el coste de un 63,73 % viene dada por el cambio de separación de los equipos de ala ancha o especiales. En ambos casos, se sigue utilizando este material para la base.

El gran cambio sufrido con los elementos para separar las unidades, en el caso de los separadores de los DID632 estandar, el precio por unidad es de 3,75€, es un precio alto dado que se han hecho a medida y expresamente para nosotros. Al igual ocurre con los separadores de los DID632 especiales, donde el precio unitario de cada torreta es de 1,05€ y de cada travesaño 0,67€.

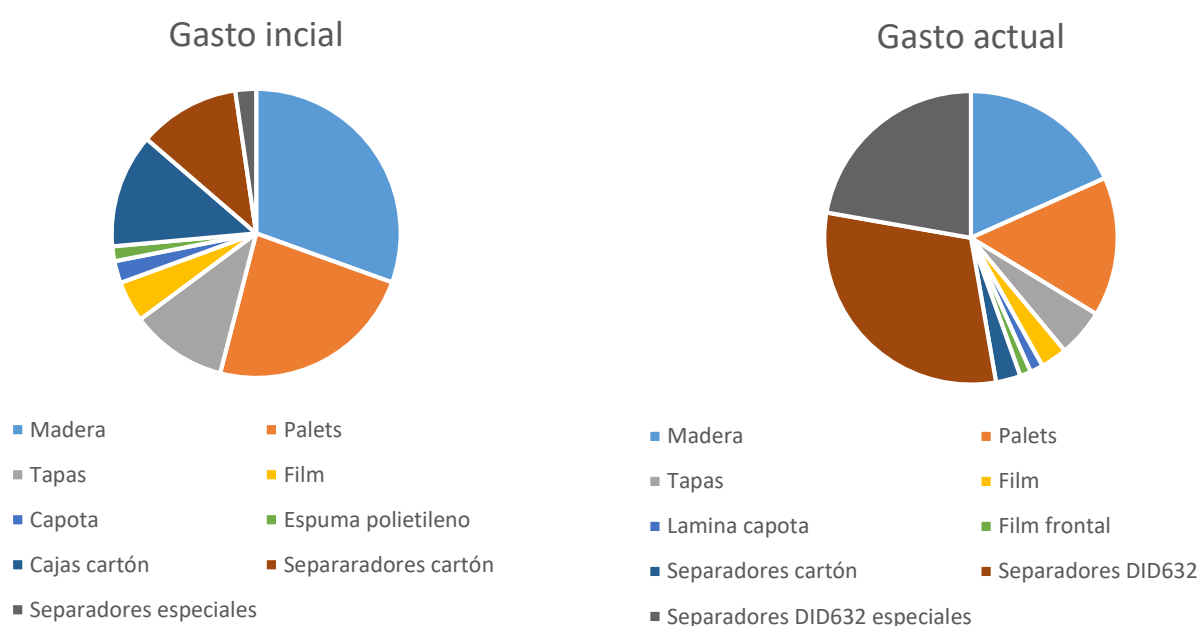


Ilustración 58. Gráficas distribución de gasto en materiales

En total el precio coste del material ha aumentado 15836,36€, lo que supone un aumento del 32,72%.

## 7.2. Mano de obra

Tomando como referencia el salario bruto según convenio de la empresa [15](Gobierno de Aragón.- Departamento de economía, planificación y empleo.- Subdirección Provincial de Trabajo de Zaragoza, 2016) de un Oficial de 3º de 20.578,78€ anuales para un total de 1705 horas anuales, por lo que el precio por hora es de 12€ con el que el precio por hora supone que los operarios de expediciones se estén encargado de la preparación de los materiales en lugar de dedicarse a su labor principal.

Tarea	Tiempo/tarea	Tiempo total h	Coste €
Corte tablas	2min/tabla	229h cortar 6872 tablas	2748
Fabricación pallets	6 min/pallet	59h	708
Fabricación tapas	3 min/tapa	35h	420
Corte separadores cartón	3min/plancha	268h cortar 5374 planchas	3216
Corte espuma polietileno	3min/m2	196h cortar 3938,45m2	2352
<b>Total</b>			<b>9444</b>

Tabla 10. Coste mano de obra

Actualmente, de estas tareas solo continua el corte de tablas para el armazón, el cual son un total de 186h empleadas para cortar 5592 tablas, lo que supone un gasto de 2232€.

Por lo que la reducción del coste en mano de obra es de 7212€.

## 8. Conclusiones generales

El comienzo de la fabricación de las vigas activas frías DID en la planta de Zaragoza, y la disparidad de materiales y formas de embalaje que se estaban empleando, bien merecían un análisis de dicho proceso que asegurarse que los equipos transportados por carretera, llegaran a sus respectivos destinos, ya fueran cercanos dentro del territorio nacional o lejanos a países como Austria o Italia, en perfectas condiciones para no condicionar proyectos a los que iban dirigidos y evitar penalizaciones económicas directas por los retrasos ocasionados, a la par que tener que fabricar nuevos equipos, o la reparación de los mismos y tener que realizar un nuevo envío.

Tras el análisis del método actual de los diferentes embalajes, los problemas encontrados durante el transporte por carretera y los puntos a mejorar dentro de la fábrica, se realizaron distintas pruebas para intentar reducir la probabilidad de problemas futuros al máximo y garantizar un envío seguro.

Estas pruebas desembocaron en la sustitución tanto del film automático como de la lámina de polietileno, por materiales fabricados con materiales reciclados. Estandarizar las medidas de los pallets y las tapas siendo cada uno 100 mm más largo y ancho que las medidas nominales de los equipos. Se han diseñado nuevos separadores para los equipos DID 632 estándar y especiales y se han fijado un total de 4 unidades por pallet para optimizar las cargas en el tráiler del camión.

Cabe mencionar, las dificultades encontradas para la implementación de materiales sostenibles, ya que a pesar de en multitud de webs se anuncian, la realidad dice que no estamos tan avanzados y no es fácil conseguir materiales sostenibles.

A pesar de ello, se ha conseguido establecer un método de embalaje seguro y eficiente, con el que los operarios también están satisfechos ya que reduce la posibilidad de fallo humano, y a nivel económico contemplando el coste de materiales junto con el ahorro en mano de obra, el precio por pallet únicamente aumenta en 9,66€.

## 9. Bibliografía

- [1] TROX España S.A., s.f. *Vigas activas frías*. [En línea] Available at: <https://www.trox.es/sistemas-aire---agua/vigas-fr%C3%ADas-activas-84a58ff0628b35b6>  
[Último acceso: Octubre 2022].
- [2] TROX España S.A., s.f. *DID 632*. [En línea] Available at: <https://www.trox.es/vigas-fr%C3%ADas-activas-para-instalaci%C3%B3n-en-techo/did632-8b96c73f49941f1d>  
[Último acceso: 30 Octubre 2022].
- [3] TROX España S.A., s.f. *DID 312*. [En línea] Available at: <https://www.trox.es/vigas-fr%C3%ADas-activas-para-instalaci%C3%B3n-en-techo/did-312-4a0a9d68ae659d2d>  
[Último acceso: 30 Octubre 2022].
- [4] Coefilm, s.f. *Proveedor del film de protección usado en el frontal*. [En línea] Available at: <https://coefilm.com/>  
[Último acceso: Noviembre 2022].
- [5] Trox España S.A., s.f. *Espuma para filtros FMR*. [En línea] Available at: <https://www.trox.es/rollo-de-material/fmr-79e169cd3e2e1a9a>  
[Último acceso: Noviembre 2022].
- [6] Sistemas de Embalajes ANPER, s.f. *Plancha cartón de nido de abeja*. [En línea] Available at: <https://www.anper.es/producto/nido-de-abeja/>  
[Último acceso: Noviembre 2022].
- [7] Papesa Nuevo Milenio, s.f. *Proveedor*. [En línea] Available at: <http://papesanm.com/>  
[Último acceso: 2022].
- [8] Maderas Enguita, s.f. *Proveedor de materiales para embalaje en madera*. [En línea] Available at: <https://www.enguita.net/empresa.html>  
[Último acceso: Noviembre 2022].
- [9] Embaala, s.f. *Consulta sobre film biodegradable*. [En línea] Available at: <https://embaala.com/film-y-paletizacion/film-biodegradable/>  
[Último acceso: Noviembre 2022].
- [10] Sistemas de embalajes ANPER, s.f. *Film estirable reciclado 30%*. [En línea] Available at: <https://www.anper.es/producto/film-estirable-reciclado/>  
[Último acceso: Noviembre 2022].

[11] Sistemas de Embalajes ANPER, s.f. *Semitubo para el recubrimiento de bultos*. [En línea]  
Available at: <https://www.anper.es/producto/1331/>  
[Último acceso: Noviembre 2022].

[12] Convención Internacional de Protección Fitosanitaria, 2018. *Reglamentación del embalaje de madera utilizado en el comercio internacional*. [En línea]  
Available at: [https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/ispm\\_15\\_mof2018\\_publicada2019\\_tcm30-469597.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/ispm_15_mof2018_publicada2019_tcm30-469597.pdf)  
[Último acceso: Enero 2023].

[13] DSV, s.f. *Dimensiones tráiler de lona*. [En línea]  
Available at: <https://www.dsv.com/es-es/nuestras-soluciones/modos-de-transporte/transporte-por-carretera/medidas-camion-trailer/trailer-de-lona>  
[Último acceso: Noviembre 2022].

[14] Boletín Oficial del Estado, 2022. *Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular*. [En línea]  
Available at: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2022-5809>  
[Último acceso: 20 Noviembre 2022].

[15] Gobierno de Aragón.- Departamento de economía, planificación y empleo.-  
Subdirección Provincial de Trabajo de Zaragoza, 2016. *Convenio colectivo de la empresa Trox España S.A.* [En línea]  
Available at: <http://bop.dpz.es/BOPZ/obtenerContenidoEdicto.do?idEdicto=504139&numBop=190&fechaPub=viernes%2019%20de%20agosto%20de%202016>  
[Último acceso: Enero 2023].