



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

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

Estudio de Optimización de Embalaje para el Movimiento Logístico de Electrodomésticos

Autor/a:

Balbás Sanchis, María

Tutor:

Pérez Blanco, Esteban

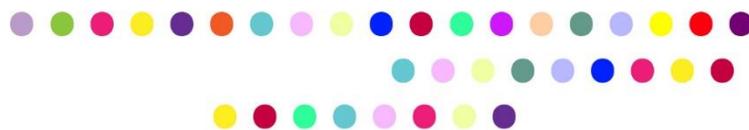
Departamento:

CMeIM/EGI/ICGF/IM/IPF

Valladolid, Mayo 2019



Estudio de Optimización de Embalaje para el Movimiento Logístico de Electrodomésticos



Balbás Sanchis, María



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

RESUMEN

El proyecto siguiente, se basa en el diseño de embalaje para el movimiento logístico de producto, específicamente se ha desarrollado para la protección de fregaderos.

Se ha elegido dicho producto por la necesidad de una pieza de embalaje de una determinada empresa para la protección de varios de sus modelos debido a que en su embalaje actual tienen diversos problemas, de los cuales se van a partir para el desarrollo de este diseño con la finalidad de solventarlos.

Todo el diseño está pensado para la utilización de espuma poliestireno expandido (EPS), el cual aportará importantes características a tener en cuenta a la hora del desarrollo. Destacar que el proceso de fabricación será moldeo por inyección.

Por otro lado, también se analizarán los embalajes propuestos para esta misma empresa y así rechazar o incluir en el diseño final los aspectos estudiados dependiendo de los objetivos marcados en el inicio del proyecto.

PALABRAS CLAVE

Molde, postizo, embalaje, poliestireno expandido (EPS), ecodiseño.

CAPÍTULO 1: Objetivos y justificación	9
CAPÍTULO 2: Bases teóricas	17
CAPÍTULO 3: Aplicación práctica	67
CAPÍTULO 4: Análisis económico	119
CAPÍTULO 5: Estudio económico del proyecto	127
CAPÍTULO 6: Conclusiones y trabajos futuros	135
CAPÍTULO 7: Fuentes bibliográficas	139
Índice de anexos	151

CAPÍTULO 1: Objetivos y justificación

1. Introducción.....	11
2. Justificación	13
3. Objetivos a cumplir	13

1. INTRODUCCIÓN

El progreso del proyecto se ha ido basando en la mejora y rediseño de un embalaje destinado a una empresa de artículos para el hogar, exclusivamente se ha estudiado hacia varios modelos de fregaderos que se encuentran en su catálogo.



Imagen 1: Escena de fregadero Teka [50]

Hoy en día tanto el envase como el embalaje juegan un papel importante en el mercado. Esto se debe a que una de las funciones que poseen es llamar la atención estéticamente del receptor que está interesado en comprar el producto, y así poder competir contra la competencia. Además no hay que olvidarse de la relación que debe existir entre el producto y su envase.

Por otro lado, también es destacable, el gran auge que está teniendo la compra por Internet, lo que conlleva a un aumento de necesidad de embalaje, por el surgimiento de otra oportunidad de comprar y lo que antes se podía obtener en una tienda física sin necesidad de embalaje, ahora también se puede adquirir vía Internet y recibirlo en el domicilio donde es imprescindible el correcto diseño del embalaje, para que dicho producto llegue en las condiciones deseadas, sin sufrir ningún daño ni deterioro cumpliendo con una buena protección.

Podemos afirmar que en el campo del envase y embalaje está presente en todos los sectores industriales, desde el electrónico al mobiliario, pasando por el sector alimentario o el farmacéutico. En gran parte, esto es posible gracias a la infinidad de materiales que se usan y adaptan para cada uno de ellos.

En este caso, la espuma de poliestireno (EPS) va a ser el material sobre el que se va a apoyar el proyecto y su proceso de transformación va a estar limitado por el proceso de moldeo por inyección.



Imagen 2: Variedad de tamaños de las bolas de EPS [51]

Estas decisiones son consecuencia de que el proyecto se basa en solucionar los problemas que el embalaje actual contiene, además en medida de lo posible innovar y aportar otras características interesantes, manteniendo el material y proceso de la pieza original mencionados anteriormente.

Uno de los problemas que se presentan en el embalaje actual de estos fregaderos es la poca resistencia mecánica de la pieza, lo que produce inestabilidad a la hora de proteger al producto y en algunos casos, en consecuencia de este error, se producen daños en el fregadero, con la consiguiente devolución del fregadero dañado a fábrica, sin olvidarnos de la pérdida económica que genera.

También se va a prestar especial atención al medio ambiente, ya que actualmente la contaminación es uno de los problemas más graves presentes en la sociedad.

Se tratará de que la pieza ideada sea un ecodiseño, y para conseguirlo se adoptarán varias medidas como reducir el uso del material, la optimización de la energía durante la producción intentando adaptar el molde de la pieza para varias cavidades, su retira cuando finaliza su vida útil...

2. JUSTIFICACIÓN

El proyecto ha surgido a través de la necesidad de una empresa, que su actividad se basa en la fabricación y comercialización de productos de cocina y baño, para proporcionar un correcto funcionamiento en las piezas de EPS del embalaje de unos de sus artículos (fregaderos).

El rediseño de este embalaje tendrá que favorecer la protección del producto, así como evitar todos los riesgos a los que se enfrente, tanto en su transporte como en el almacenaje del mismo.

Este producto, al estar compuesto de materiales resistentes a las temperaturas no tendrá problemas de climatología como puede ocurrir en otros casos. Simplemente se basará en su protección contra golpes y por este motivo la forma que tendrá la pieza de embalaje va a ser “esquinera” aportando gran protección a los choques en la parte más débil del fregadero.

El diseño actual que la empresa utiliza, también se trata de piezas esquineras, pero contiene algunos errores debido a que el producto se daña si se produce un golpe intenso contra él. Habrá que aportar una solución a dicho error.

Además otra cualidad que tienen que tener estas piezas de embalaje, es que sirvan para varios modelos a la vez, reduciendo así el número de piezas diferentes, lo que conlleva un ahorro de costes de producción importante ya que las piezas se pueden realizar con un solo molde.

3. OBJETIVOS A CUMPLIR

La finalidad del proyecto es la producción de una pieza de poliestireno expandido para la correcta protección del producto a embalar, que como se ha comentado anteriormente, este producto se trata de varios modelos de fregaderos.

Para el desarrollo del diseño se han marcado diversos objetivos con la intención de guiarlo hacia el camino correcto. Estos propósitos se han fijado teniendo en cuenta las diferentes etapas por las que va a atravesar, desde el proceso de moldeo hasta que el producto embalado llega al cliente.

Las múltiples fases se han distinguido de la siguiente manera:

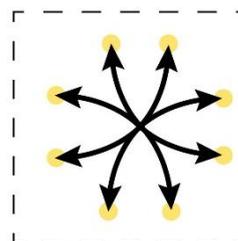
1. Se inyecta la materia prima (EPS) en el molde para la formación de la pieza.
2. El operario selecciona, clasifica, ordena y apila las piezas recién salidas del molde.

CAPÍTULO 1: Objetivos y Justificación

3. Se almacenan hasta su expedición a la empresa que demanda la pieza de embalaje.
4. Transporte de las piezas apiladas y llegada al destino.
5. El operario embala los productos (inserta las piezas de EPS en el producto en la parte adecuada y lo introduce en una caja para su puesta en el mercado).
6. Transporte al cliente.

Gracias a esta clasificación se han podido determinar claramente los objetivos a cumplir para que la pieza sea lo más acorde con las necesidades básicas. Estos objetivos se exponen a continuación junto con la explicación del motivo de su asignación.

- El diseño deberá ser válido para **diferentes configuraciones**. Útil para varios modelos de fregaderos que pertenecen al catálogo de una empresa de artículos para el hogar. Únicamente para geometría rectangular con diferentes espesores.



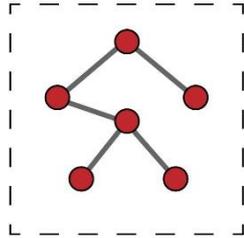
Algunos ejemplos para los que el diseño del embalaje debería ser válido:



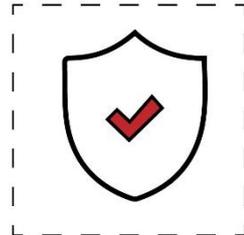
Imagen 3: Ejemplos de fregaderos para los que va a ir dirigido la pieza de embalaje a diseñar [50]

CAPÍTULO 1: Objetivos y Justificación

- El molde de la pieza posea **multicavidades**, consiguiendo así realizar mayor número de piezas en una operación (mayor productividad). También se tendrá como resultado mayor **eficiencia energética** (menos máquinas en funcionamiento), menores tiempos de producción y todo ello producirá menores costos de producción.

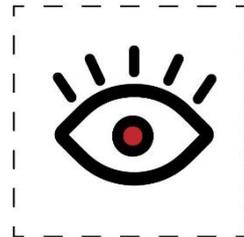


- El diseño de la pieza deberá ser el adecuado para **evitar sobrecostos innecesarios** en la fabricación del molde. Sin olvidarnos de la funcionalidad.

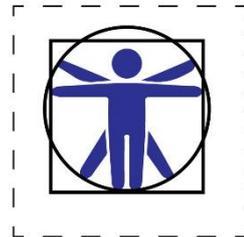


- Por supuesto deberá de ser procesable y cumplir con la **normativa** determinada.

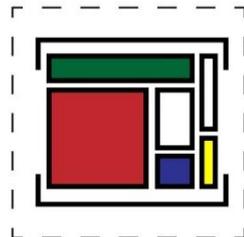
- **Identificación de las piezas con simbología** para su diferenciación. Al existir dos espesores diferentes será necesario facilitar al operario la distinción de estas para evitar una equivocación (por ejemplo que mezcle piezas mientras está clasificándolas) y reducir el tiempo de acción (al ver el símbolo determinado, la actuación del operario es más rápida que si tiene que estar fijándose en las características diferenciadoras de cada pieza).



- **Ergonomía en la manipulación de las piezas.** El diseño y la distribución en planta hagan que el operario tenga las mayores facilidades para su manejo. Tanto para el operario que apila y clasifica dichas piezas como para el que se encarga de embalar el producto. Una simbología de posicionamiento puede ser la respuesta a este objetivo.



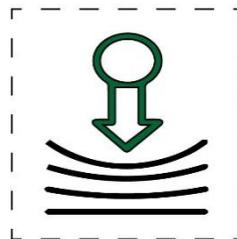
- **Optimización de espacio** cuando el embalaje se encuentre en el almacén para ser distribuido al proveedor. El diseño deberá de contar con unas características clave para que se puedan ordenar entre ellas aprovechando al máximo el espacio, ocupando el menor volumen y consiguiendo la mayor estabilidad para que en el momento que se transporte se eviten tambaleos o caídas, asegurando que las piezas lleguen a su destino sin ninguna rotura.



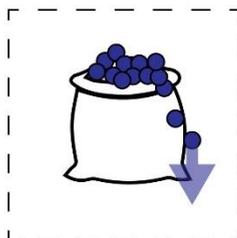
Este aprovechamiento de espacio también será útil en el transporte, ya que se podrán transportar mayor número de piezas en el mismo viaje (entraría en juego el respeto con el medio ambiente).

CAPÍTULO 1: Objetivos y Justificación

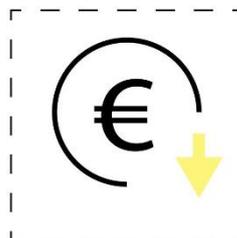
- Obtener la **resistencia mecánica** necesaria para que se consiga total fiabilidad en la protección del producto embalado. Se quiere garantizar que el producto, en este caso un fregadero, llegue al cliente sin ningún daño como puede ser un golpe o un rayón que se produzca en el transporte.



- **Optimización de material**, esto se consigue con un buen diseño de la pieza, que no posea partes sobrantes aprovechando la materia prima sin ningún desperdicio. Esto lleva al ecodiseño.



- **Reducción del costo**, engloba a todos los objetivos anteriores. Se reducirá el costo si se tiene en cuenta el utillaje utilizado (cuanta más simpleza mejor), los tiempos de producción, el aprovechamiento de material...



- **Respeto al medio ambiente**, sea reciclable o reutilizable. Se minimicen la expulsión de gases tóxicos y nocivos para la salud, además de contaminantes.



CAPÍTULO 2: Bases Teóricas

1. Envase y embalaje	19
1.1 Historia del embalaje.....	19
1.2 Tipos de envases	20
1.3 Funciones del envase y embalaje.....	24
1.4 Materiales para envase y embalaje	25
1.5 Materiales amortiguadores para envase y embalaje	34
1.6 Riesgos en el embalaje	36
1.7 Aspectos a tener en cuenta	38
1.8 Requisitos que debe cumplir	39
1.9 Recomendaciones para el embalaje.....	40
1.10 Impacto ambiental generado en el sector de envases y embalajes	40
2. El EPS como material para embalaje.....	42
2.1 Historia EPS.....	42
2.2 Proceso de producción EPS	42
2.3 Errores de piezas en el proceso de moldeo por inyección	45
2.4 Postprocesos tras la expansión final	47
2.5 Aplicaciones y usos del EPS.....	48
2.6 Tipos de embalaje de EPS	51
2.7 Propiedades	53
2.8 Fin del ciclo de vida del EPS	57

1. EL ENVASE Y EMBALAJE

1.1 HISTORIA DEL EMBALAJE

A lo largo de la historia la forma, manera y función de embalar ha ido evolucionando debido a cambios sociales, en las costumbres de vida de la época, al surgimiento de nuevas necesidades, el desarrollo de la tecnología y materiales innovadores en la industria...

Comparando extremos, desde la actualidad a la prehistoria se puede observar que hoy en día el embalaje tiene numerosas funciones como es la de proteger tanto contra impactos en el transporte como a los agentes externos, informar de las características y propiedades del contenido del interior y en algunos casos posee la función de marketing para que resulte más fácil su venta. En cambio en la prehistoria su única y principal función era la de conservar el contenido con ayuda de algún forro o cubierta que envolvían las mercancías, claramente necesitaba una mejora ya que era poco eficaz debido al deterioro que se producía. [17]

Siendo más concreto, se dice que el embalaje y envase surgió **alrededor del año 8000 a.C** con la necesidad de tener un recipiente, surgieron las vasijas de arcilla o de barro además, utilizaban hierbas resistentes para poder entrelazar, agrupar y unir elementos con el fin de mayor facilidad en el transporte.

Entre 1500 - 1200 a.C aparece el vidrio, que en años posteriores se irá desarrollando para obtener mayor resistencia, y las hojas de palma útiles para envolver y proteger productos del medio ambiente.

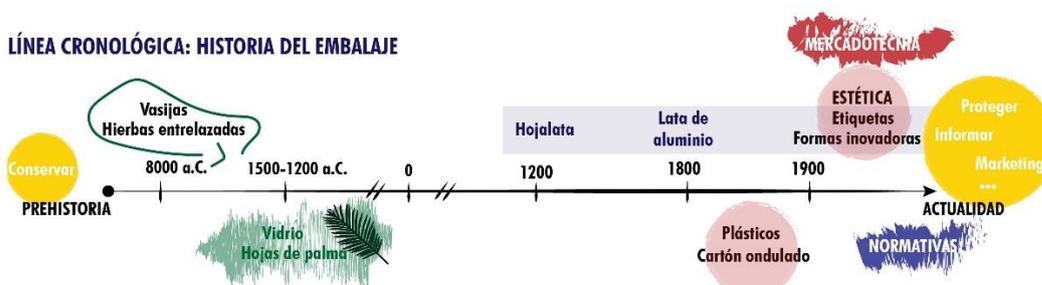
En 1200 ya se utilizan la hojalata y el latón. Será más adelante, **en 1800** cuando nace la lata de aluminio para conservar mejor los alimentos y años más tarde se empezarán a usar los plásticos y el cartón ondulado.

En 1900 se comienza a experimentar con formas innovadoras y diseños de etiquetas para su puesta en venta y conseguir llamar la atención al comprador. Se deja de lado centrarse solo en la funcionalidad del envase y se comienza a interesar por la estética de este. Más adelante, en el **Siglo XX** surgirá el concepto de mercadotecnia: "hacer que el producto se venda solo". [19]

Con el desarrollo de la industria, comienzan a comercializarse productos a granel por este motivo surge la necesidad unir los productos para su mejor transporte y distribución.

Actualmente el envase y embalaje se está explotando considerablemente, lo que supone un problema para el medio ambiente. Debido a esto se están investigando soluciones óptimas para la mejora, algunas de ellas son la creación de normas y leyes, aparición de materiales biodegradables, el reciclaje, reutilización y concienciación en los usuarios.

LÍNEA CRONOLÓGICA: HISTORIA DEL EMBALAJE



1.2 TIPOS DE ENVASES

Este apartado se centrará en el campo del envase y embalaje, el cual está definido por la **Ley 11/1997** de Envases y Residuos de Envases. Dicha Ley, en el artículo 2, lo clasifica en tres grandes grupos:

1. Envase de venta o Primario, el cual se refiere a los envases.
2. Envase colectivo o Secundario, refiriéndose al empaque.
3. Envase de transporte o Terciario, correspondiendo al embalaje.

Con anterioridad se va a mostrar tres grandes conceptos de este sector, para comprender su significado y diferencias entre ellos:

Packaging: Término proveniente de la lengua anglosajona, define un conjunto de elementos que gracias a su estética atractiva se encarga de informar y atraer al comprador, en un volumen lo más conveniente para la unidad de consumo. Se puede referir tanto al envase como al embalaje.

Envase: recipiente que se encarga de envolver o almacenar, proteger e informar sobre el producto que se encuentra en su interior. Tiene contacto directo con el producto que contiene. También se encarga de transmitir una imagen para su puesta en venta. [5]

Embalaje: producto fabricado con materiales de cualquier naturaleza, destinado a contener temporalmente productos previamente envasados o no, para facilitar su manipulación, almacenamiento, transporte y sobre todo para su protección, el producto que se encuentra en su interior no sufra ningún daño. [5]

A esta Ley la complementa el reglamento “R.D. 782/1998”, que define dicha clasificación en unidades de venta contenidas, así estos conceptos quedarían claramente descritos de la siguiente manera:

Envase de venta o Primario: “todo envase diseñado para construir en el punto de venta, una unidad de venta destinada al consumidor o usuario final, que recubra al producto por completo o solo parcialmente, pero de tal forma que no pueda modificarse el contenido sin abrir o modificar dicho envase”. [5] Además cabe destacar que se encuentra en contacto directo con el producto contenido.



Imagen 4: Envase primario [52] [53]

Envase colectivo o secundario: “todo envase diseñado para constituir en el punto de venta una agrupación de un número determinado de unidades de venta, tanto si va a ser vendido como tal al usuario o consumidor final, como si se utiliza únicamente como medio de reaprovisionar los anaqueles en el citado punto, pudiendo ser separado del producto sin afectar a las características del mismo”. [5]



Imagen 5: Envase secundario [53]

Contiene y protege a varios envases primarios durante la distribución comercial.



Imagen 6: Envase secundario [54]

Envase de transporte o terciario: “todo envase diseñado para facilitar la manipulación y el transporte de varias unidades de venta o de varios envases colectivos, con objeto de evitar su manipulación física y los daños inherentes en el transporte”. [5]



Imagen 7: Envase terciario [54] [55]

Resumiendo, un producto es presentado en un contenedor, al cual se denomina envase primario, este a su vez, para facilitar la distribución se agrupa junto a otros productos iguales en otro contenedor, que suele ser una caja de cartón, al cual se le designa como envase secundario. Y finalmente al conjunto de envases secundarios se les apila unificándolos formando el envase terciario.

Diferenciar los conceptos no siempre es fácil ya que en ocasiones los límites entre unos y otros no están claramente definidos. Esto puede ocurrir por ejemplo en aparatos electrodomésticos.

Además la Ley 11/1997 hace mención de otros tipos como: [41]

- Envase usado, refiriéndose al reutilizado, el cual una vez consumido se ha reintegrado para el mismo proceso económico al que fue diseñado.

- Envase reciclable: su materia prima se vuelve a usar para fabricar envases o embalajes iguales.

- Envase reprocesable: su materia prima se vuelve a utilizar para objetos diferentes al original. Esto es debido a que en su vida útil la materia prima ha sufrido algún cambio para no poder realizar la misma función.

- Envase superfluo: envase que es innecesario para el producto pero que aun así lo contiene por alguna razón como puede ser la estética.

- Envase de lujo o de diseño: el consumidor tras su uso, lo sigue conteniendo debido a sus características artísticas y estética.

- Envase doméstico: tiene relación con el destino final donde va a ser utilizado, estos envases pertenecen al consumo en domicilios particulares.

- Envase comercial o industrial: también está relacionado por el lugar donde va a ser consumido, en este caso es exclusivo para industrias, comercios, servicios...

- Envase biodegradable: su desintegración es en un tiempo reducido en medios naturales sin provocar ningún efecto negativo.

Cabe destacar que existen otros tipos de envase clasificados por sus características funcionales como pueden ser según su estructura, su barrera a los gases, a la luz, su capacidad aislante, si son herméticos...

1.3 FUNCIONES DEL ENVASE Y EMBALAJE

En el embalaje a la hora de diseñarlo, es necesario tener gran cuidado con el cumplimiento de las funciones por las que ha sido planteado.

Estas tendrán variaciones dependiendo del objetivo que se haya marcado en la fase inicial del diseño. Las funciones más definidas son:

- **Proteger:** esta función la deben cumplir todos, a pesar del objetivo que tengan marcado ya que es una de las funciones principales e imprescindibles, la cual define el concepto de embalaje. Es necesario que el embalaje diseñado para el producto cumpla la protección necesaria tanto en las etapas de almacenaje como en el transporte del producto y así evitar que el producto se dañe o deteriore cuando está expuesto a los riesgos que estos conllevan desde climáticos hasta de movimiento como pueden ser las vibraciones.

- **Agrupar:** también es una de las más importantes, ya que deben estar en una colocación favorable para la optimización del espacio y así aumentar la eficiencia del almacenaje y del transporte. También está implicada la estabilidad, ya que si la unión es deficiente tendrá más riesgo de vuelque y con ello peligro de daños en el producto contenido.

- **Fácil manipulación:** es importante para el personal que se encargue de manipular la carga, debido a que cuanto más sencillo sea, se reducirán los tiempos de manipulación y menores costes supondrá debido al ahorro del tiempo. Por otro lado, si realiza un mal movimiento puede suponer un riesgo en la carga. Además se reducirán los accidentes laborales.

- **Contener el producto:** relacionado con la conservación del producto. Esta función está más ligada al embalaje en productos alimenticios o farmacéuticos debido a que se trata de adecuar el embalaje para que las propiedades y características del producto contenido no varíen ni se vean afectadas. Aunque también habrá que tenerlos en cuenta en embalajes que contengan otro tipo de producto que no sea ni alimenticio ni farmacéutico, ya que por ejemplo puede tener riesgo en la etapa de almacenamiento por corrosión, oxidación, aparición de moho...

- **Mercadotecnia:** esta función está más asociada a los envases, útil para aumentar las ventas cuando el embalaje/envase se ha pensado para motivar y estimular la compra haciendo atractivo el exterior y diferenciándolo de la competencia. Hoy en día la mercadotecnia está en auge porque se considera una clave para generar ventas.



Imagen 8: Ejemplo de mercadotecnia [53]

- **Identidad:** útil para el reconocimiento directo de la marca de producto ante los ojos del comprador. El embalaje o el envase se encargan de reflejar la identidad de la marca cobrando gran importancia su presentación. En casos de compras online, esta función tiene gran importancia ya que es la presentación de la marca la que incita al usuario a comprar o no.

- **Informar:** función ligada con los envases, el cual se tiene que encargar mediante una etiqueta, indicar las características, funcionamiento, propiedades, lugar de procedencia, instrucciones de uso... del producto que contiene. El embalaje también informa pero con menor detalle y suele ser mediante símbolos, algún ejemplo es si el producto/ productos que envuelve son frágiles, su posicionamiento, si son inflamables, indicaciones de manejo... y es realmente útil para el operario para que sepa en todo momento con la mercancía que está manipulando.

1.4 MATERIALES PARA ENVASE Y EMBALAJE

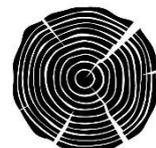
En el campo del embalaje existe un gran abanico tanto de modelos como de materiales. Esto se debe a que es importante que este se adapte a los productos que está protegiendo en su interior y a lo que vaya a estar sometido durante el periodo de salida de la fábrica hasta su puesta en el mercado, asegurando que al consumidor le llegue en perfectas condiciones.

Por eso podemos encontrar desde bandejas, cajas, cestas, separadores, film alveolar... en diferentes tamaños y materiales según las condiciones y necesidades de la situación.

A continuación se va a realizar una clasificación según el material utilizado y se mencionarán algunos de los modelos más comunes que se pueden encontrar.

MADERA

Este material destaca por su gran resistencia al peso, puede soportar una carga de 500kg. [33] Existen de diferentes formas y tamaños, pero cabe destacar que sus medidas suelen ser estandarizadas como ocurre en el caso del palé.



En el caso del envase es muy habitual encontrar barricas y cubas de este material, además de ser usado por estética y por la fácil reutilización que posee la madera. Pero en este campo cabe destacar que en la actualidad no está tan generalizado debido a que se considera una carga ecológica por la tala de los árboles y falta de innovación, por este motivo en ocasiones se sustituye por cartón y plásticos.

Campos donde pueden utilizarse es en estuches de joyería, alimentos gourmet, perfumería, artesanía... los cuales tienen en común su funcionalidad estética por la clara y limpia presentación que ofrece la madera.

Pero por otro lado, algunos modelos de embalaje pueden ser contenedores, jaulas, palés, tambores y cajas, como se ha mencionado anteriormente, destacan por tener medidas estandarizadas para que su transporte sea más óptimo ya que normalmente se usan para el comercio internacional.

La madera aporta numerosas **ventajas** como pueden ser:

- La calidad, se considera que añade una buena imagen al producto por tratarse de un material natural.

- Es resistente al impacto con capacidad de amortiguación.

- Reutilizable y reciclable fácilmente.

- Pueden ser usados repetidamente para la misma función como el caso de embalajes destinados a soportar carga, por ejemplo el palé y los contenedores.

- Fácil manipulación y seguridad al tratarse de medidas estandarizadas.

Pero también hay que destacar algunos de sus **inconvenientes**:

- Pierden su aspecto original debido al deterioro y roturas en su manipulación.

- Ocupan gran volumen en almacenes.

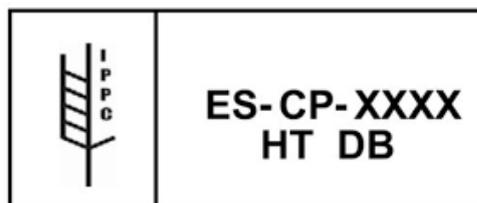
- Necesitan tratamientos para su conservación.

- Material costoso.

- Su resistencia no es uniforme al no ser un material homogéneo.

Marcado NIMF 15

Como se ha dicho anteriormente, la madera se usa principalmente para el transporte internacional y este material posee el riesgo de dispersión de plagas entre países. Por este motivo han surgido las **Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias** que se encargan de regular dicho material de embalaje destinado a la exportación.



Algunos modelos ya mencionados son:



Imagen 9: Palés [56]

Imagen 10: Box- Palé [57]

Imagen 11: Jaulas, Cajas y Contenedores [58]

CARTÓN

El cartón en el embalaje es muy utilizado debido a las grandes ventajas que sus propiedades aportan. Dependiendo de la composición, espesor y forma pueden ser útiles para una función u otra, desde separadores, para que un producto no esté en contacto con otro, hasta cajas para el almacenamiento de estos productos.



Las más usuales como embalaje son las cajas de **cartón corrugado** ya que presenta gran resistencia a pesar de estar formado por un material liviano.



Imagen 12: Ejemplo de cajas de cartón [59]

El cartón, con una **estructura en el interior alveolar**, también se puede encontrar en el uso de embalajes debido a que gracias a esta estructura presenta mayor amortiguación, rigidez y durabilidad.

Por otro lado, la **celulosa moldeada** que se obtiene a partir de pasta de papel reciclado de cereales y paja conformado en un molde. Es semirrígida que se adapta a la forma del producto con el fin de ser un embalaje de protección.



Imagen 13: Ejemplo de material de cartón [60]

Este material tiene la gran **ventaja** de ser versátil ya que consigue aportarnos infinidad de configuraciones más, como cajas plegadizas, tubos y envases cilíndricos.

Otras ventajas son:

- Adaptación a las necesidades del mercado.
- Económico a lo que se suma que es ligero permitiendo ahorrar costes de envío.
- Facilidad de manipulación.
- Ventaja medioambiental al ser reciclable y biodegradable.

Sus **inconvenientes** están relacionados con la poca dureza que presentan, por este motivo tiene poca capacidad de reutilización, no es resistente a espacios húmedos y no es apto para productos muy pesados.

PLÁSTICO

Hoy en día los plásticos permiten grandes configuraciones y opciones de embalaje debido a las diferentes características que nos ofrecen cada tipo de plástico. Aunque todos ellos poseen unas características generales como pueden ser su bajo costo, la ligereza, compatibles con otros materiales además de ser compatibles con alimentos y productos químicos.



Cada plástico se desarrolla para cubrir las necesidades específicas necesarias, ya que no existe un único plástico que abarque todos los requerimientos. En algunos casos será útil un envase rígido que aporte resistencia mecánica o transparencia, y en otros un envase flexible que aporte resistencia al rasgado o impermeabilidad a los gases, por ejemplo.

Una de tantas clasificaciones de este tipo de material puede ser:

- Plásticos estructurales: aportan cuerpo y resistencia.
- Plásticos barrera: barrera a gases o humedad.
- Plásticos para sellos.
- Plásticos espumados: tienen menor densidad, se usan para protecciones en embalajes y son aislantes termo-acústicos.

Los principales plásticos utilizados en envase y embalaje son el PET, HDPE, PVC, LDPE, EPS, PUR...

Tanta ha sido la explotación de estos en la actualidad que se han tenido que desarrollar medidas y normativas para su reducción debido al gran problema que generan en el medio ambiente. En 2013 se creó el libro verde sobre residuos y más tarde, 2018 la primera estrategia europea sobre plásticos.



Imagen 14: Plástico biodegradable [61]

Los objetivos que se plantearon fueron la reciclabilidad del 100% de los envases de plástico en el mercado para 2030, la reducción del consumo de plásticos para un solo uso y la restricción del uso de microplásticos. [6]

Gracias a estas decisiones se ha conseguido minimizar la producción de plásticos, un gran ejemplo de medidas tomadas es el cobro de bolsas de plástico en el mercado o la simplificación del uso de diferentes plásticos en un mismo envase para que no sea necesario una separación de los diferentes tipos y su reciclado sea más sencillo. También un hecho importante es la creación de plásticos degradables, los cuales desaparecen en un tiempo menor que los normales o la creación de los plásticos biodegradables.



Imagen 15: anillos se desintegran gradualmente en el océano [62]

METALES

Los metales juegan un papel importante en los envases como latas de conservas, pero en el campo del embalaje es algo más limitado. Un ejemplo son los containers, útiles para los transportes internacionales ofreciendo una gran capacidad de carga.



Las ventajas que posee este material son la solidez y su resistencia, además de ser reutilizable, teniendo una amplia vida útil que poniendo un ejemplo, un mismo container está pensado para un gran número de viajes.

Pero a su vez al tratarse de metal, pueden oxidarse si la capa con la que estaba tratado se estropea. Tampoco son biodegradables por lo que el medio ambiente se ve afectado en gran medida.

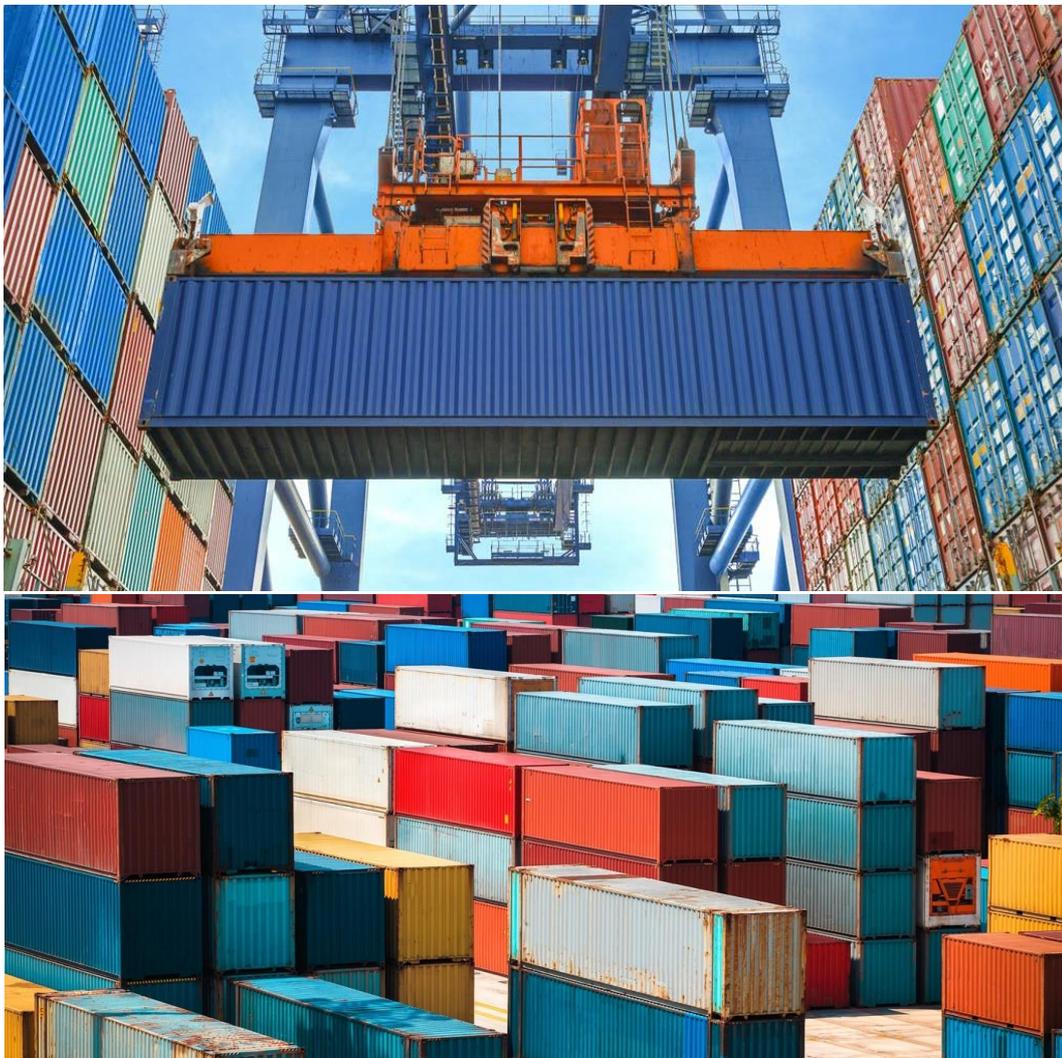


Imagen 16: Ejemplo de Container [63] [64]

MATERIALES INNOVADORES

Hoy en día se intenta reducir en medida de lo posible el impacto ambiental en el embalaje debido al gran auge que está teniendo, y una de las medidas que se están viendo en el mercado es la utilización de otros materiales que se comporten mejor con la naturaleza.

Es destacable que las empresas están incorporando este tipo de materiales con fines comerciales, debido a la innovación y a que el consumidor prefiere un producto que implanta medidas ecológicas.

Algunos ejemplos encontrados son: [37]



Imagen 17: Zapatillas empacadas en un cojín de aire.

Imagen 18: Cartón moldeado 100% reciclado



Imagen 19: Funda de patata: 100% biodegradable

Imagen 20: Botellas de papel

Imagen 21: Botella biodegradable [38]

1.5 MATERIALES AMORTIGUADORES PARA ENVASES Y EMBALAJES

El envase y embalaje al ser un sector tan amplio se pueden clasificar de diferentes formas, en el apartado anterior ya se ha realizado una clasificación según el material del que esté formado. En esta sección se va a entrar más en detalle en los materiales y tipos empleados para la amortiguación.

Estos materiales van a tener la función principal de la protección contra los riesgos de choque, vibraciones e impacto que puede sufrir el producto embalado y así conseguir que este llegue en perfectas condiciones al consumidor.

La finalidad se logrará por la forma y tipo de material determinado utilizado en cada caso, los cuales poseerán la cualidad de absorber la fuerza proveniente de un impacto. Normalmente suelen tratarse de embalaje interno resguardando al producto de golpes y vibraciones y posteriormente conseguir recuperar su forma original. Algunos de ellos son: [39]

- **Plástico burbuja:** utilizado normalmente cuando se transportan productos frágiles, incluso ofrece la posibilidad de envolver mercancía de diversos tamaños y pesos como puede ser una vajilla o productos de vidrio. Este tipo destaca por ser un material económico, adaptable, transparente y muy ligero. Además su amortiguación es de larga duración.



Imagen 22: Plástico burbuja [65]

- **Film de espuma:** su comercialización es en forma de rollo. Su utilidad normalmente está enfocada para productos que requieren gran delicadeza en su transporte como material electrónico u obras de arte. Además de proteger contra los golpes, suele impedir los arañazos.



Imagen 23: Film espuma [66]

- **Protección de espuma,** suelen actuar como separadores o esquineras en productos en los que proteger la superficie es importante, conservando su brillo por ejemplo. Estas espumas suelen ser muy maleables y por este motivo se pueden encontrar con diversas formas.



Imagen 24: Protección de espuma [67]

- **Perfiles de espuma:** aseguran la protección tanto de los bordes como de esquinas y ángulos. Se emplea en gran cantidad de sectores.



Imagen 25: Perfiles de espuma [67]

- **Chips de relleno:** resulta el más económico y versátil, el cual se encarga de rellenar los huecos existentes en el interior del embalaje.

- **Espuma expandible:** se caracteriza por proporcionar una protección ajustándose a la forma del producto embalado, los cuales suelen ser de gran valor y frágiles.

Este tipo lo conforma un líquido, el cual consigue solidificarse en forma de espuma con gran rapidez consiguiendo la adaptación del producto.

- **Cartón y papel**



Imagen 26: Chips de relleno [68]

Imagen 27: Espuma expandible [69]

Imagen 28: Cartón y papel [70]

1.6 RIESGOS EN EL EMBALAJE

Es necesario conocer los riesgos a los que está sometido la carga embalada para evitarlos durante el determinado periodo y que llegue en excelentes condiciones al demandante de la carga, ya sea un mercado, industria o usuario.

Para ello será necesario conocer e identificar las causas y analizar en qué medida los riesgos implicados afectan a dicha carga, según las condiciones a los que esté sometido el entorno o propiedades especiales que contenga. Realizando mejoras en los envases y embalajes se conseguirá cumplir la función principal, anteriormente mencionada, que se refiere a la protección en todo momento del contenido interior. También se vería participe la calidad de la carga, debido a que aumentaría la fiabilidad de su llegada al destino en condiciones óptimas, tendría como consecuencia un mejor poder de competitividad frente a la rivalidad.

Cabe destacar que no siempre se pueden evitar los riesgos en su totalidad, debido a que supondría una elevación del coste del embalaje debido a que, sería necesario diseñar embalajes específicos para cada situación determinada. Algunas empresas optan por tolerar algún daño muy poco frecuente. Los riesgos que se presentan a continuación, son los más comunes a valorar: [49]

Riesgos mecánicos del transporte:

El embalaje se encuentra en la etapa de distribución se expone a vibraciones, trepidaciones, oscilaciones, aceleraciones y desaceleraciones durante la carga y descarga... En resumen a posibles movimientos que pueden provocar colisiones o choques entre ellos, el derrame o vuelcos del apilamiento, rozamientos entre embalajes o con el medio de transporte y en el peor caso roturas causando daños en el contenido interior. También pueden aparecer debido a operarios inexpertos que no están acostumbrados a manipular la carga.

Riesgos térmicos y climáticos:

Estos riesgos dependerán del entorno y las condiciones en las que va a discurrir el embalaje. Habrá que tener en cuenta qué debilidades presenta el contenido y cómo se tendrá que actuar según estas. Están relacionados con la temperatura, la humedad, la higroscopia del entorno.

Riesgos biológicos:

Habrá que evitar la aparición de bacterias, mohos y hongos, así como protegerlos de insectos y roedores que puedan deterioran el embalaje y afectar

al contenido. Además habrá que tener en cuenta la contaminación por residuos de otros productos, los olores que generan y el comportamiento con carga incompatible.

Riesgos de robo:

Se refiere a actos ilegales como la piratería que en ocasiones se produce en el transporte marítimo durante los embarques o traslados.

Riesgos de transporte:

Se pueden encontrar tanto en carretera como en transporte ferroviario, marítimo y aéreo. Especificando en cada uno de ellos, en carretera nos podemos encontrar con ladeos en curvas, vibraciones, la carga mal asegurada, impacto debido a un frenazo por ejemplo.

En el transporte ferroviario los riesgos son similares, diferenciándose en pequeños temas como puede ser la producción de impactos por el acoplamiento de vagones y maniobras entre trenes, sacudidas que se producen al poner en marcha el tren.

El oleaje es el riesgo más diferenciador que posee el transporte marítimo ya que ninguno de los otros medios lo presenta, además de posibles aplastamientos por el apilamiento a grandes alturas de la carga.

Por otro lado, el transporte aéreo puede presentar riesgos de presión, temperatura, altitud y choques entre la carga por presencia de turbulencias. También un hecho crítico se produce en aterrizajes y despegues.

Riesgos de almacenaje:

Se puede producir el deterioro de la carga si no se tienen en cuenta las condiciones del entorno donde se encuentra almacenada. Además esta deberá de estar correctamente colocada y apilada para evitar tambaleos y con ello vuelques y caídas.

Riesgos de combustión espontánea:

Hay que tener especial cuidado con las cargas que posean material inflamable, como pueden ser: coco, carbón, copra, harina de pescado, paja, algodón, fósforo. La explosión se puede causar por fricción o rozadura o simplemente por una combustión espontánea.

1.7 ASPECTOS A TENER EN CUENTA [34]

ASPECTO ECONÓMICO

La elección del material es el mayor influyente en este aspecto, debido a que dependiendo del material que se escoja tendrá un coste u otro. Eso se acatará según las propiedades que se necesiten para el embalaje del producto a contener como puede ser la necesidad de un embalaje aislante a la humedad. En otras cuestiones el material se rige por la estética y no se piensa en lo económico lo que supondrá una elevación del precio final del producto. Esto ocurre por ejemplo cuando se eligen cajas de madera en vez de cartón por pensar que ofrece mayor calidad en casos en los que el cartón no es un impedimento ya que garantiza su uso.

ASPECTO SANITARIO

Uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta. El envase o embalaje deberá evitar que transmita los olores y sabores externos, además de cuidar su limpieza. También se tendrá que evitar la entrada de sustancias. Se suele tener mayor atención cuando se trata de embalajes destinados a productos alimenticios ya que se puede poner en mal estado el contenido interior.

ASPECTO COMUNICACIONALES

Centrados en llamar la atención del comprador gracias a la estética aportada ya que gracias al diseño realizado convierte al producto en algo atractivo. Esto se realiza teniendo en cuenta el perfil del consumidor, adaptando el envase a sus gustos. Con esto, se consigue diferenciación en el mercado, competir con la demanda y aumentar las ventas.

ASPECTO ECOLÓGICO

Hoy en día el cuidado y preocupación de medio ambiente está teniendo una vital importancia, y con ello se está consiguiendo adoptar concienciación en los usuarios y que prefieran diseños que respeten la naturaleza. Estos diseños se refieren a la utilización de materiales que se puedan reutilizar o reciclar, con menor impacto ambiental...

ASPECTO LEGAL

Se debe tener presente la legislación que está implicada en la fabricación de los diversos envases y embalajes, incluyendo su etiquetado, comercialización y distribución.

1.8 REQUISITOS QUE DEBE CUMPLIR

Cumplir “tanta protección como sea necesaria” en lugar de “tanta protección como sea posible”. [42]

- La mercancía llegue en **óptimas condiciones para el consumidor**, para ello habrá que estudiar y analizar el ciclo que tendrá desde su producción hasta que llega al consumidor.

- El producto **no sufra deterioro** alguno para ello se tendrá en cuenta a lo que el producto va a estar expuesto durante el periodo como puede ser la luz, la humedad, golpes, vibraciones, presión tanto interna como externa...

- Exista una **adecuada relación de costes frente al producto** que protege y transporte, el embalaje no deberá incrementar notablemente el precio de dicho producto que contiene debido a que la empresa perdería demanda frente a la competencia.

- **Fácil de adquirir**, tiene cierta relación con la anterior propuesta, debido a que si hay complicaciones en la obtención de la materia prima del embalaje, incrementará el coste.

- **Proceso de fabricación sencillo**: con ello se reducirán los tiempos de fabricación, el coste a invertir en la maquinaria, la reducción de procesos de acabado superficial y los problemas que se puedan producir en la fabricación.

- **Competitivo**, respecto al mercado, que pueda enfrentarse a la demanda y que se produzcan mayores ventas gracias a su diseño y estética.

- **Cumpla con la normativa nacional e internacional vigente.**

- Permita aprovechar al máximo el espacio disponible, **la optimización del espacio** tanto para el almacenamiento como para el transporte es importante y se consigue con la buena configuración de las piezas. Por el contrario supondría una consecuencia negativa tanto para el medio ambiente como por el aumento del coste.

- **Fácil manejo** para una mejor manipulación del operario a cargo, mejorando la ergonomía y reduciendo posibles lesiones por malos hábitos de movimiento además de reducir tiempos en la ejecución de las actividades.

- **Respeto con el medio ambiente** realizado un **ecodiseño**, pensado en su reutilización o reciclabilidad como por ejemplo reduciendo el uso de material o emplear solo una variedad para evitar tener que separarlos en su reciclaje.

Además utilizar métodos de producción y materia prima menos contaminantes y más eficientes.

- Sean prácticos, manejables, limpios, que controlen la posición y colocación ordenada de su contenido, que permita ver el producto.

- **Seguro en la utilización**, no suponga un riesgo para el comprador del producto.

- **Fácil de utilizar**, que se pueda abrir, cerrar y consumir sin ningún problema y si fuera el caso que no se pueda evitar, poseer unas breves y sencillas instrucciones para su manejo.

- **Buen transmisor de información**, tanto datos sobre el producto que contiene como puede ser sus características, fabricante... que van dirigidas al usuario como indicaciones para el personal trabajador.

1.9 RECOMENDACIONES PARA EMBALAJE [22]

- Llevar el código de identificación GS1 y etiquetas de expedición.

- El embalaje de transporte no debe impedir la visión de los códigos.

- El embalaje debe proteger los productos y sus envases, mantenerlos juntos, resistir el apilado y permanecer estable cuando este esté paletizado.

- Para el embalaje se debe utilizar un material que produzca el mínimo residuo posible y pueda ser valorizado.

- El embalaje debe presentar un diseño ergonómico en cuanto a peso, volumen y forma que permita una manipulación eficiente.

- Debe contener símbolos de manipulación y en caso de mercancía peligrosa también han de estar señalizadas.

1.10 IMPACTO AMBIENTAL GENERADO EN EL SECTOR DE ENVASES Y EMBALAJES

Desde hace varios años se intenta reducir los impactos ambientales que se originan en el ciclo de vida de los envases y embalajes. En este ciclo de vida intervienen factores como la explotación y extracción de los recursos provenientes de la madre naturaleza que forman la materia prima de estos envases, además de los consumos y emisiones generados en el proceso de producción como es el consumo de agua y de energía, emisiones de gases o sustancias nocivas. También se incluyen los efectos que tienen durante el periodo de uso y las consecuencias de la retirada del envase.

Con el auge que está experimentado este sector, por sus grandes aplicaciones que van desde la protección de mercancía hasta el uso como mercadotecnia para la estimulación de la compra enfocada hacia el usuario, se ha tenido que implantar diferentes normas y leyes para tratar de minimizar los impactos ambientales que puedan generar. Así en la actualidad, el 50% del volumen de residuos representan los residuos de envases, así como el 30% de la masa de las basuras domésticas en España.

En otros países de la Unión Europea, como Alemania, Bélgica, Dinamarca y Francia, a principios de los 90 generaron sus propias leyes en cuanto a la gestión de los envases. Posteriormente para unificar los criterios e involucrar a más países, la Comisión Europea estableció la **Directiva 94/62/CE**, relativa a los envases y residuos de envases. En España se creó Ley 11/1997 de envases y residuos de envases incluyendo el **Real Decreto 782/1998**.

La Directiva 94/62/CE se encarga de la prevención de la producción de residuos de envases, propone un sistema de gestión para estos y fomenta el reciclado. Además marca los requisitos que deben cumplir los envases y embalajes, algunos de ellos es la minimización del peso y el volumen, utilización del material más adecuado para el reciclado o la recuperación energética o por compostaje.

Todas estas normas tienen como fin evitar el exceso de uso de materia prima, es decir, la reducción de material a usar, y esto se conseguirá con la reutilización y reciclado de la misma una vez que el envase o embalaje haya quedado en el desuso por el que se había diseñado. También entra en juego la recuperación de valorización y como última opción cuando estas alternativas no se puedan efectuar depositarlos donde corresponda para su eliminación.

Asimismo, para facilitar estas acciones (la recogida, reutilización, reciclaje...) sobre el material del envase, se ha definido un sistema de identificación de carácter voluntario aplicables para la Unión Europea.

Todo esto pensado para minimizar los impactos ambientales fomentando la reutilización, valorización y reciclado marcando unos objetivos y promoviendo la economía circular.



Imagen 29: Imagen representativa de la contaminación [71]

2. EPS COMO MATERIAL PARA EMBALAJE

2.1 HISTORIA EPS

El poliestireno expandido surgió a partir de varias investigaciones por diversos científicos a lo largo de la historia que se ha resumido muy brevemente a continuación.

Comenzó en el siglo XIX en Berlín por la destilación de una resina de ámbar líquido dando como resultado el esteroil. Este compuesto en varios días se espesó debido a una oxidación, denominándose óxido de esteroil, que era un estimulante de las vías respiratorias.

Más adelante a partir de este fluido consiguieron aislar la molécula de estireno y posteriormente se consiguió la polimerización de varias moléculas de estireno, llegando al Poliestireno.

Realizando la expansión de este polímero, se obtuvo en la fábrica BASF el poliestireno expandido, también conocido como corcho blanco. [13] Alrededor de 1930 el poliestireno ya se producía a escala industrial.

Ya en 1952, la Oficina Alemana de Patentes publicaba el “Procedimiento de fabricación de masas porosas con materiales polimerizados”.



2.2 PROCESO DE PRODUCCIÓN EPS

En la producción de embalajes de poliestireno expandido (EPS), se realiza partiendo de la materia prima habiendo sido antes de la transformación, un polímero estireno con un agente expansor denominado pentano. Esta materia prima llega a la fábrica en forma de granos diminutos que irán ampliando su diámetro en el transcurso del proceso.

Para ello se divide en tres etapas diferenciadoras, en las que se observa como la materia prima se va modificando, adquiriendo las características y propiedades necesarias para la obtención de una pieza de calidad. Estas etapas son:

1. Preexpansión:

Se produce en instalaciones que poseen los denominados **preexpansores**, en los cuales se opera con vapor de agua a altas temperaturas. Este vapor funciona como portador de calor.

El intervalo de temperatura de trabajo se sitúa entre los 80 y 110 °C donde se provoca el escape del pentano, el agente expansor. A su vez se produce la entrada de aire y los granos crecen hasta alcanzar 40 veces su tamaño original.

Gracias al aumento de tamaño se consigue disminuir su densidad a unos 10 - 30 kg/m³ [8], pasando de unas perlas pequeñas y compactas a unas ligeras y con aire en su interior.

2. Reposo intermedio

Tras la preexpansión, en el interior de los gránulos se crea un vacío por el descenso de temperatura, debido a esto es necesario penetrar aire por difusión.

La etapa se produce con el almacenamiento de estas perlas en **silos ventilados**, donde gracias al reposo se consigue la estabilización con la eliminación del vapor de agua acumulado en la anterior etapa y además se prepara para la siguiente transformación de moldeo.

3. Expansión final

Una vez que la materia prima se ha estabilizado y condicionado, pasa a las cavidades donde serán moldeadas con la forma final que se requiera mediante el proceso de **moldeo por inyección**. La pieza que se extrae de las cavidades, puede tener infinidad de formas, limitadas por la fabricación del molde. Estas formas pueden ir desde la fabricación de un bloque o lámina que pueden ser tratadas con otros procesos para variar su aspecto y características, o se puede obtener su forma final. Estas dos opciones dependerán de factores externos como por ejemplo el económico que se comentarán en el apartado “2.4 Postprocesos tras la expansión final”.

En la cavidad, una vez inyectado el material, tiene lugar la soldadura entre estos gránulos precisando nuevamente vapor de agua produciendo presión y elevación de la temperatura.

En este paso, es necesario aclarar que el material no entra fundido como ocurre con otros plásticos con el mismo proceso de moldeo por inyección, en este caso al tratarse de EPS, un material espumado, se inyectan los gránulos obtenidos en la etapa de reposo.

Se consigue la expansión de las perlas produciendo la compresión entre estas, lo que conlleva a su soldadura anteriormente mencionada.

Finalmente, una vez formada la pieza, es necesario disminuir la presión acumulada por lo que se rocía con agua y se enfría por vacío. Realizado esto, se extrae la pieza de las cavidades y se almacenan hasta su expedición. En el periodo de almacenamiento las piezas consiguen expulsar todo el vapor de agua que todavía residía en el interior.

Los tiempos tanto de enfriamiento, refrigeración, llenado del molde, estabilización... dependen de varios factores como puede ser el espesor, dimensiones de las piezas a moldear, temperaturas de trabajo, etc.



Imagen 30: Resumen gráfico del proceso productivo

MOLDEO POR INYECCIÓN

El proceso de moldeo por inyección aporta numerosas ventajas a pesar de la inversión inicial que es necesario realizar debido a que se trata de un equipamiento caro.

Realizar la pieza en una sola etapa sin necesidad de una etapa posterior, es una de las grandes ventajas que ofrece este proceso, además de ser totalmente automatizable. Claramente para conseguir el buen acabado mencionado es imprescindible estudiar cada una de las variables.

En esta etapa, el diseño del molde juega un papel importante. Será el elemento encargado de dar la forma final de la pieza gracias a la cavidad que se forma por las dos piezas de las que se compone el molde.

El molde estará formado por un material que soporte las condiciones que se imponen como puede ser las altas temperaturas y presiones o quizás la presencia de aditivos. Un claro ejemplo de material puede ser el acero, el cual consigue resistir estas condiciones sin sufrir un deterioro extremo, como puede ser la oxidación, a lo largo de su vida útil.

En él se sitúan los expulsores, los conductos de refrigeración y el sistema de alimentación como puede ser el bebedero. Todos ellos serán materia de estudio para que la pieza se obtenga en las condiciones deseadas.

Junto con ello, también intervienen parámetros como la temperatura de inyección, del molde y la de expulsión, la presión, tiempo y velocidad de inyección y el tiempo de enfriamiento.

Controlando estos parámetros se evitarán problemas como la falta de llenado o que unos gránulos se expanda más que otros.

Pero por otro lado, en el embalaje el acabado final de la pieza no es lo más importante, es decir si existen marcas de los expulsores, pequeñas rebabas o señales de los conductos de refrigeración no sería necesario un proceso añadido para el acabado ya que es más importante la función (protección del producto) que la estética.

Como anteriormente se ha citado, el coste del molde es elevado, en el caso de que sea necesario realizar una pieza muy similar a otra con pequeños y determinados cambios, existe la posibilidad de incorporar postizos, los cuales permiten ofrecer estas variaciones de la geometría de la pieza sin necesidad de invertir en un nuevo molde por completo.

2.3 ERRORES DE PIEZAS EN EL PROCESO DE MOLDEO POR INYECCIÓN

Es necesario tener muy en cuenta los parámetros, el diseño del molde y las condiciones que intervienen en el proceso de inyección. La mala elección de estos puede causar deformidades en la geometría o transformaciones de las propiedades, como puede ser menor resistencia mecánica por la aparición de tensiones internas en la pieza. [7][40]

Algunos de estos problemas son:

- Pieza incompleta:

Las causas de este error son diversas, puede deberse al poco volumen de material fundido generado por la falta de material en la tolva o porque no ha conseguido fundirse por completo debido a una temperatura baja, con lo cual

a la hora de llenar, este no consigue abarcar toda la capacidad de la cavidad dejando vacía una parte, normalmente se trata de los extremos.

Otras causas son la baja presión de inyección o una velocidad de inyección lenta, lo que supondría una solidificación temprana obstruyendo la entrada total o parcial del bebedero o boquilla.

Incluso, el error también se podría producir por una mala localización del sistema de alimentación del molde, siendo un problema a resolver en la etapa de diseño del molde.

- Aparición de rebabas.

Producidas por una presión de inyección elevada, además de una débil fuerza de cierre del molde produciéndose una pequeña salida de material formando las rebabas en la pieza. Estas normalmente suelen aparecer en la línea de partición.

- Producción de rechupes

La causa por la que se pueden producir rechupes es la lenta solidificación pudiendo ser por una alta temperatura en el molde aumentando el tiempo de enfriamiento.

También puede aparecer este tipo de fallos si la presión de compactación no es la suficiente y el tiempo en esta etapa es muy corto.

- Presentación de línea de soldadura

La pieza será más propensa a sufrir una rotura, donde esté localizado este fallo.

La línea de soldadura se produce cuando dos flujos de material se encuentran. Puede ser porque provienen de distinto canal de alimentación o por la geometría de la pieza, en este último caso la presencia de líneas de soldadura sería inevitable.

Además, se puede producir por una difusión incompleta, la presencia de sustancias extrañas o pequeñas partículas que no han llegado a fundir.

- Pieza con zonas carbonizadas por degradación

Las principales causas son el exceso de temperatura de inyección que el material no puede soportar y produce una degradación en alguna zona y el rozamiento que se produce entre el material inyectado y el molde durante la etapa de llenado.

- Marcas visibles de eyectores o de los conductos de alimentación, líneas de flujo, diferencias en brillo, franjas de color

Estos errores no suponen una debilidad mecánica para la pieza, normalmente se le considera un fallo estético, el cual en las piezas que se requiera buena presentación se tendrá que realizar un proceso adicional para mejorar el acabado.

Se pueden producir por diversos motivos como la gran fuerza que ejercen los eyectores sobre la pieza, además de haber tenido un periodo de tiempo de enfriamiento muy corto o que no se ha producido una homogeneización del material cuando ha sido fundido.

- Deformaciones al desmoldearse

El tiempo de enfriamiento ha de ser el adecuado evitando que sea corto para que no se produzca ninguna deformación al desmoldear. Además habrá que tener en cuenta que la presión y temperatura de expulsión no sea muy elevada.

- Laminación superficial

Producido por una velocidad y temperatura de inyección muy alta pero siendo muy baja la temperatura del molde. Esto provoca que la superficie de la pieza solidifique mucho antes que el centro de esta, haciendo que se produzca rotura en lámina de la parte superficial.

También influye en la laminación si las capas del material no son homogéneos.

Es necesario reducir la aparición de estos fallos, sobre todo los que producen debilidades en la pieza obtenida debido a tensiones internas, grietas, esfuerzos residuales... ya que hacen que disminuya la fiabilidad de que la pieza tenga la vida útil esperada.

2.4 POSTPROCESOS TRAS LA EXPANSIÓN FINAL

Tras la extracción de una pieza de la cavidad del molde, pueden existir dos posibilidades. Una de ellas es que la forma de la pieza no necesita ningún proceso extra, es decir, una vez que ha sido moldeada ya está lista para su uso. Por el contrario, la otra alternativa sería la necesidad de un postproceso con el fin de llegar al diseño final de la pieza.

En este último caso, las piezas que provienen del molde suelen poseer formas sencillas como bloques o planchas. Las cuales no se han realizado directas en el molde debido a factores externos como pueden ser los económicos, la fabricación del molde requiere una amplia inversión que no es rentable si se

trata de la producción de series pequeñas o la realización de modelos, pruebas de piezas, incluso obras de arte o decorativas. Otra justificación de realizar un proceso posterior es en el caso de las planchas que se utilizan en la construcción como aislante que requieren unas medidas específicas.

Los postprocesos normalmente se relacionan con **procesos de mecanizado**, a estos pertenecen procesos de corte o fresado, en los cuales la inversión de la maquinaria no es alta y se adaptan a las variaciones que limitan las formas de las piezas. Pero, por otro lado, en comparación con el moldeo se produciría desperdicio de material.

Los procesos de corte se pueden realizar por diferentes formas, uno de ellos es **el corte térmico**, para el cual se utilizan alambres o hilos calentados a altas temperaturas donde el corte puede ser recto o puede ir eliminando material para obtener una forma tridimensional regulada mediante un software. Otro de los métodos de corte puede ser el **aserrado**, con cuchillas o guillotina que permite cortar la plancha de material con la dimensión deseada. Normalmente este proceso se realiza en una cinta transportadora, donde el material está en movimiento y la guillotina se programa para que se accione en el momento deseado y realice el corte.

Otros procesos completamente diferentes a los comentados, están enfocados y **relacionados con la estética**. Algunos ejemplos son la impresión, pintura y recubrimiento de la pieza. En estos casos hay que dar especial importancia a las tintas o pinturas que se utilicen, ya que si contienen algún disolvente o sustancia que ataque al material podría perjudicar sus propiedades. Pero por otro lado, esta capa que se colocaría en la superficie puede favorecer alguna de sus características como puede ser la resistencia mecánica o la dureza superficial.

2.5 APLICACIONES Y USOS DEL EPS.

El EPS se considera un material muy versátil debido a que se puede emplear en numerosas ocasiones gracias a sus grandes cualidades y propiedades que puede llegar a aportar.

En los campos donde es más usual encontrarlo son en el del embalaje y la construcción, pero aun así, dado a que es fácilmente procesable pudiendo adquirir cualquier forma y su mecanizado no presenta ninguna dificultad, el poliestireno expandido se localiza también en algunos productos aportando atributos más comunes.

Algunos ejemplos pueden ser una tabla de surf, donde aporta ligereza, un casco de bicicleta donde el EPS teniendo como función mantener la seguridad del usuario por su carácter amortiguador, protegiendo ante posibles golpes o una nevera portátil, la cual principalmente está formado por este material gracias al aislamiento térmico que ofrece. [26]



Imagen 31: Ejemplos de objetos utilizando el EPS [72] [73] [74]

ENVASE Y EMBALAJE

Como se ha visto a lo largo de las bases teóricas, las cualidades de este material, tanto su higiene, ligereza, fácil maleabilidad, aislamiento térmico y eléctrico..., hacen que sea óptimo para el sector del envase y embalaje.

Gracias a la higiene que presenta, la cual es posible porque este material no se pudre ni actúa como alimento para microorganismos, hace que sea óptimo para envases destinados a contener alimentos como carnes o frutas.

En el embalaje es utilizado por su carácter amortiguador permitiendo la total protección del producto embalado durante su transporte. También es favorable que sea ligero para el transporte ya que disminuye la carga a transportar y con ello consigue reducir el impacto ambiental.

También en el embalaje de la industria electrónica se puede encontrar el EPS por tener propiedades aislantes, incluso en otras industrias como la química o la artesanal.

CONSTRUCCIÓN

Otra aplicación es en la construcción, donde es útil tanto para aligeramiento como para el aislamiento térmico, acústico y eléctrico, pudiendo encontrarse así en numerosas partes de la edificación como en las cubiertas, fachadas, suelos, sistemas de calefacción de suelos...

Respecto a las cubiertas y fachadas, el poliestireno expandido se aplica como **aislante térmico y acústico**. Estas partes están sometidas a las condiciones de la intemperie como por ejemplo son las bajas y altas temperaturas, las

precipitaciones y otros factores como puede ser los ruidos provenientes del exterior, debido a esto el material tiene función protectora, donde también destaca una mejora de la sostenibilidad debido al ahorro energético que supone y con ello un ahorro económico.

Con el empleo del EPS en las edificaciones se consigue **minimizar las emisiones de CO2** gracias a que el material evita las pérdidas innecesarias de energía en estas construcciones. Esto es gracias a la creación de una envolvente entre las paredes del edificio consiguiendo minimizar la demanda energética de la refrigeración y calefacción.

Hoy en día la aplicación de este material en la construcción es una exigencia que ha de cumplirse debido a los **beneficios energéticos** comentados, además destacar que según la Alianza del Clima, se pueden reducir 460 millones de toneladas de CO2 al año y con ellos un ahorro de 270 mil millones de euros de costes energéticos, si la instalación es la deseada.

El EPS garantiza que sus propiedades no se vean afectadas durante la vida útil de la edificación, por lo que no sería necesario reemplazarlo a no ser que las condiciones no sean las previstas. De todas maneras este aislamiento debe de cumplir con el marcado CE.

Por otra parte, el EPS en la construcción se puede **aplicar en elementos prefabricados**, como pueden ser los llamados paneles sándwich. Estos destacan por su ligereza, lo que favorece el montaje planeado para estos elementos, como por ejemplo un sistema constructivo para viviendas, haciéndolo con mayor rapidez, además de mejorar las condiciones del transporte. También beneficia al operario que esté trabajando con dichas piezas debido a que cargará con productos menos pesados obteniendo una óptima ergonomía, minimizando los problemas de salud y mejorando las condiciones de seguridad.

Otro uso es el **aislamiento del ruido** que puede ser el ruido externo o el generado por los pasos, este último tiene una importancia secundaria, se evita incorporando aislante en el suelo flotante además de conseguir que no se transmita a otros componentes constructivos.

También es habitual aplicarlo para **aligerar el peso de otros materiales** como puede ser en el hormigón. Este material se vuelve más ligero y con mayor poder aislante, pero todo ello dependerá de la cantidad de EPS que se utilice en la mezcla heterogénea, pudiendo así tener diferentes densidades y características. Asimismo, el EPS se puede encontrar en cámaras frigoríficas, sistemas de calefacción flotante, carreteras y otras aplicaciones más. [25] [47]

2.6 TIPOS DE EMBALAJE DE EPS

Como ya se ha visto en el apartado de materiales de embalaje, existen diversas configuraciones que se pueden realizar y todas ellas tienen como requerimiento adaptarse al producto por el que han sido diseñados.

Centrándonos en un solo material, el EPS, el cual es el que va a ser utilizado para el desarrollo de los diseños de embalaje, se va a exponer a continuación el estudio de mercado de las diferentes variedades de tipos que podemos encontrarnos dependiendo de la función que vayan a desarrollar. Por ejemplo podrán servir de separación entre una mercancía u otra, de compensación, para protección durante el almacenamiento y transporte, tanto para unidades de venta o de la mercancía completa, para el apilado y numerosas funciones más.

- **Cantoneras estándar moldeadas:** protegen las esquinas y laterales de los golpes y rozaduras.

- **Planchas de poliestireno:** pueden presentarse con diferentes densidades y espesores. Se suelen utilizar como soporte y separación entre partes en el apilado, aportando mayor protección consiguiendo amortiguar los choques y la compensación por una buena distribución de la carga. También es útil como termoaislante para productos alimenticios.

- **Palés:** útil para el soporte y agrupación de la carga.

- **Peines:** se utilizan como separadores entre piezas frágiles, así se consigue evitar su contacto y que no se dañen ni se rallen entre ellas.

- **Bloques:** su función es compensar cargas y espacios vacíos durante la carga en el transporte.

- **Tacos:** útil como separador evitando movimientos y desplazamientos.

- **Perlas:** las perlas no se han unido en el proceso, para que se almacenen por separado y sirvan como relleno protegiendo su contenido de impactos.

- **Envases alimentarios:** funcionan como aislante térmico y conservan el alimento que contienen en su interior.

- **Envases cerrados:** su interior está adaptado a la forma y dimensiones del producto a contener. Normalmente se trata de productos que necesitan gran protección por ser de gran valor o presentar debilidad superficial a la vez que ser frágiles.

- Cajas para el sector farmacéutico



Imagen 32: Algunos ejemplos de los tipos existentes [75] [76] [77] [78]

Otra posibilidad para el embalaje, sería acompañar el material EPS con otro como por ejemplo el cartón, papel, madera u otros plásticos. Esto se realiza cuando el poliestireno expandido no es capaz de cumplir con los requisitos del embalaje por sí sólo. Un caso puede ser el aseguramiento de la colocación de la pieza de espuma de poliestireno gracias a que el cartón ejerce presión sobre ella, suele ocurrir en el caso del embalaje de muebles pesados, regalos, embalajes que se utilizan también de expositores...

Por otro lado, se puede usar el método de precintado que consiste en envolver con film plástico, adherido a la mercancía junto con la pieza de EPS para conseguir una mayor fijación.

Finalmente, desde el punto de vista de la promoción de ventas, el embalaje adquiere una estética detallada y característica con total libertad para la creación del diseño, incorporando efectos decorativos, utilizando procesos de impresión, pintura y recubrimiento junto con la posibilidad de otros materiales, posibilitando infinidad de alternativas. Todo ello tiene que estar pensado para la protección, que aun así sigue siendo la función primordial.

2.7 PROPIEDADES

PROPIEDADES FÍSICAS

- Densidad

Al tratarse de un material espumado presenta densidades bajas, que dependiendo de la aplicación a la que esté destinada la pieza de EPS tendrá un valor en el intervalo que va desde los 10 kg/m³ hasta los 50 kg/m³. Debido a esto se le caracteriza por ser un material ligero de poco peso en comparación al volumen ocupado.

- Resistencia mecánica

Esta propiedad en el EPS engloba a su vez la resistencia a la compresión para una deformación del 10%, a la tracción, a la flexión y a la cizalladura o también denominada esfuerzo cortante.

Por una parte, la resistencia a la compresión está relacionada con la densidad, aumentando proporcionalmente. Lo mismo ocurre con la resistencia a la tracción y a la flexión, aumentando la densidad también se incrementa esta.

- Aislamiento térmico

La capacidad de aislamiento térmico tanto para el frío como para el calor, que poseen las piezas realizadas a partir de poliestireno expandido, es especialmente buena.

Está relacionado con la estructura interna del material, debido a que es una estructura celular provocado por el aire atrapado en su interior, este aire en reposo posee la propiedad de ser aislante. Alrededor del 98% de volumen del material es aire y el resto está formado por la materia prima, poliestireno.

Esta propiedad queda definida por el coeficiente de conductividad térmica que tratándose de EPS varía con la densidad. Menor densidad significa que posee menos masa de poliestireno y con ello mayor contenido de aire para un mismo volumen, lo que supondrá para la pieza ser mejor aislante térmico.

- Comportamiento frente al agua

El poliestireno expandido es un gran ejemplo de material no higroscópico, es decir no tiene la capacidad de absorber la humedad del medio en el que se encuentra. Esta incapacidad le aporta la cualidad de apenas retener agua en su interior, es impermeable y sus niveles de absorción suelen estar comprendidos en el intervalo que va desde el 1% al 3% del volumen del cuerpo.

[45] Se puede afirmar que el EPS es insensible a la humedad, además de insoluble al agua.

Si el material se encuentra sumergido en un medio acuoso, esta facultad le atribuye la ventaja de impedir transferir partículas que pudieran contaminar estas aguas.

- Estabilidad dimensional

Este material presenta la habilidad de ser muy estable dimensionalmente frente a cambios, como a las alteraciones en la temperatura.

Estos cambios producen dilataciones o contracciones en todos los materiales en mayor o menor medida, dependiendo del coeficiente de dilatación térmica que presenten. En el caso del EPS, se sitúa entre 0,05 y 0,07 mm por metro de longitud y grado centígrado [45], lo que significa que a pesar de una modificación de temperatura extrema, no se producen cambios notables como puede ocurrir utilizando otro material.

En cuanto a los límites del intervalo de temperatura para el EPS, su extremo inferior apenas se presenta. Sí habrá que tener en cuenta la temperatura máxima, la cual no está exactamente definida ya que esta depende de la carga mecánica a la que esté sometido el producto de dicho material y el tiempo de duración. Si se trata de una acción prolongada a partir de los 100°C, la estructura de la espuma empieza a ablandecerse, además de iniciarse su sinterización. [15]

- Comportamiento frente a factores atmosféricos

Como ocurre en numerosos plásticos, el EPS sufre deterioración bajo la presencia de luz ultravioleta. En su superficie se produce un color amarillento, a la vez que su configuración se vuelve más frágil, facilitando el desgaste y erosión frente a agentes atmosféricos como puede ser la lluvia o el viento. Cabe destacar que solo se produciría bajo una exposición prolongada.

Este inconveniente no se considera un gran obstáculo para el sector del envase y embalaje, debido a que no suelen mostrarse durante un largo periodo ante la radiación ultravioleta.

RESUMEN PROPIEDADES FÍSICAS			
Propiedades	Norma UNE	Unidades	Valores aprox.
Densidad	EN - 1602	Kg/m ³	10-35
Conductividad térmica	92201	mW/(mK)	46-33
Tensión por compresión	EN - 826	KPa	30-250
Resistencia a la flexión	EN - 12089	KPa	50-375
Resistencia al cizallamiento	EN - 12090	KPa	25-184
Resistencia a la tracción	EN - 1607	KPa	<100-580
Módulo de Elasticidad	-	MPa	<1.5-10.8
Absorción de agua al cabo de 28 días	EN-12087	% (vol)	1-3

Tabla 1: Resumen propiedades físicas [15]

PROPIEDADES QUÍMICAS

Esta propiedad dependerá de la densidad que posea el poliestireno expandido, teniendo una densidad baja y expuesto a sustancias químicas, el ataque será más notable. El ataque es más intenso debido a que el espesor de la pared de la celdilla será más débil al tener mayor aire en el interior de la estructura.

Aun así, el EPS es estable frente a muchos productos químicos, como a la mayoría de los ácidos y a las bases, las grasas animales y vegetales.

Si se utilizan adhesivos, pinturas disolventes y vapores concentrados de estos productos, hay que esperar un ataque de estas sustancias.

Pero no es estable frente a: Ácidos concentrados (sin agua) al 100%, Disolventes orgánicos (acetona, esteres,..), Hidrocarburos alifáticos saturados, Aceite de diesel, y Carburantes. [15]

RESUMEN PROPIEDADES QUÍMICAS	
Propiedades	Estabilidad
Solución salina	Estable con una acción prolongada
Jabones	Estable con una acción prolongada
Lejías	Estable con una acción prolongada
Ácido clorhídrico (35%) Ácido concentrado (50%)	Estable con una acción prolongada
Aceite diesel	El EPS se contrae o se disuelve
Carburantes	El EPS se contrae o se disuelve
Alcoholes (metanol, etanol)	Estable con una acción prolongada

Tabla 2: Resumen de propiedades químicas [15]

PROPIEDADES BIOLÓGICAS

El poliestireno expandido es muy utilizado para el envase de alimentos, es decir está en contacto directo con estos sin producir ningún inconveniente de incompatibilidad ni ninguna consecuencia perjudicial para la salud (hasta la fecha), cumpliendo las exigencias sanitarias y de seguridad e higiene establecidas.

Es debido a las grandes propiedades biológicas que posee. Consigue conservar los alimentos en buenas condiciones ya que impide la pudrición y descomposición, además de la aparición de moho y no supone sustrato nutritivo para los microorganismos.

Las altas temperaturas podrían empeorar estas condiciones, aunque en estos casos no se suelen dar, porque hasta unos 85°C no se produce descomposición no formación de gases nocivos.

COMPORTAMIENTO FRENTE AL FUEGO

La composición que forma el poliestireno expandido y las condiciones que se presenten durante su vida útil son las que determinan este comportamiento. Siendo la combinación de materias primas, polímeros de estireno, los que contienen un agente de expansión haciendo de estos materiales combustibles.

En cuanto a las condiciones, para que el EPS llegue a inflamarse tiene que alcanzar temperaturas alrededor de los 400 - 500 °C, en el caso de que hubiera fuego sin llegar a estas temperaturas tan altas.

Esta inflamación se produce debido a que este material al estar fundido durante un periodo de tiempo y expuesto al calor, emite productos de descomposición gaseosos inflamables. Su fundición comienza cuando la temperatura sobrepasa los 100 °C, donde empieza a reblandecerse además de contraerse.

Además de la temperatura, también influirá la intensidad y su duración, sin olvidarnos de las propiedades específicas de las materias primas. Esta última nos ofrecerá la posibilidad de cambiar ciertas cualidades del producto si se tratan con aditivos para tener mayor resistencia al fuego. Si posee esta característica se le denomina **Poliestireno Expandido autoextingible**, debido a que posee un agente ignífugo, reduciendo considerablemente la inflamabilidad y propagación de la llama.

Si no tiene este aditivo, según la norma DIN 4102 (1998), se clasifican como “fácilmente inflamables” no siendo aptos para aplicaciones constructivas. En el caso contrario, en el que existe el aditivo ignífugo en su composición, los productos se consideran “difícilmente inflamables” pero no siempre se podrán usar en el campo de la construcción, previamente se realizará un análisis.

2.8 FIN DEL CICLO DE VIDA DEL EPS

Un gran problema que nos encontramos hoy en día es la acumulación de residuos que se generan por el gran consumismo que existe en la sociedad, esto ocurre sobre todo en el campo de los plásticos debido a que la mayoría de envases que son de usar y tirar se realizan a partir de este material.

Un gran ejemplo es la aparición de microplásticos en los océanos, los cuales apenas se aprecian visualmente pero resultan un gran peligro debido a que se encuentran en el medio de vida de los animales marinos e inconscientemente ingieren estos microplásticos dañando tanto su especie como la salud del ser humano.

Para evitar este inconveniente se están investigando y desarrollando nuevas metodologías, siendo lo principal reducir el consumo y fomentando el reciclaje y la reutilización.

En el caso del EPS no se tiene en cuenta como una gran amenaza para el medio ambiente en comparación con otros plásticos por diferentes motivos. El principal es que se considera un material **100% reciclable**, aunque estudios han asegurado que la tasa del reciclado del poliestireno expandido es inferior al 25 % del que se consume, es decir, a pesar de la gran ventaja ofrece este material al ser totalmente reciclable, el ser humano la desaprovecha, por lo que es necesario una concienciación para mejorar la situación promoviendo la recogida del EPS en los contenedores amarillos o en un punto limpio si se trata de una pieza de mayor tamaño consiguiendo una buena sostenibilidad.

Durante su ciclo de vida, es decir las diferentes fases que transcurren desde su producción hasta su fin de vida, posee capacidades que no afectan tan negativamente al medio ambiente como puede ocurrir con otros materiales.

En el proceso de transformación, la energía que se utiliza es en forma de vapor de agua de tal modo que no se generan emisiones tóxicas, ni produce gases relacionados con los CFCs (clorofluorocarbonos) que dañan la capa de ozono y apenas se producen residuos ya que estos son devueltos al proceso de producción si son piezas defectuosas o recortes por ejemplo.

Por último cabe destacar que el EPS gracias a ser un material espumado, está compuesto sólo por un 2% de la materia prima (poliestireno), lo que quiere decir que lo restante, el 98% es aire, lo que favorece, aparte de lo evidente de que no se necesita tanta materia prima para la misma pieza que si se tratara de otro material, es que se relaciona como un material ligero con bajo peso y cuando se emplea para el embalaje cuando es transportado, lo que lleva a un ahorro de combustible en su transporte, aproximadamente de un 40%.

Durante el uso, también se pueden destacar unas notables ventajas gracias a algunas de sus propiedades. Una de ellas puede ser el aislamiento térmico en el ámbito de la construcción donde aporta mayor ahorro de energía y menor contaminación al tener mayor aislación. Por otra parte tampoco emitirá sustancias hidrosolubles que contaminen las aguas.

Pero como se ha mencionado anteriormente, a pesar de todas las virtudes que posee el EPS, si el ser humano no actúa como es debido y no aprovecha las ventajas que ofrece, estas se convertirán en inconvenientes y el medio ambiente se seguirá viendo perjudicado. Si los deshechos no se depositan correctamente en el contenedor pueden acabar en la naturaleza, de donde no desaparecerá porque el material no es biodegradable, además empeorará si

se trata de un medio acuático ya que este flota, se descompone en partes más pequeñas suponiendo mayor facilidad para que los animales marinos se alimenten de ellas, lo cual implica un aumento de mortalidad de la vida marina.



Imagen 33: Acumulación de residuos [79]

Para evitar estos problemas, existen asociaciones como la Asociación Nacional de Poliestireno Expandido, ANAPE, ha creado **el proyecto ECO EPS** buscando aumentar la tasa de recuperación y reciclado de los envases y embalajes usados de EPS, ofreciendo soluciones para la gestión de estos residuos. Esta asociación también trabaja junto con otras organizaciones como CICLOPAST y ECOEMBES.

ANAPE ha instaurado los centros ECO EPS, empresas especializadas en el reciclado del EPS guiándose por la legislación establecida en materia medioambiental y de gestión de residuos aportando diversas soluciones.

Cuando los residuos de EPS llegan al final de su vida se pueden tomar diferentes caminos según el estado en el que se encuentre el material, de la cantidad de desperdicio que se posea de las tecnologías y medios que se dispongan o del futuro uso que se ha establecido para dicho residuo.

El desecho de EPS que está destinado para el reciclaje tiene que cumplir unas condiciones para que se realice de la manera más óptima posible y que en su próximo uso sus propiedades y características no se vean degradadas y cumplan con las expectativas. Aparte de este motivo, también se imponen las limitaciones para que se pueda tratar mecánicamente y no exista ningún problema en el proceso.

Para que sea procesable en su reciclado el material tendrá que estar seco y limpio, es decir libre de cuerpos extraños como partículas de metales o adhesivos. Así el residuo de EPS se va a clasificar según sus condiciones de limpieza para facilitar en medida de lo posible el reciclado determinando el uso

que se va a asignar en el futuro, se pueden distinguir en **TIPO I y II**: Se consideran los desechos limpios o los que son fácilmente de limpiar por el hecho que pueden contener restos de otros materiales que se separan sin ninguna dificultad manualmente o mecánicamente del poliestireno espumado como puede ser restos de cartón, metal o madera, estos son totalmente reciclables. Normalmente provienen de embalajes de electrodomésticos, equipos informáticos, mobiliario... los cuales no están en contacto con alimentos. Por el contrario al **TIPO III** pertenecen los desechos considerados sucios, los cuales antes del proceso de reciclado tienen un proceso añadido de lavado y secado para que sea posible su mecanizado. A ese tipo pertenecen los embalajes destinados al sector alimentario, de sanidad (transporte de órganos), además de en el sector de la construcción cuando se generan escombros de obra. Los pertenecientes al TIPO III suelen destinarse en la construcción de edificaciones para fabricar paneles aislantes gracias a la formación de pellet de estos residuos de EPS, con esta aplicación se consigue una vida útil añadida de entre 30 y 50 años.

También estos residuos se clasifican según su procedencia de recuperación, distinguiéndose tres clases: residuos industriales, del comercio y distribución y residuos domésticos.

- **Residuos industriales**: se trata de los embalajes destinados para el almacenamiento y transporte de los productos. Una vez cumplida su función pasan a ser residuos. Cabe destacar que suelen ser de gran tamaño por este motivo tienen puntos de recogida específico.

- **Residuos del comercio**: a este grupo se consideran los embalajes del sector alimentario entre otros, todos ellos generados en puntos de venta. Estos suelen estar gestionados por empresas especializadas o también se pueden acumular en sus almacenes para posteriormente entregarlo a un centro ECO EPS.

- **Residuos domésticos**: provienen de los envases y embalajes de artículos adquiridos por el usuario por lo que pertenecen embalajes muy diversos. De su recogida se encarga el propietario del artículo y el que debería de cumplir con las recomendaciones del reciclado. Si estos alcanzan tamaños más grandes en volumen requieren su retirada en puntos limpios.

Claramente estos residuos están regulados por la Ley de Envases y Residuos de Envases (Ley 11/97). En la cual implica a los encargados de los residuos industriales y del comercio a entregarlos en las condiciones adecuadas.

Con esta clasificación se puede mencionar el **código LER** (Lista Europea de Residuos), se compone del listado con los diferentes tipos de residuos con el

fin de una mejor regularización de las operaciones del reciclaje. Entrando un poco más en detalle, este listado se codifica con seis cifras, de las cuales las dos primeras se refieren al capítulo del residuo, las dos siguientes al subcapítulo y las otras dos restantes definen al residuo específico. Si posee un asterisco al final, es debido a que se considera un residuo peligroso.

La relación de este código con el embalaje y el EPS, se muestra en la siguiente tabla:

CÓDIGO LER	DESCRIPCIÓN DEL RESIDUO
15 01 02	Envases y embalajes procedente de la industria
17 02 03	Poliestireno Expandido procedente de obras y demoliciones (EPS limpio de escombros y materiales adheridos)
20 01 39	Envases y embalajes de procedencia municipal

Tabla 3: Ejemplos de código LER

APLICACIONES

Como se ha visto existen diferentes tipos según el estado de llegada de las piezas que ya han sido retiradas, dependiendo de estas condiciones y de otros factores tendrán una aplicación u otra, algunas de ellas pueden ser:

- **Fabricación de nuevas piezas de EPS:** mediante un proceso de mecanizado en las piezas recibidas para su reciclado, se trituran para conseguir la granza necesaria para su próximo proceso de moldeo de otra pieza nueva de embalaje, planchas o bloques con contenido reciclado, es decir, ha sido mezclado con materia prima nueva para obtener mejores propiedades en dichas piezas.

- **Tratamiento de suelos:** para esta aplicación también es necesario la trituración del material, gracias a los gránulos obtenidos se mezcla con mayor facilidad con la tierra para mejorar el drenaje y aireación del terreno. Este método también es útil para la aireación de residuos orgánicos y conseguir la elaboración del compost siendo el EPS reciclado un material auxiliar. Además se puede usar para el drenaje del suelo mojado, aligerar suelos barrosos, como agente para el esponjamiento del suelo y como sustrato para las plantas al ser químicamente neutro y compatible con las plantas.

- **Incorporación a otros materiales de construcción:** tras una trituración, la granza que se obtiene se mezcla con otros materiales de construcción como puede ser el hormigón, sirviendo así como aditivo para su aligeración, así se producen ladrillos ligeros y porosos, morteros...

El EPS triturado influye en las propiedades mecánicas del material de construcción aumentando el poder aislante tanto térmico como acústico, reduce el peso y por otro lado abarata el coste del material.

- **Producción de granza:** Los embalajes usados, una vez finalizado su vida útil como pieza de embalaje, mediante procesos de fusión y sinterización que son posibles gracias a que el EPS es un plástico termoplástico, se obtiene otra vez el material de partida, el poliestireno PS.

Así se pueden producir productos mediante moldeo por inyección o por extrusión. Algunos ejemplos son los bolígrafos, perchas, material de oficina, carcasas...

La calidad de estos dependerá del equipo utilizado y sobre todo si el material procesado estaba limpio o ha sido limpiado correctamente, es decir, cuanto menos impurezas y suciedad posea el material a reciclar mayor será la calidad.

- **Material de relleno:** al ser triturados y no realizándose ningún otro proceso posterior se pueden utilizar para el embalaje como material de relleno para mejorar la resistencia al impacto o también servir para el interior de peluches, cojines... todo ello en forma de gránulos.

Todas estas aplicaciones tienen en común el proceso de reciclado el cual es el mecanizado, este se realiza a través de equipos de trituración, las cuales se encargan de trocear y deshacer las formas de las piezas que van a ser recicladas. Después se someterán a una extrusora encargada de moldear utilizando calor y presión la forma final.

Hay que destacar que estas piezas, que contienen EPS reciclado, nunca van a estar en contacto directo con alimentos.

- **Recuperación energética:** Este método se utiliza cuando mecánicamente no se es capaz de tratar o reciclar los residuos de EPS, un ejemplo puede ser cuando el material llega a la planta de tratamiento sucio, es decir, del TIPO III anteriormente explicado.

El procedimiento consiste en la obtención de energía, normalmente en forma de calor, por medio de la quema de estos residuos. Gracias a este modo se consigue un beneficio ambiental siendo siempre segura la recuperación energética de los residuos. Además esta combustión no genera gases nocivos

por el control de emisiones y filtraciones que debe de existir. Las emisiones suelen ser dióxido de carbono, vapor de agua y traza de cenizas no tóxicas.

- **Vertido:** Este sistema se pretende evitar a toda costa, debido a que se pierde la oportunidad del reciclado, reutilización o recuperación de recursos que nos aporta la pieza en cuestión, perjudicando así el medio ambiente que nos rodea.

Es la última alternativa a la que se opta, pero en ocasiones es necesaria realizarla debido a que por cualquier caso no existe otra opción viable. En lo positivo que se puede fijar, es que el EPS al no ser un material tóxico, es estable, inerte sin contribuir a la formación de gas metano causando un menor efecto invernadero.

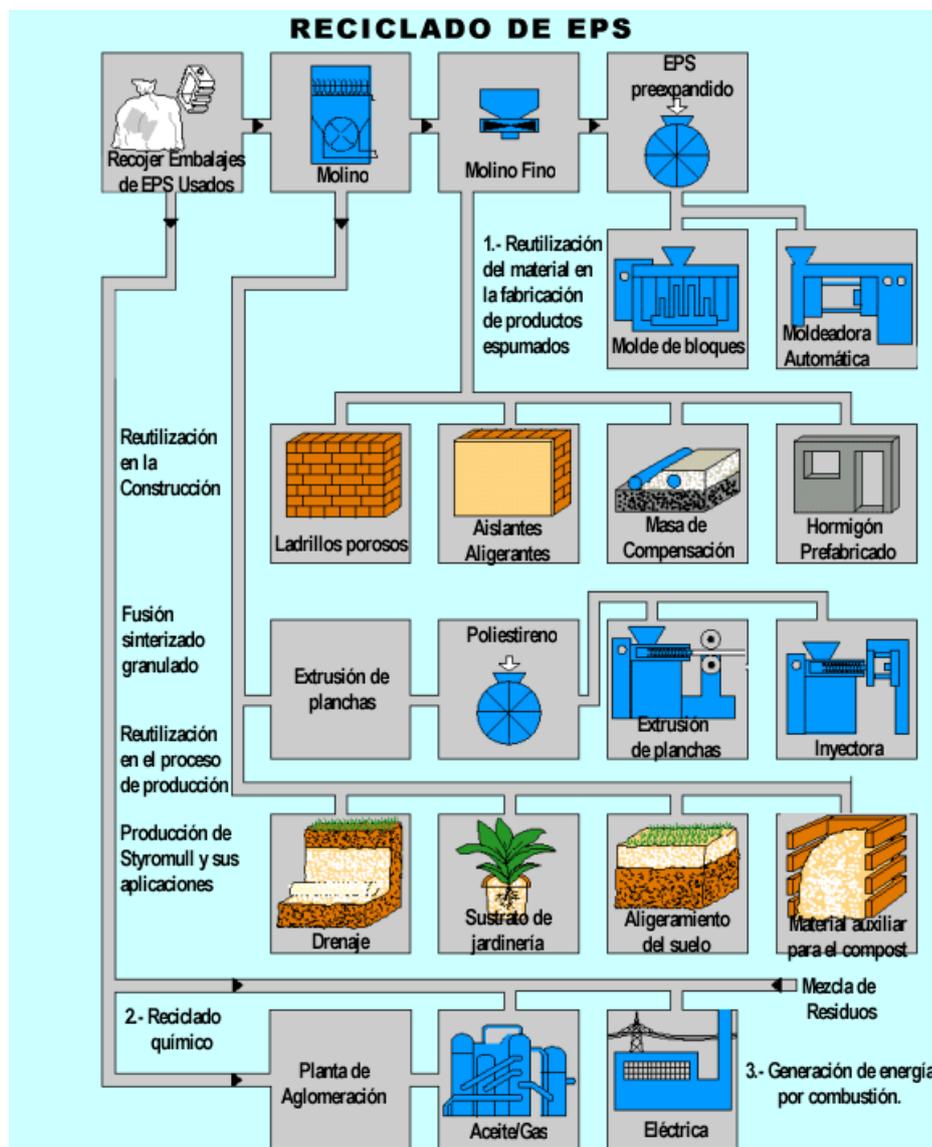


Imagen 34: Resumen aplicaciones en el fin de vida del EPS [45]

REUTILIZACIÓN Y RECICLADO MEDIANTE ARTE

Otra alternativa que nos puede aportar las piezas del EPS una vez que se convierten en residuo puede ser la reutilización creativa. Existen numerosos artistas que han compuesto sus obras y esculturas gracias piezas de embalaje de EPS, convirtiéndose éstas en piezas reutilizadas.

Uno de ellos es Michael Salter quien destaca por diseñar un robot de grandes dimensiones, sobrepasando los 6 metros.



Imagen 35: Giant Styrobot [28]

También realizó una reproducción exacta de un coche de Fórmula 1 a tamaño real.

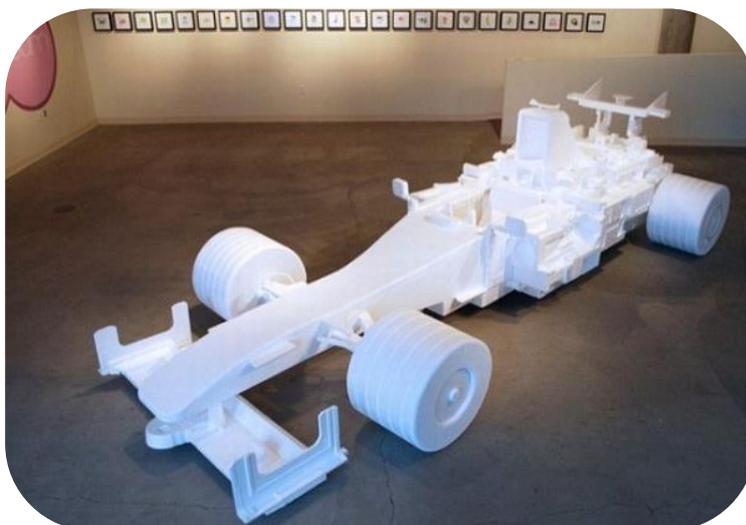


Imagen 36: Styrofoam F1 racecar [28]

Siguiendo con la temática automovilística, Aaron Hauck, un artista de Nueva York, desarrolló un Hummer rosa, en este caso de espuma de polietileno.



Imagen 37: Pink Styrofoam Hummer [28]

También destaca el diseñador Kwangho Lee, utilizó la espuma de poliestireno en el diseño de un mueble, esculpió la espuma en forma de sofá con cierto atractivo estético.



Imagen 38: Styrofoam Sofa [28]

Asimismo, sobresale la lámpara de araña ideado por Eric Lawrence utilizando el embalaje que acompaña a un MacBook de Apple.

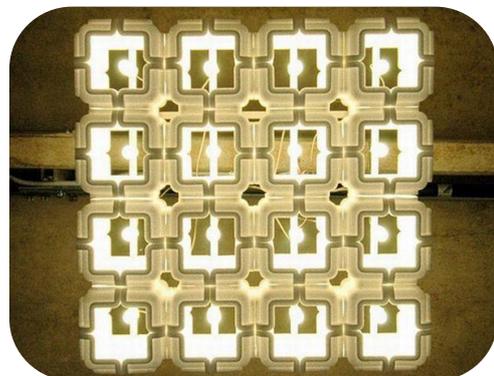


Imagen 39: Styrofoam Chandelier

Otro diseñador de luminaria es Jason Rogenes, a partir de distintos bloques de embalajes de EPS consigue una gran composición futurista y en ocasiones recuerdan a naves espaciales.

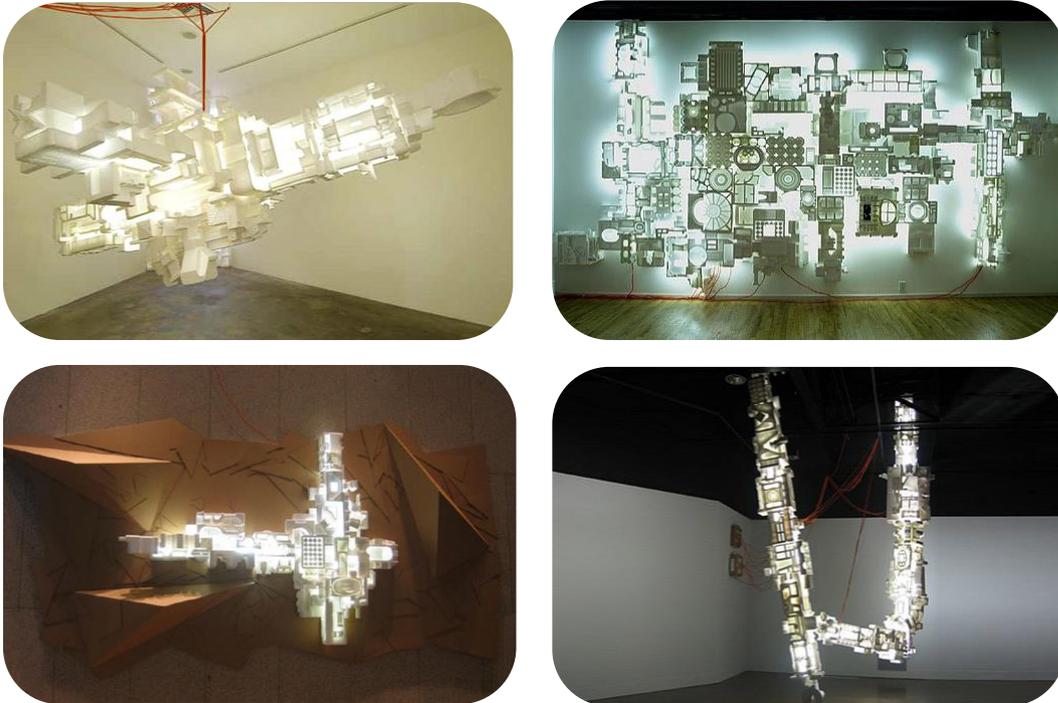


Imagen 40: Luminaria futurista [30]

Todos estos artistas mediante el arte ecológico intentan concienciar a los consumidores y valorizar los residuos, mediante exposiciones de sus obras, de las grandes alternativas que se pueden desarrollar para disminuir la inmensa cantidad de residuos que hoy en día estamos generando y así conseguir mejorar las condiciones del trato con el medio ambiente.

Concluyendo con el apartado del fin de ciclo de vida, mencionar la gran necesidad de la economía circular ya que es imprescindible reducir la entrada de materiales como la producción de desechos. Esto se está llevando a cabo gracias a la incorporación del ecodiseño en los productos creando una gestión sostenible y sin riesgo, afectando a una mejor imagen y reputación de la empresa.

CAPÍTULO 3: Aplicación Práctica

1. Datos de partida para el proceso	69
1.1 Estudio de mercado del producto a embalar.....	69
1.2 Características generales de la pieza de embalaje	71
1.3 Exigencias y limitaciones existentes (Recomendaciones de diseño)	72
1.4 Pliego de condiciones de diseño específico.....	74
2. El EPS como material para embalaje.....	79
2.1 Proceso de trabajo.....	79
2.2 Alternativas creadas	82
2.3 Evaluación de alternativas creadas.....	85
3. Estudio diseño final.....	105
3.1 Desarrollo del diseño definitivo	105
3.2 Ensayos	112

1. DATOS DE PARTIDA PARA EL PROCESO

1.1 ESTUDIO DE MERCADO DEL PRODUCTO A EMBALAR

Para proceder al desarrollo del diseño del embalaje, se ha realizado un estudio sobre los diferentes modelos existentes en el catálogo de la empresa que demanda un rediseño de las piezas de su embalaje para la correcta distribución de su mercancía y que llegue en un estado óptimo al comprador para evitar devoluciones por daños ocurridos durante este transcurso.

El catálogo es realmente amplio y posee gran variedad de formas y tamaños en sus productos, por lo que es inalcanzable realizar un solo conjunto para todos ellos. Pero por el contrario si se abarcará el mayor número de modelos posibles.

Dentro del catálogo se encuentran algunos de los mostrados a continuación, clasificados según la forma y geometría de su planta:

MODELOS RECTANGULARES



Imagen 41: Modelos rectangulares de Teka [60]

MODELOS CUADRADOS



Imagen 42: Modelo cuadrado [60]

MODELO ANGULAR



Imagen 43: Modelo angular [60]

MODELO REDONDEOS



Imagen 44: Modelo de redondeo [60]

MODELO CIRCULAR



Imagen 45: Modelo circular [60]

Al existir tanta multitud de modelos, el diseño de una única pieza de embalaje, la cual, incluya a todos ellos es impensable, por este motivo se ha decidido limitarlo y centrarse solamente en los fregaderos con geometría rectangular o cuadrangular, es decir, que sus esquinas formen entre ellas 90°. Así el tipo de pieza de embalaje que se va a desarrollar va a ser cantonera pudiendo adaptarse a las diferentes dimensiones de largo y ancho que poseen estos productos.

Con esta restricción, se profundizó y se analizaron las medidas exteriores de los fregaderos para posteriormente poder establecer las dimensiones generales del modelo a diseñar. En la tabla se presentan las medidas externas (largo x ancho) relacionado con la profundidad de alguno de los modelos del catálogo.

220	200	190	185	180	175	170	160	150
500*860	500*1000	500*1600	440*465	510*500	500*790	500*1160	500*1160	510*600
	510*860	500*1000				500*790	500*980	
	520*860	500*800					500*860	
	520*600	500*1160					500*1000	
	500*540	500*860					500*790	
	500*440	500*650					500*650	
	510*860	830*830						
	440*740							
	440*310							
	440*380							
	440*440							

Tabla 4: Medidas externas de los fregaderos (largo x ancho) relacionado con la profundidad. Medidas en mm

Las unidades más extremas son las que limitarán las medidas de las piezas esquineras del embalaje a diseñar. Por este motivo se han impuesto unas dimensiones exteriores de 220x200x200 mm (profundidad x largo x ancho).

Se conseguirá proteger el fondo del producto con una dimensión de 220 mm, se puede llegar a pensar que para profundidades mucho menores a esta, como es la de 150 mm de profundidad, se derrocharía gran espacio en altura, impidiendo poder apilar algún producto más. Pero esta decisión tiene la justificación de que es más habitual, como se muestra en la tabla, encontrar fregaderos de 200 mm de profundidad que de cualquier otra medida, por lo que económicamente es más rentable usar la misma pieza para ambos bandos ya que no sería necesario la fabricación de un molde diferente que tener dos piezas de embalaje con diferente profundidad para poder almacenar y transportar más mercancía en un mismo trayecto.

Por otro lado, el espesor del fregadero va a variar debido al material utilizado o a la forma del canto, por ejemplo si presenta un doblez, lo que tendrá repercusión en la ranura de la pieza donde irá encajado el producto. Esto es una parte importante de la pieza, ya que en el embalaje es necesario una correcta fijación entre las piezas de embalaje y el producto a embalar. Si no fuera así causaría problemas de movimientos inesperados que agravarían la inestabilidad del apilamiento de la mercancía y con ello posibles caídas originando daños en el producto, y esto claramente es lo indeseable para la empresa.

1.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA PIEZA DE EMBALAJE

Tras el estudio realizado anteriormente sobre los posibles modelos de fregaderos, contenidos en el catálogo de la empresa que demanda una pieza de embalaje segura y funcional, se han establecido las cualidades y características que debe poseer dicho diseño. Algunas de estas ya han sido mencionadas en el apartado anterior para justificar alguna decisión.

A pesar de las numerosas alternativas existentes sobre el embalaje se ha establecido que la forma de la pieza sea un esquinero debido a su versatilidad y encaje a cualquier dimensión sobre el producto. La consecuencia de la utilización de esquineros es que se necesitan cuatro piezas iguales para conseguir una protección completa.

Por otro parte la forma de este esquinero será sencilla por diferentes motivos. Uno de ellos es por el incremento de coste que supondría, el tiempo de fabricación también se vería aumentado, además de ampliar la probabilidad de riesgos como la rotura de la pieza por poseer formas enrevesadas. Al ser una pieza de embalaje donde la función primordial es la de protección sin

necesidad de obtener una buena estética, imponer una forma simple es lo más adecuado y recomendable.

Además, la estructura de la pieza tendrá que ser pensada para poder resistir ante los impactos que se puedan originar en el periodo que el producto esté embalado, sumando a las fuerzas de compresión que se originan por el apilamiento de la mercancía. Ante todo, las cuatro piezas que forman el embalaje deberán de adquirir la suficiente estabilidad para evitar que se produzca tambaleos o caídas debido a los choques, vibraciones o impactos.

Gracias al material que forma estas piezas, el poliestireno expandido, el cual es muy buen amortiguador ante los impactos, se consigue mejorar las condiciones anteriormente señaladas.

1.3 EXIGENCIAS Y LIMITACIONES EXISTENTES (RECOMENDACIONES DE DISEÑO)

La primera exigencia que se encuentra es la del **material** a utilizar, poliestireno expandido o EPS. Viene dada como característica principal de la creación o rediseño de una pieza de embalaje con dicho material demandada por una empresa de artículos para el hogar. Este requerimiento aporta grandes características como por sus propiedades físicas, químicas... ya estudiadas en las bases teóricas.

También se quiere un **ahorro energético y de tiempo** en la producción, lo que llevará a realizar una pieza la cual se pueda moldear en un molde que posea multicavidades, finalmente serán seis cavidades. Una cavidad formará dos piezas esquineras de fácil separación manualmente, sin necesidad de utillaje auxiliar, con lo cual con una inyección se producirán doce piezas. La pieza emparejada facilitará el manejo de las piezas al operario encargado de apilarlas para su almacenamiento y posterior transporte a la fábrica donde se va a realizar la operación de embalar. Por lo que se afirmarí que la pieza está diseñada **ergonómicamente**. En ningún momento habría que dejar de lado la seguridad en la manipulación de dichas piezas.

Además será ligera, cualidad que se ve favorecida por la utilización de EPS que está compuesto del 98% de aire. Con esto se quiere enunciar que el peso que genera el embalaje sobre la mercancía ha de ser mínimo.

Esta cualidad no afecta a la **protección**, que siempre se tiene que tener presente por ser la función principal del proyecto. La pieza tiene que soportar todas las cargas a las que está sometido, además de aguantar las condiciones que se le imponen.

Su precio **económico** tampoco debe superar excesivamente, intentando siempre minimizar a lo largo del ciclo de producción como en el uso del material. Si aumenta, va a ser rechazado porque aumentaría el precio de venta del producto en el mercado, por lo que el comprador preferirá un producto de la competencia que tenga las mismas características pero precio más asequible.

Finalmente el proceso productivo limita algunas particularidades sobre el diseño de la pieza.

El diseño de la pieza se ve condicionado por el proceso que se utilice para su fabricación, en este caso, se estudiará las limitaciones y soluciones aportadas para el **moldeo por inyección** de la espuma de poliestireno.

Por una parte para obtener una buena estética, la cual se puede ver afectada por la aparición de rebabas o por marcas de los extractores o puntos de inyección, por ejemplo, hay que tener en cuenta la velocidad, temperatura de inyección o la localización de estos extractores.

Al tratarse de embalaje que no posee ningún fin comercial, esta limitación no aporta ningún problema para el diseño.

Lo que sí hay que tener en cuenta son las contracciones que se generan en la etapa de solidificación y a consecuencia de estas tensiones internas que pueden provocar la rotura del material. Será necesario aportar amplitudes para la contracción y encogimiento del material en el diseño de la pieza.

Estas contracciones y tensiones internas se verán favorecidas cuando la pieza posee grandes superficies planas. Dando una pequeña curvatura (0,3%) se pueden evitar ya que aporta mayor rigidez.

El dimensionado del espesor también hay que tenerlo en cuenta, ya que si es demasiado bajo puede solidificarse antes de llenar la cavidad por completo y generar atrapamientos de aire indeseados. Por el contrario los espesores de tamaños exagerados producen mayores tiempos de solidificación junto con contracciones y las tensiones internas. Destacar también que un espesor uniforme será más óptimo, si en el diseño es imposible incorporar la uniformidad hacer el cambio de espesor en una transición suave.

En cuanto a la forma exterior, no será muy adecuado la realización de cantos vivos, siempre es conveniente aplicar pequeños redondeos en sus aristas y esquinas.

Para poder encajar el producto en la pieza, esta dispone de una ranura. Para evitar complicaciones en la fabricación del molde es preferible que el

posicionamiento del macho sea perpendicular a la línea de partición, de no ser así sería necesario machos retráctiles y con ello mayor coste. También es deseable que posea en la base del macho cierta conicidad para aportarle mayor resistencia.

La pieza de embalaje va a incorporar simbología, es decir irán grabados en la superficie. Estos grabados serán en relieve debido a que será más económico mecanizar el molde por vaciado y obtener el negativo.

Por último para favorecer la salida de la pieza del molde, evitando posibles roturas, es recomendable dar cierta conicidad del orden de $0,5^\circ$ a la parte de la pieza que se ve involucrada.

1.4 PLIEGO DE CONDICIONES DE DISEÑO ESPECÍFICO

En el apartado se muestran las especificaciones que son necesarias cumplir para el buen desarrollo del diseño de las piezas de embalaje destinadas a la protección de fregaderos. Si los criterios expuestos y redactados no se ejecutan correctamente, la producción de las piezas no se aceptará como válida, es decir, estos criterios han de cumplirse obligatoriamente.

Todos ellos se han ido estudiando y desarrollando a lo largo de este capítulo que finalmente se ha concluido con este pliego de condiciones específico para el buen embalaje del producto que la empresa demanda.

Estos parámetros razonadamente fijados servirán para delimitar las numerosas opciones de las que se parten. Todas estas pautas engloban desde el material y diseño marcados con sus características y propiedades acordes con los objetivos descritos en la iniciación del proyecto, hasta las condiciones de trabajo que se van a presentar en la fabricación, transporte y almacenamiento de dichas piezas.

Por último, es necesario definir el número de lotes que se van a fabricar teniendo en cuenta las circunstancias a las que nos afrontamos, por ejemplo una de ellas puede ser la capacidad del almacén, no sería óptimo producir grandes cantidades de lotes si el almacén no posee el espacio necesario para esta acumulación antes de su puesta en transporte a la fábrica de embalaje.

Recapitulando, se van a desarrollar así como describir los factores que definen el diseño, entrando en juego el material, sus dimensiones exteriores, las particularidades de ejecución de la pieza y otras limitaciones añadidas.

- Especificaciones del material

En el embalaje se ha comprobado que existen una gran infinidad de alternativas en cuanto al uso del material.

En el proyecto desde el inicio se ha marcado y acotado a la utilización del poliestireno expandido por la empresa que demanda el diseño correcto de la pieza de embalaje para el producto en cuestión. Este material como se ha comprobado, presenta unas características idóneas para la función principal que se desea, la protección del producto embalado con la finalidad de que llegue correctamente, sin ningún daño, al comprador.

La materia prima deberá ser recibida en la fábrica según los criterios establecidos como el peso o la homogeneidad de las perlas, es decir, sin ningún tipo de suciedad.

El EPS seleccionado presenta una densidad de 25 kg/m³.

Por otro lado, para el almacenamiento y transporte de estas piezas van a ser necesarios la adquisición de otros materiales como son los palés europeos elegidos, además de flejes y film de plástico para la agrupación de las piezas consiguiendo evitar posibles vibraciones, movimientos y caídas cuando se encuentran apilados entre ellos.

Estos productos deberán llegar a fábrica según las medidas especificadas al comerciante, así como en perfectas condiciones. Si no fuera el caso, estos productos quedarían desestimados, adjuntando un documento con la descripción del fallo y las medidas a tomar.

- Especificaciones de las dimensiones generales

Realizando un estudio de mercado sobre los productos que van a ser embalados con dichas piezas diseñadas se marcarán las limitaciones. Intentando favorecer siempre al mayor número posibles de productos.

El espesor ha sido comprobado matemáticamente según la norma específica. Estos cálculos se expondrán a continuación en las recomendaciones de diseños.

- Especificaciones de la forma exterior

La forma adquirida del diseño final está relacionada con el embalaje de esquineros. Se ha visto limitado por el gran número de modelos que se quiere abarcar, si se hubiera escogido otro tipo de embalaje como puede ser uno cerrado que se adapta exactamente a la forma, se conseguiría aumentar

enormemente la protección del producto pero sólo serviría para un modelo de fregaderos lo que implicaría un gran aumento de costos por la necesidad de elaboración de moldes para cada uno de los patrones.

Por otro lado, la forma se ha visto involucrada por optimización del uso del material, objetivo impuesto desde el inicio. Se han extraído varias partes en zonas idóneas para no entorpecer la resistencia mecánica precisa para la buena protección y estabilización de la mercancía.

En la forma de la pieza lo único que se ha intentado es mejorar los aspectos físicos por los cuales la pieza inicial presentaba decadencias en cuanto a protección, sin necesidad de variar por completo las características.

- Marcado

La pieza diseñada contendrá en relieve el marcado necesario para la identificación de las cualidades como puede ser el tipo de material, indicaciones de posicionamiento o cualquier símbolo que ayude a identificar al operario que esté realizando una acción específica la información requerida. Este marcado aportará seguridad, pero anteriormente habrá sido necesario una aclaración de significado para evitar confusiones.

- Proceso de fabricación

El proceso de fabricación como ya se ha mencionado en las bases teóricas se va a realizar por moldeo por inyección. Para este proceso es necesario conocer las recomendaciones de diseño para que la pieza se produzca de la mejor manera posible. Estas recomendaciones se van a exponer posteriormente en otro apartado.

- Pruebas a superar

La pieza esquinera junto con las demás, cuatro en total, deberán cumplir con ciertos requisitos mecánicos para que cumplan con la protección deseada de la pieza y no surja ningún imprevisto ni riesgos.

Para ello se realizarán varias simulaciones con la normativa específica para cada uno de ellos. Estos ensayos están relacionados con el apilamiento, con el impacto que se puede producir en una caída libre o un estudio de vibraciones. Los resultados que se obtendrán de las simulaciones nos darán la información necesaria si la pieza es correcta o por el contrario en qué puede fallar para tomar las medidas pertinentes aportando una solución al problema.

- Costo

Respecto al costo, al tratarse de una pieza de embalaje, habrá que tener especial cuidado de no sobrepasar los límites marcados, debido a que el costo del producto aumentaría a su vez, lo cual no es recomendable ya que se desecharía esta pieza por otra de menor coste.

- Reciclabilidad

El EPS es reciclable 100%, por este motivo es primordial promover su reciclado cuando la vida útil de la pieza se da por finalizada. Comienza su reciclaje cuando los desechos se retiran en un contenedor de plásticos, no será necesario en puntos de recogida debido a que el tamaño de las piezas no es excesivamente grande, aunque de retirarlo en estos puntos tampoco sería una opción desfavorable.

Si la retirada de la pieza se produce en la fábrica debido a una defectuosa producción por cualquier circunstancia, por ejemplo, que no se ha llegado a llenar del todo la cavidad con el material o se ha producido una rotura de la pieza, esta iría destinada a la trituración para introducirse de nuevo en el ciclo de fabricación junto a materia prima virgen. Su calidad no se verá afectada aunque se pueden apreciar pequeños cambios de tono del material.

En este proyecto al no existir un contacto directo con los alimentos, se minimizan las regulaciones legales de este sector.

ESPECIFICACIONES DE EJECUCIÓN

A estas especificaciones para la ejecución del proyecto pertenecen un conjunto de factores que se exponen de la siguiente manera:

- Acopio de materia prima

Se refiere a la adquisición de materia prima, EPS, necesaria para la fabricación de piezas de embalaje. Es necesario la presencia de un coordinador o encargado dirigido por él, el cual se tiene que hacer cargo de los pedidos a los proveedores del material.

- Transporte de materia prima

El coste generado del transporte de la materia prima hasta la planta de producción correrá a cargo del proveedor.

- Proceso de fabricación

Se ve involucrado las condiciones de las instalaciones como la maquinaria y utillaje utilizados, además de incluir la mano de obra necesaria para la ejecución de todos los procedimientos.

En cuanto a las instalaciones, donde el almacén, el área de trabajo y de montaje, forman parte de estancias de estas instalaciones, deberán de estar siempre limpias y en perfectas condiciones, es decir que no exista ningún riesgo o peligro mientras se está trabajando en ellas. Debido a esto será necesaria una persona encargada para comprobar y realizar las acciones necesarias para que todo funcione completamente y se cumpla lo anteriormente señalado.

Existirá un almacén destinado a guardar la materia prima, estará situado adyacente al área de trabajo, el cual contará con el espacio necesario para desempeñar las actividades con la comodidad requerida. Además contará con los elementos de seguridad específicos para su actividad y sólo estará permitido la entrada al personal autorizado. Será necesario la comprobación del perfecto estado de la materia prima recibida, en caso que no sucediera así, sería necesaria la inutilización con la correspondiente notificación al superior.

El área de trabajo, donde se encuentra la maquinaria precisa para todo el desarrollo de fabricación de las piezas, poseerá un espacio de trabajo donde todas estas acciones se desarrollen con seguridad y la máxima ergonomía posible para el operario que tiene autorización para desempeñar los trabajos.

En cuanto al almacén donde irán destinadas las piezas producidas para su posterior puesta en transporte, deberá poseer el espacio suficiente así como las indicaciones pertinentes. Estas piezas se apilarán en palés así como se incorporarán flejes y estarán envueltas con film de plástico para evitar, en la medida de lo posible, movimientos y vuelques de la mercancía en el transporte.

Por otro lado la maquinaria, herramientas, elementos accesorios y utillajes necesarios en la planta de trabajo deberán estar siempre en perfecto estado cumpliendo la normativa.

Finalmente la mano de obra será la mínima necesaria para la correcta realización de las operaciones de producción. Además deberán poseer la cualificación necesaria para desempeñarlas con normalidad, seguridad y con la normativa vigente. Estos estarán provistos de la formación necesaria en ese sector y de los elementos de protección individuales cuando sean necesarios.

2. PROCESO DE DISEÑO

2.1 PROCESO DE TRABAJO

El proceso de trabajo comenzó tras la visibilidad de la existencia de importantes problemas en una pieza de embalaje destinada a fregaderos. Estos obstáculos que se presentaban, tratan del incumplimiento funcional de la pieza, es decir, no se alcanzaba la protección en su totalidad. Si se producía un golpe o impacto, la pieza tendía a romperse en la zona de la ranura la cual ponía en exposición a peligros de ser dañado el producto.

Asimismo, las piezas solo iban destinadas hacia una variedad de modelos más reducidos, por lo que era necesario mayor número de piezas de embalaje con características diferentes, lo que supone un aumento de coste económico. En anejo II: Producción de la pieza diseñada por la empresa se muestra en la Fotografía 1 la pieza comentada.

Hasta llegar a la solución final se han desarrollado diferentes pasos que van desde estudios de los aspectos que están involucrados y conocer las causas de los fallos que se ocasionan, hasta el diseño de diferentes modelos con el análisis correspondiente para comprobar la validez o nulidad con su correspondiente explicación. Con su desarrollo se ha podido conocer cuál es el mejor resultado.

El primer paso ha sido el estudio de las condiciones del entorno en el que se va a encontrar el producto mientras está embalado con la pieza en cuestión. En este punto entra en juego el transporte, la temperatura de trabajo, las propiedades del producto a embalar, la capacidad del almacén... dependiendo de todos estos factores el diseño final tendrá unas características u otras, por ejemplo podrá variar en forma o en sus dimensiones.

A continuación, con el desenlace de este estudio, se comienza con el bocetaje con el fin de obtener la solución más apropiada para los objetivos marcados, eligiendo por lo tanto sus características acordes con lo planteado, adaptándolo con el producto a embalar. El diseño final se valorará y analizará para verificar si su funcionamiento es óptimo.

Por otro lado, en este proyecto se ha partido de piezas ya pensadas para estos problemas y que han sido fabricadas para su uso. Estos diseños han sido analizados para conseguir mejorar las cualidades y la funcionalidad. En anejo II: Producción de la pieza diseñada por la empresa, se ven tanto el molde con el que se producen las piezas como la pieza final una vez moldeada.

ESTUDIO DE LAS PIEZAS EJEMPLO

Las piezas ejemplo analizadas han sido pensadas para la protección en el transporte de varios modelos de fregaderos, es decir para su embalaje.

Todas ellas tienen la misma característica, y es que las piezas moldeadas salen de la cavidad formando dos esquineros unidos pudiéndose posteriormente separar con gran facilidad debido a que entre ellos existe un rebaje que permite la rotura en esa zona. Gracias a esto se consigue una mayor productividad con menor gasto energético.

También tienen en común las medidas exteriores, salvo la altura que es regulada mediante postizos según la profundidad que posea el fregadero en cuestión.

La diferencia que poseen son las ranuras interiores, las cuales sirven de encaje con los extremos del fregadero. Su diferencia es debida a que en el catálogo de fregaderos de la empresa hay diversos espesores de los cuales se pretende abarcar con el mismo molde cambiando los postizos que generarían los diferentes grosores de ranuras.

Hay características de la pieza que han sido necesarias incorporarlas por límites del molde, como los redondeos y la pequeña conicidad en los extremos para una mejor extracción y sin roturas de la pieza.

La característica principal que posee esta pieza es que el espesor de la ranura es el mínimo que se puede realizar, 1 milímetro, lo cual supone realizar un escalonamiento, como se observa en la figura 1 para que su funcionalidad sea óptima.

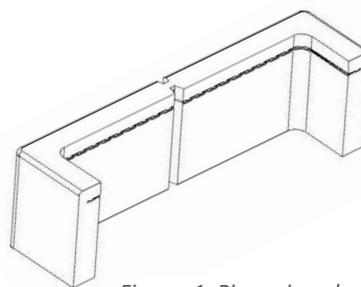


Figura 1: Pieza ejemplo nº1

La figura 2 muestra la ranura de mayor espesor, la cual cambiando el postizo podría cambiar su dimensión sin variar ninguna otra característica de la pieza.

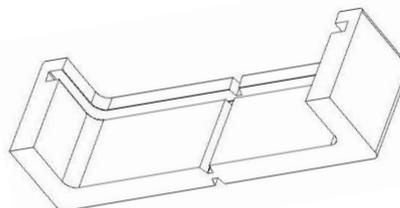


Figura 2: Pieza ejemplo nº2

La pieza que se muestra es la más novedosa de los ejemplos comentados debido a que posee dos ranuras de grosor diferente, lo que proporcionaría menor número de cambios del postizo sin ningún inconveniente. Sería posible encontrar más debilidad en la pieza al contener más ranuras pero al estar bien posicionadas, este problema no se produciría.

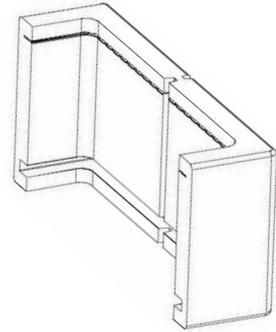


Figura 3: Pieza ejemplo nº3

Hay que destacar que todas ellas poseen en su superficie trasera hendiduras para minimizar material y así reducir costes, además también contiene simbología informativa tanto del material utilizado (EPS) como de posicionamiento para una mejor identificación.

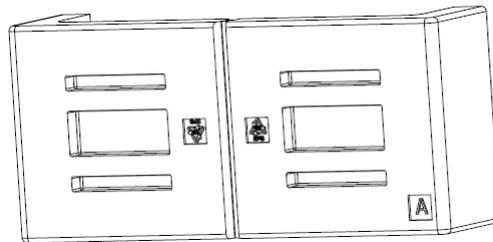


Figura 4: Cara exterior de las piezas

Una vez estudiado las piezas ejemplos, se ha dispuesto al rediseño de las esquineras para poder incorporar algún beneficio complementario. De este modo se han llegado a diez modelos diferentes, los cuales también han sido analizados con más profundidad para poder llegar a un diseño correcto y coherente, evaluando todas las posibilidades.

2.2 ALTERNATIVAS CREADAS

En este apartado se van a tratar los diez modelos más característicos que se han pensado para sustituir el actual embalaje.

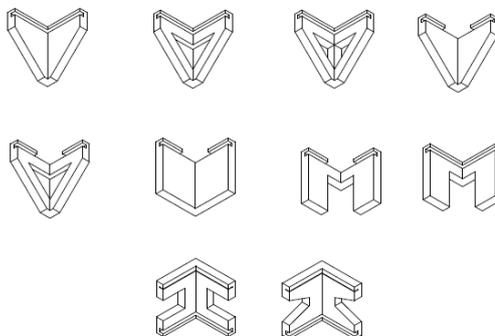


Figura 5: Diseños previos

En el comienzo de todos los diseños se han establecido tanto los objetivos que se espera del embalaje como las características, condiciones y cualidades necesarias para su cumplimiento.

Así se han especificado las dimensiones exteriores e interiores proveyendo en cada caso como quedará sujeto el producto a embalar y si es coherente con los objetivos marcados.

Además el diseño quedaría definido siguiendo unas pautas para que sea posible el apilamiento junto con otros materiales auxiliares como es la caja de cartón ondulado que recubre todo el conjunto o los palés que los sostienen.

Será importante saber en qué condiciones se trabaja para que el diseño sea acorde con lo marcado y sobre todo para qué va a ser utilizado y cuál es el objeto a contener, ya que dependiendo de lo que se trate habrá que encaminarlo en un sentido u otro. En este caso se trata de un fregadero normalmente compuesto de un metal como puede ser el acero o aluminio inoxidable, el cual habría que protegerlo de los daños que se pueden producir al ser golpeado. Se tendría que especificar el grado de sensibilidad que tiene el producto a embalar o las alturas máximas a las que se tiene que afrontar. Por este motivo es necesario conocer las circunstancias de almacenamiento y transporte que influyen en nuestro embalaje.

Con esto se quiere señalar que otras funciones que definen el embalaje quedan suprimidas como puede ser el aislamiento térmico, el cual está dirigido hacia los sectores alimenticios o farmacéuticos, donde se tendría que tener especial cuidado con las temperaturas en las que se van a operar o la duración de estas

porque los productos pueden verse en mal estado por tener un carácter perecedero.

Otros factores que pueden limitar el diseño pueden ser las necesidades económicas, el proceso de fabricación, la colocación del producto, las dimensiones del palé para una mejor optimización en el almacenamiento..., todas ellas comentados en los apartados anteriores.

Todos ellos son embalajes de cantoneras, es decir, consiguen proteger todo el producto a través de la incorporación de estas piezas en todas sus esquinas. Se eligió este tipo de forma para el embalaje ya que tras el estudio de mercado de los diferentes embalajes era el que puede dar mejores resultados dada su gran versatilidad para proteger productos de diferentes dimensiones, cualidad que es imprescindible para el problema definido. En todos los modelos se han tenido presente estas ideas principales junto con el pliego de condiciones que hay que tener presente en todo momento:

- Reducción de material
- Pensado para la producción en una multicavidad
- Válido para varios modelos
- Protección del producto embalado

En todos ellos se ha ido jugando con la extracción del material para conseguir una reducción de material.

De las piezas 1-5 comparten la extracción de la base por el corte de la cartonera en un ángulo de 45°, diferenciándose en algunas características como se observa en los croquis.

En pieza 2 se ha realizado un pequeño rebaje en el centro, en cambio en la pieza 3 se ha extraído mayor volumen de material pero dejando la columna central para no perder consistencia.



Figura 6: Pieza diseñada nº1

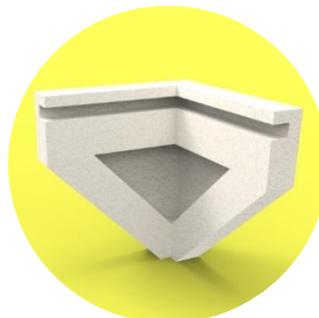


Figura 7: Pieza diseñada nº2

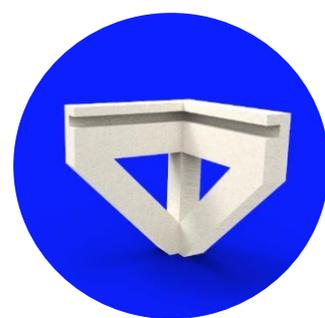


Figura 8: Pieza diseñada nº3

Por otro lado la pieza 4 y 5 se ha realizado un vaciado de material en la zona de la ranura, diferenciándose en el rebaje como en el ejemplo 2 que posee la pieza 5.

En la pieza 6 se ha conservado la forma de la cantonera inicial pero con la misma extracción de material que en las piezas 4 y 5.

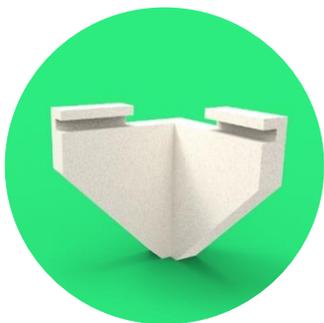


Figura 9: Pieza diseñada nº4

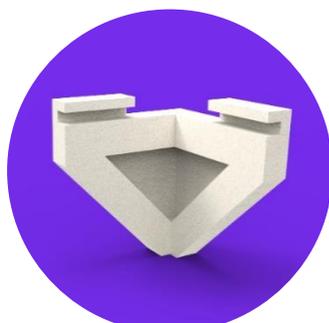


Figura 10: Pieza diseñada nº5



Figura 11: Pieza diseñada nº6

También se probó vaciando material en la zona central de la base de la pieza, dejando dos puntos de apoyo diferenciados.



Figura 12: Pieza diseñada nº7

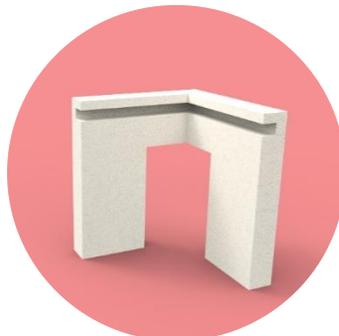


Figura 13: Pieza diseñada nº8

En las dos últimas piezas se ha considerado la idea de la pieza ejemplo, que somete a una misma pieza a incorporar dos ranuras con espesor diferente valiendo así, para un número más amplio de modelos. La diferencia con la pieza original es la extracción de material como se muestra en la figura.

En ambas se ha extraído el material en los laterales de la pieza sin modificar la superficie de apoyo, en la última de ellas este vaciado se ha realizado con un ángulo a diferencia de la pieza 9 que se ha diseñado con ángulo recto.



Figura 14: Pieza diseñada n°9



Figura 15: Pieza diseñada n°10

Algunos de estos ejemplos se prevé que tienen posibilidad de fallar si se le somete a mucha carga, por este motivo se ha decidido evaluar sus características por un ensayo de compresión por apilamiento vertical, en el que se van a establecer las condiciones que se presentarían cuando el producto está embalado y apilado en el almacén para su próxima puesta en venta.

Gracias a este ensayo se va a conocer que modelos son válidos o no y si se presenta algún error la localización de este. Tras esta comprobación se podrá realizar el diseño definitivo más conveniente ya que se rechazará las piezas que aporten problemas o sean inviables o se aceptarán las cualidades que favorezcan dicho diseño.

2.3 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS CREADAS

ENSAYO DE COMPRESIÓN POR APILAMIENTO VERTICAL

Para la realización del siguiente ensayo se ha regido por la norma **UNE- EN ISO 2234**: Embalajes de expedición completos y llenos y unidades de carga. Ensayos de apilamiento usando una carga estática. Dicha norma tiene redactado tres métodos que se pueden llevar a cabo para un ensayo de apilamiento sobre un embalaje, analizando posteriormente los efectos que se provocan, como pueden ser la deformación, el deslizamiento, colapso o rotura.

El ensayo se va a realizar colocando sobre una superficie plana y horizontal la carga correspondiente que simularía las condiciones reales de trabajo como por ejemplo el periodo de tiempo bajo la carga, la posición del embalaje, las condiciones atmosféricas...

En este caso, se va a analizar en suponiendo que la carga opera en condiciones atmosféricas normales, es decir a 20°C.

Por otro lado, los datos necesarios se irán obteniendo a partir de las características del diseño, del objeto a embalar (el fregadero) y de las normas que se tienen que cumplir como por ejemplo la de la altura máxima de apilamiento en un pallet o la capacidad de almacenamiento que se posee.

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE FREGADEROS DESTINADOS AL EMBALAJE CON LA PIEZA DISEÑADA

MATERIAL	Nº CUBETAS	DIM. EXTERIORES (cm)	PESO (KG)
Acero inoxidable	2	82,8 x 55,4 x 18,8	5,18
Acero inoxidable	1	43,5 x 43,5 x 20	2,15
Acrílico	2	49,5 x 81,6 x 20	19,8
Cromo	1	49,5 x 80 x 20	7
Acero inoxidable	2	90 x 55,5 x 20	6,88
Acero inoxidable	1	80,5 x 48 x 20	6,36
Acero inoxidable	1	58 x 43 x 20	3,85

Tabla 5: Características de la variedad de fregaderos existentes

Como se puede observar, el objeto a embalar varía demasiado en sus características según del modelo del que se trate.

Para la realización del ensayo es necesario conocer el peso de la carga, para ello se va a suponer que el peso de un **fregadero ronda los 7 kg**, es el peso que se considera más desfavorable y a la vez común entre los productos, dimensión aproximada que dará un margen de error para los que tengan un valor mayor.

Además, **se añadirá 0,5 kg** por el peso que suponen las cajas, las pequeñas piezas de EPS y el film que recubre las cajas apiladas.

En cambio, la altura de la carga va a estar condicionada por la altura del embalaje ya que esa será mayor que la profundidad del fregadero para poder proteger el fondo de posibles golpes. **La altura estimada serán 230 mm** (incluyendo también el espesor de la caja de cartón que contendrá el conjunto).

La altura máxima de apilamiento en el palé son 1500 mm, como se ha dicho anteriormente se van a situar cajas con altura 230 mm, el número de cajas será:

$$1500 \text{ mm} / 230 \text{ mm} = 6,52 \text{ Se apilarán 6 cajas por cada palé}$$

La altura máxima que se podrá apilar serán **6000 milímetros** debido a la limitación de la **altura del almacén** que se ha supuesto. Con lo cual se podrán apilar:

Una altura de un palé con 6 cajas:

$$144 \text{ mm de espesor del palé} + 6 \text{ cajas apiladas} \times 230 \text{ mm de altura} = \\ = \mathbf{1524 \text{ mm de altura del conjunto.}}$$

$$6000 / 1524 = 3,93 \text{ conjuntos (palé + las 6 cajas)}$$

Se podrán apilar 3 conjuntos debido a que 4 conjuntos sería inviable, además de no dejar el espacio suficiente para poder manipular dichos conjuntos.

Las cajas totales que se situarían en una altura serían **18 cajas**. Esto supone que la caja que se encuentra en el inferior soporta una carga 17 cajas apiladas además de los dos palés que forman y soportan los conjuntos, es decir, 177,5 kg si consideramos que cada una tiene una masa de 7,5 kg y el palé tiene una masa de 25kg.

La fuerza soportada tendrá un valor de: $177,5 \text{ Kg} \times 9,8 \text{ N/Kg} = \mathbf{1739,5 \text{ N}}$

También es destacable que esta **fuerza es una distribución lineal**, es decir se da en toda la superficie superior de la caja, en otras palabras, no está aplicada sólo en un punto de esta. La superficie de la caja está soportada por cuatro piezas esquineras de EPS, con lo cual la fuerza 1739,5 N se va a ver repartida:

$$1739,5/4 = 434,875 \text{ N soportará cada pieza}$$

Dimensiones de la superficie donde se aplica la presión:

$$165 \times 35 + 35 \times 200 = 12.775 \text{ mm}^2$$

$$274,4\text{N} / 12775 \text{ mm}^2 = 0,034 \text{ N/mm}^2 =$$

$$= \mathbf{0,034 \text{ MPa soporta la superficie de la pieza}}$$

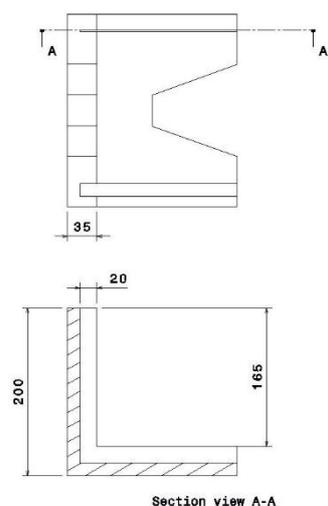


Figura 16: Croquis de la superficie donde se ejerce la presión

También la ranura de la pieza se ve sometida a una fuerza de presión debido al peso del producto que está embalando, los 7 kg del fregadero:

$$7 \text{ Kg} \times 9,8 \text{ N/ Kg} = 68,6 \text{ N}$$

La ranura una superficie de:

$$20 \times 185 + 20 \times 165 = 7000 \text{ mm}^2$$

Lo que la fuerza resultante por superficie será igual a:

$$68,6 \text{ N} / 7000 \text{ mm}^2 = 0,098 \text{ N/ mm}^2 = 0,0098 \text{ MPa}$$

SIMULACIÓN DE LA FUERZA APLICADA EN EL APILAMIENTO

La siguiente simulación se va a realizar a partir del software Autodesk Inventor, en el cual es necesario insertar una serie de datos que concreten la situación en la que se está trabajando.

Este software será útil para conocer el comportamiento físico que tendrá la pieza en ciertas situaciones. Esto será calculado automáticamente con la definición de la geometría y sus propiedades físicas.

Los datos generales especifican las propiedades del material (figura 17), las restricciones que posee la pieza, es decir que movimientos están bloqueados y por último la dirección, magnitud y superficie donde actúan las fuerzas. También influirá el punto de discretización, es decir la elección del mallado, cuantos más nodos posea mayor será la precisión del resultado.

Propiedad	Valor
Nombre	Espuma de poliestireno (EPS)
Descripción	Activo estructural de plástico.
Palabras clave	PS, estructural, Plástico
Tipo	Plástico
Subclase	Termoplástico
Origen	Autodesk
URL de origen	
Térmico básico	
Conductividad térmica	3,500E-02 Con (m · k)
Calor específico	1,210 J/ (G · ° C)
Coefficiente...ión térmica	126,000 μm/(m·°C)
Mecánico	
Comportamiento	Isótropo
Módulo de Young	0,035 GPa
Coefficiente de Poisson	0,35
Módulo cortante	9,000 MPa
Densidad	0,025 g/cm³
Resistencia	
Límite de elasticidad	1,000 MPa
Resistencia ...a tracción	0,350 MPa

Figura 17: Propiedades del EPS en Inventor

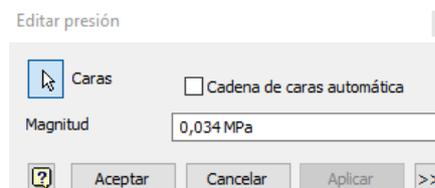
Las restricciones que se van a imponer para conocer el comportamiento que se tendrían para cada una de las piezas, va a ser para todas las mismas, estas son:

- En los planos interiores que están en contacto con la pieza se colocará una restricción sin fricción, debido a que al estar en contacto con las paredes del fregadero, estas impiden el movimiento horizontal pero si la pieza se deforma por el peso puede existir un leve movimiento vertical.

- Por otro lado, el plano en contacto con la base, es decir el plano inferior de la pieza tendrá una restricción fija, impidiendo cualquier movimiento en dicha superficie.

Para un mejor análisis en la ranura se va a colocar una forma geométrica simulando el fregadero, el prisma va a encajar perfectamente como lo haría el producto a embalar. Además para tener mejores resultados y más acordes con la realidad, se le va a asignar a este prisma el material acero inoxidable. Por otro lado no se va a tener en cuenta la fuerza que genera el peso de la unidad de fregadero calculada anteriormente (0,010MPa) y que iría ubicada en el plano inferior de la ranura ya que, se ha comprobado que no genera modificaciones visibles ni importantes.

La presión que se va a ejercer en el plano superior de la pieza es de 0,034 MPa, calculado anteriormente:



Una vez que se conoce el entorno habitual que actúa sobre la pieza, el software nos proporcionará varias informaciones diferentes. Estos estudios se van a centrar solamente en la evaluación de la Tensión de Von Mises y el Desplazamiento ya que se han considerado los más influyentes para el diseño.

En cuanto a la Tensión de Von Mises, engloba a las tres tensiones principales por este motivo sólo se analizará este parámetro:

$$\sigma_{\text{Mises}} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2}{2}} = \sigma_{\text{yld}}$$

Para su evaluación será necesario comparar el dato proporcionado por Autodesk Inventor y el módulo de Young, donde la tensión nunca tendrá que sobrepasar el valor de este módulo, ya que de ser así significará que la carga a la que está sometida la pieza produce una deformación plástica, es decir, permanente a la geometría del diseño.

El otro estudio que se realizará será sobre el desplazamiento, servirá de ayuda para conocer los desplazamientos que se pueden realizar al someterla a una carga y si estos son perjudiciales para el producto a embalar.

PIEZA n° 1

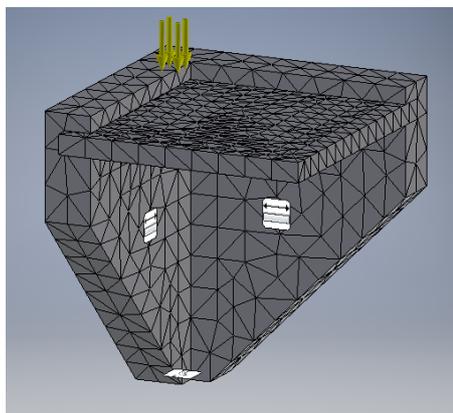


Figura 18: Situación Pieza n°1

TENSIÓN DE VON MISES

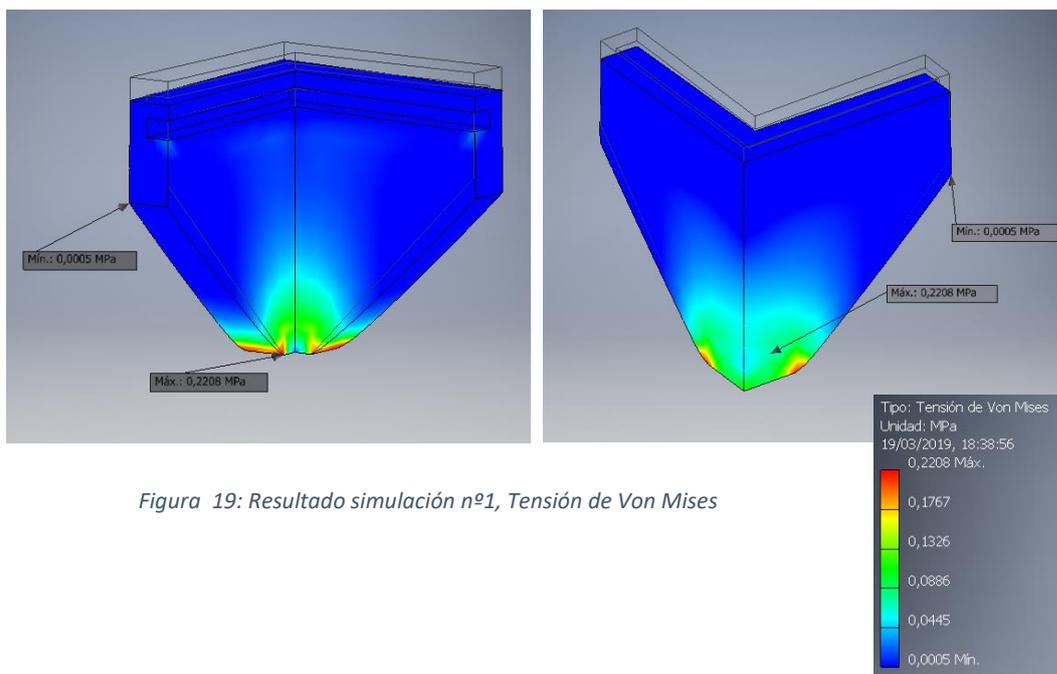


Figura 19: Resultado simulación n1, Tensión de Von Mises

DESPLAZAMIENTO

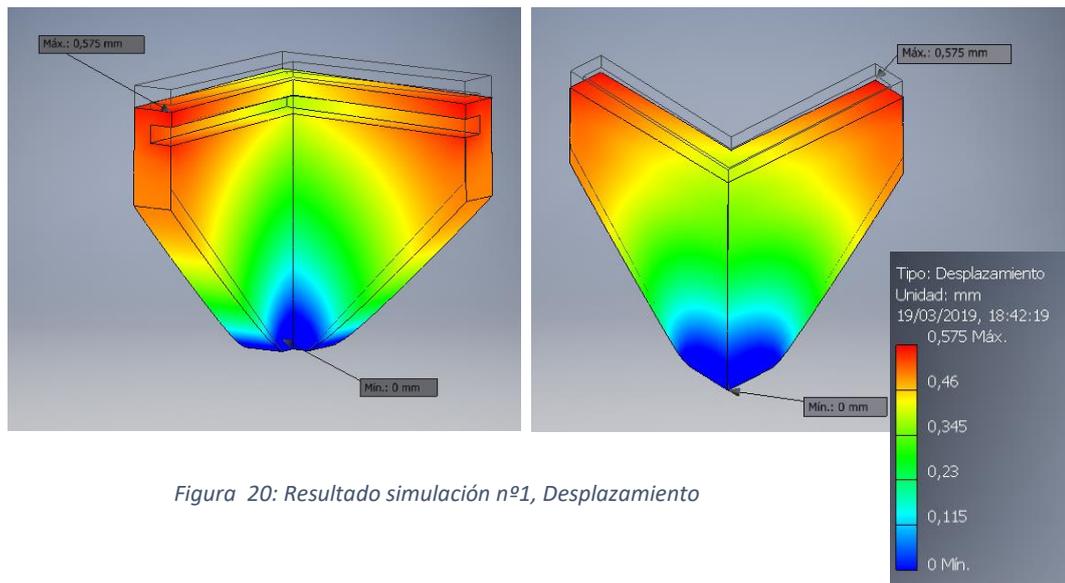


Figura 20: Resultado simulación nº1, Desplazamiento

PIEZA nº 2

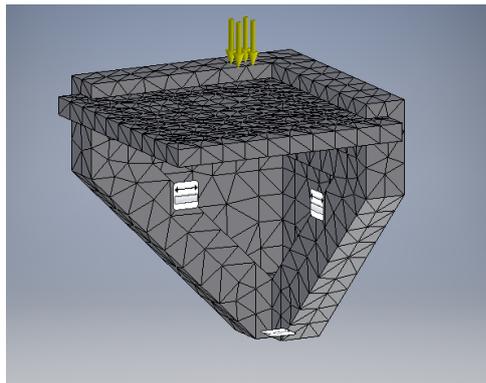


Figura 21: Situación Pieza nº2

TENSIÓN DE VON MISES

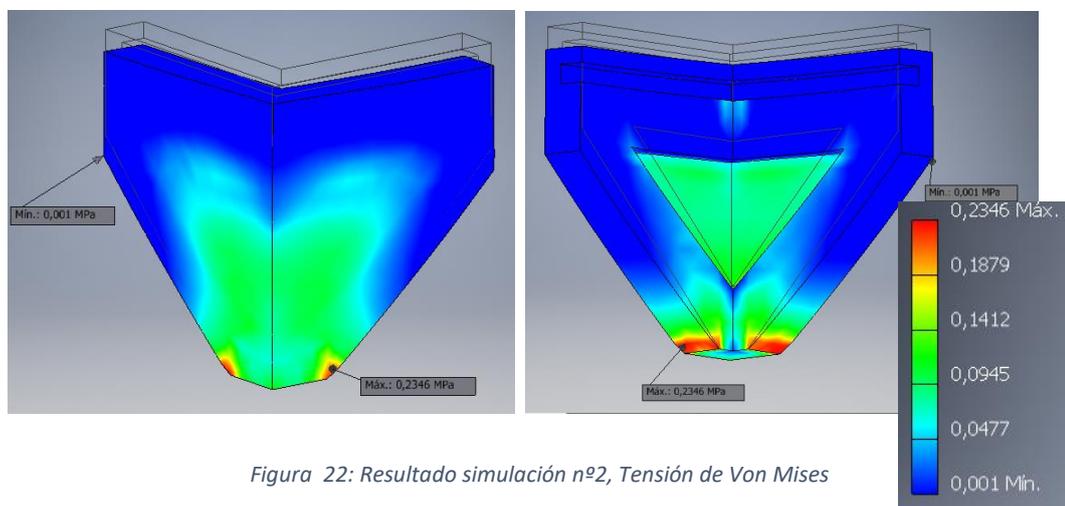


Figura 22: Resultado simulación nº2, Tensión de Von Mises

DESPLAZAMIENTO

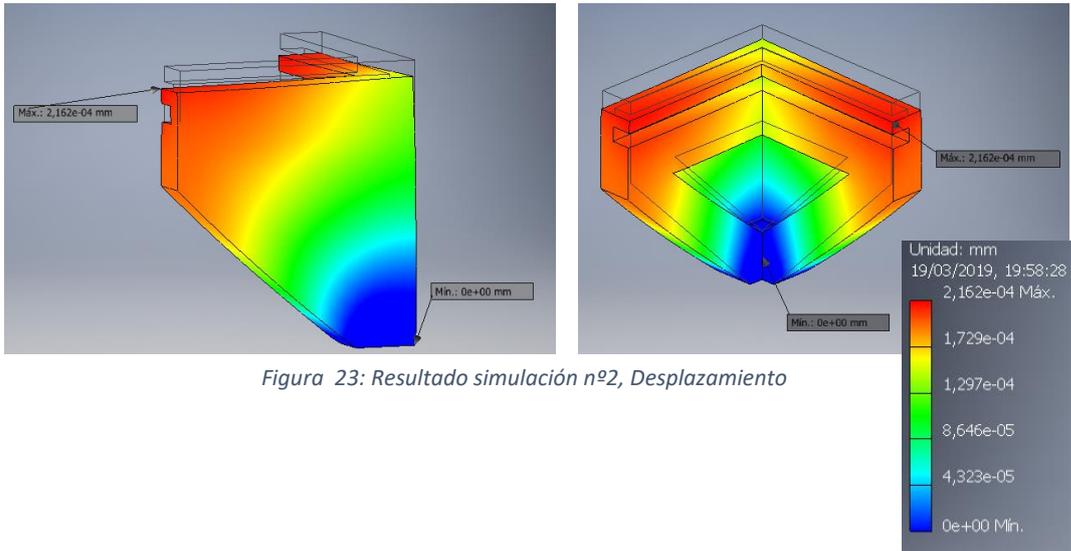


Figura 23: Resultado simulación nº2, Desplazamiento

PIEZA nº 3

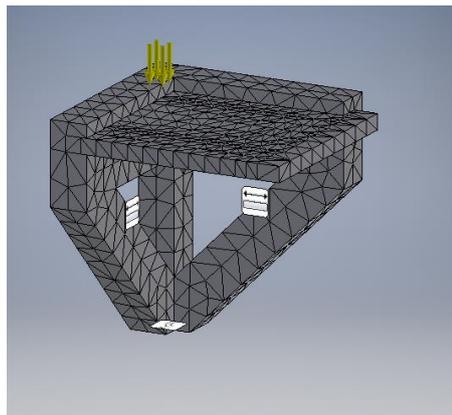


Figura 24: Situación Pieza nº3

TENSIÓN DE VON MISES

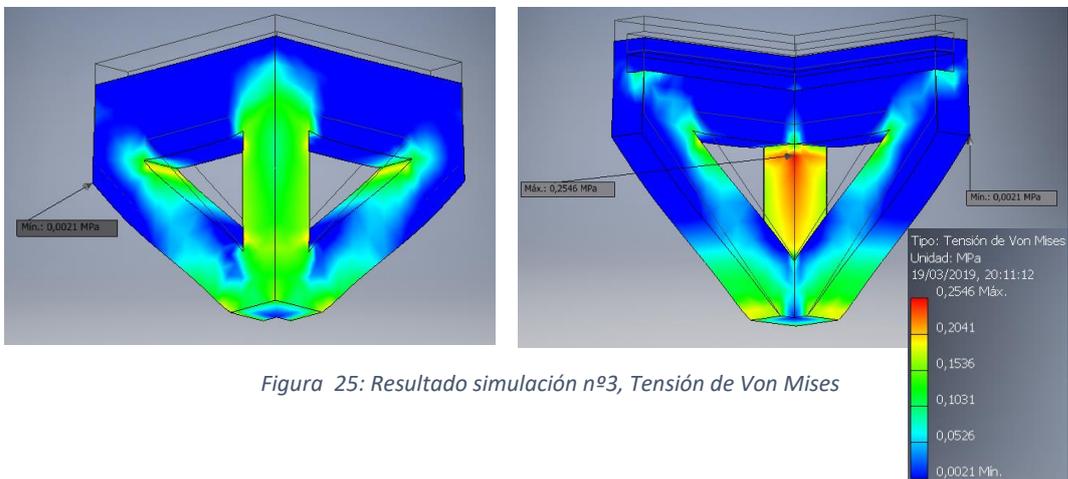


Figura 25: Resultado simulación nº3, Tensión de Von Mises

DESPLAZAMIENTO

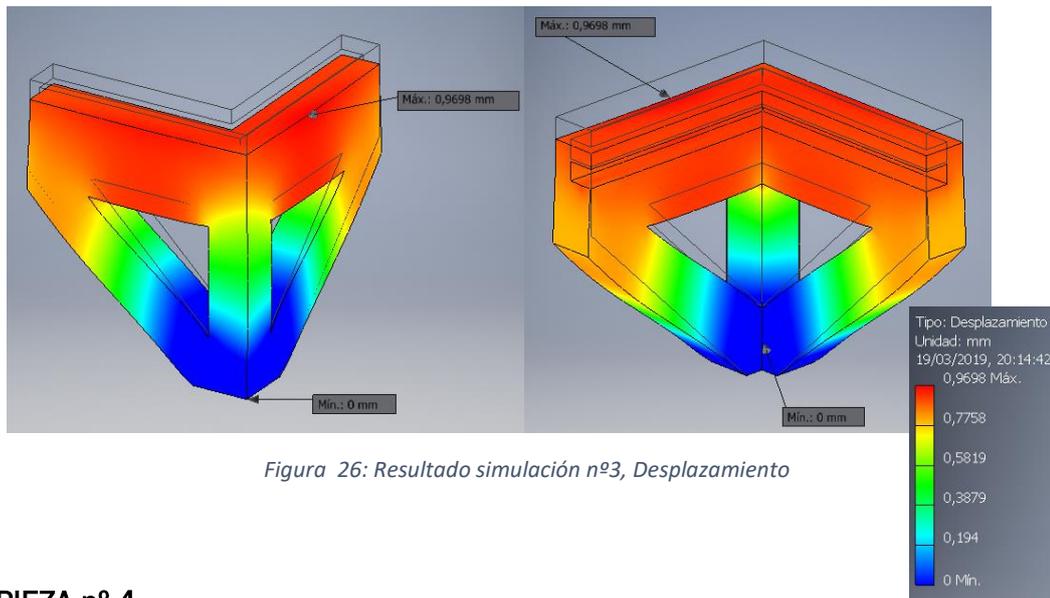


Figura 26: Resultado simulación nº3, Desplazamiento

PIEZA nº 4

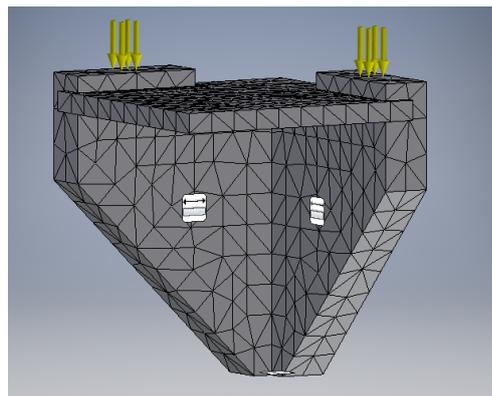


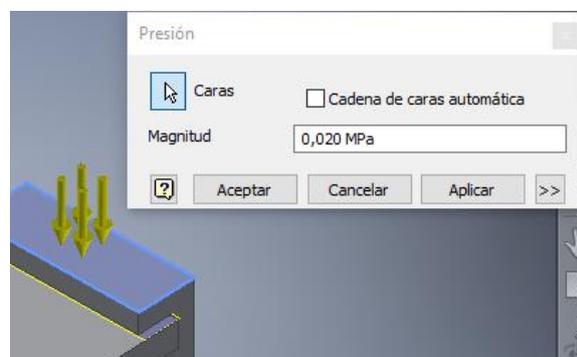
Figura 27: Situación nº4

La fuerza se verá modificada ya que en este caso la parte central se ha extraído quedando una superficie: $2 \times 35 \times 100 = 7000 \text{ mm}^2$

274,4N la fuerza que se genera en el apilamiento:

$$\begin{aligned} 274,4 \text{ N} / 7000 \text{ mm}^2 &= \\ 0,0392 \text{ N/mm}^2 &= \\ &= 0,0392 \text{ MPa} \end{aligned}$$

La superficie que soporta los 7 kg de fregadero no varía (0,0098 MPa)



TENSIÓN DE VON MISES

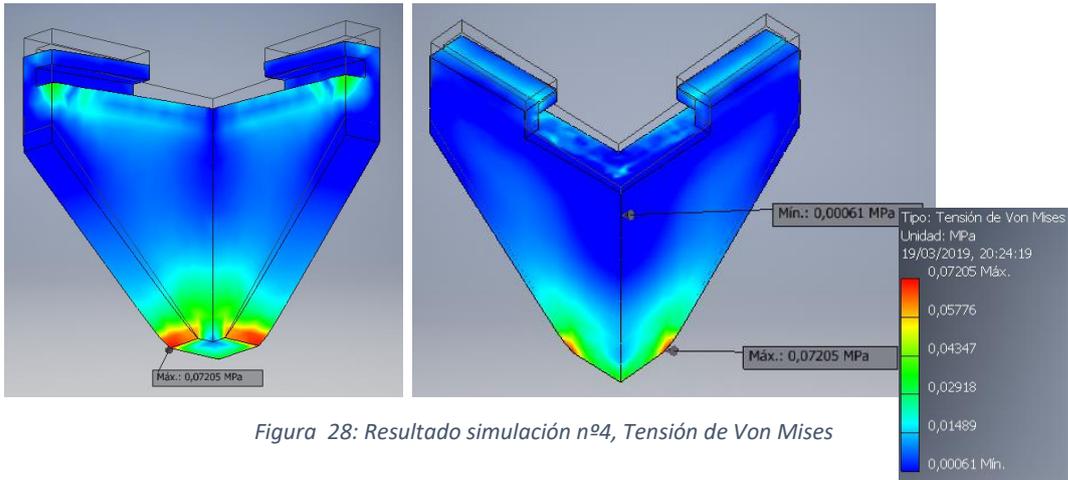


Figura 28: Resultado simulación nº4, Tensión de Von Mises

DESPLAZAMIENTO

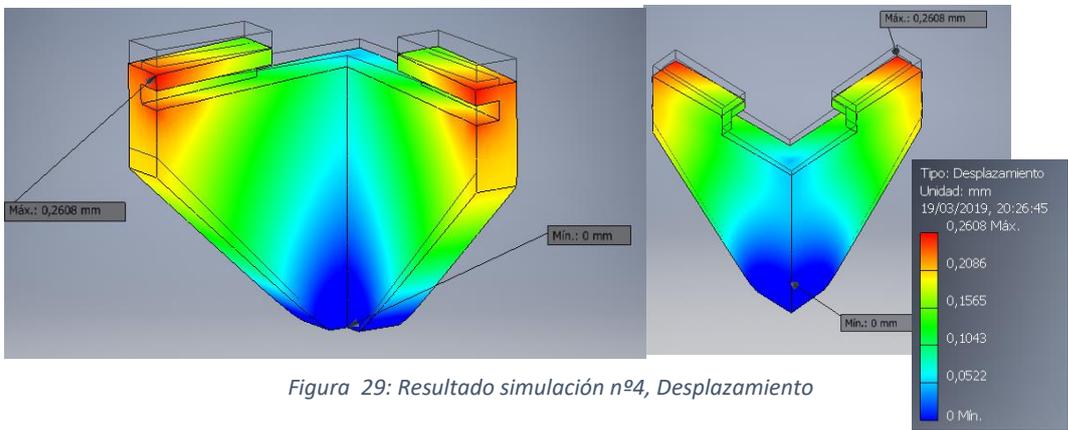


Figura 29: Resultado simulación nº4, Desplazamiento

PIEZA nº 5

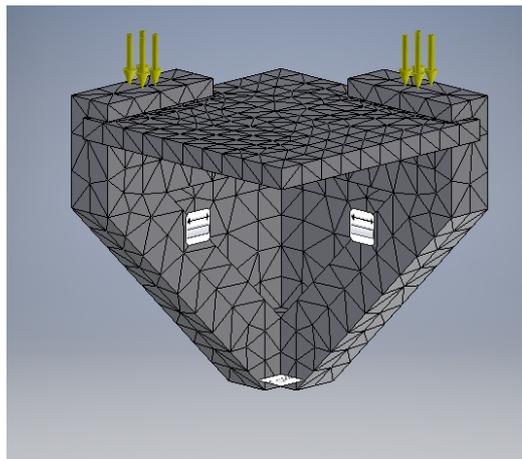


Figura 30: Situación nº5

TENSIÓN DE VON MISES

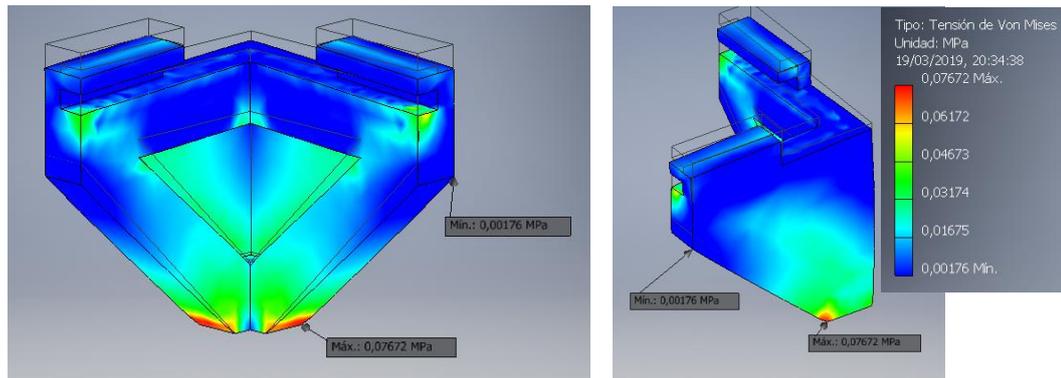


Figura 31: Resultado simulación nº5, Tensión de Von Mises

DESPLAZAMIENTO

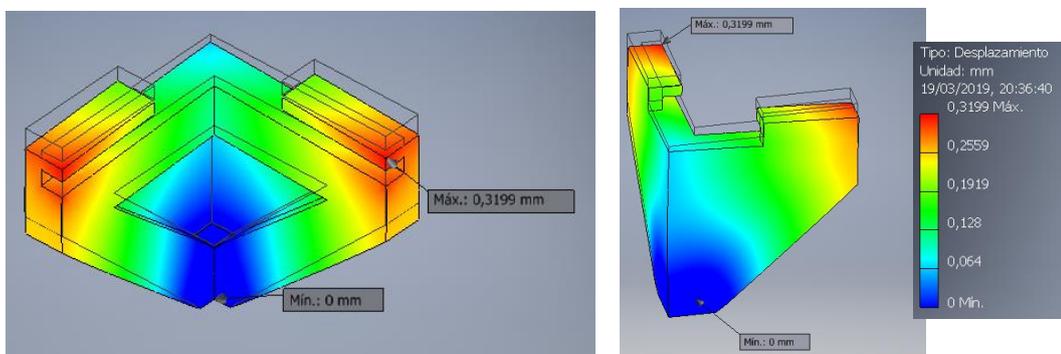


Figura 32: Resultado simulación nº5, Desplazamiento

El comportamiento que se ha obtenido en estas cinco primeras es muy similar, esto se debe a que poseen la misma geometría exterior, diferenciándose en la extracción de material de su interior.

Poseen una inclinación de 45° , la cual se pensó con la idea de reducción del uso del material. Gracias a las simulaciones se ha comprobado que no resulta efectivo, ya que la superficie de apoyo se ve disminuida lo que le da inestabilidad debido a una concentración de tensiones.

De todas ellas la pieza 1 es la que mejores resultados presenta, siguiéndole la segunda donde aparece una leve distribución de tensiones en el centro debido a la reducción de espesor. En la tercera, por su forma, acumula las tensiones en el tronco, las cuales pueden producir una rotura en esta zona.

Continuando, las piezas más perjudicadas se dan en las piezas 4 y 5, aunque en los valores máximo obtenidos no lo demuestran, debido a que se ha extraído material en la zona de la ranura y en las imágenes se puede ver otra

concentración de tensiones en la ranura debilitando esta parte generando gran posibilidad de fallo.

Finalmente, comentado los desplazamientos provocados, en todos ellos se aprecia un deslizamiento vertical hacia abajo provocando un pandeo de las piezas.

PIEZA n° 6

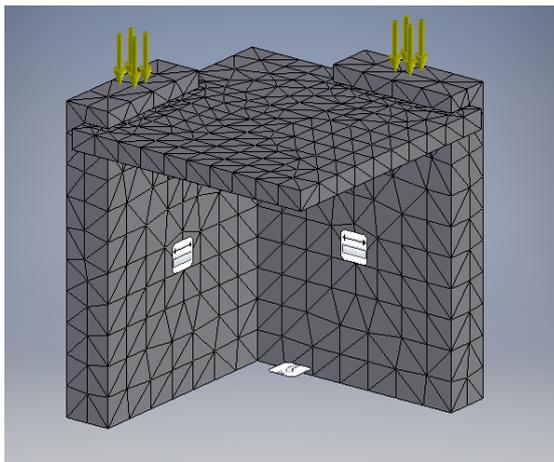


Figura 33: Situación n°6

TENSIÓN DE VON MISES

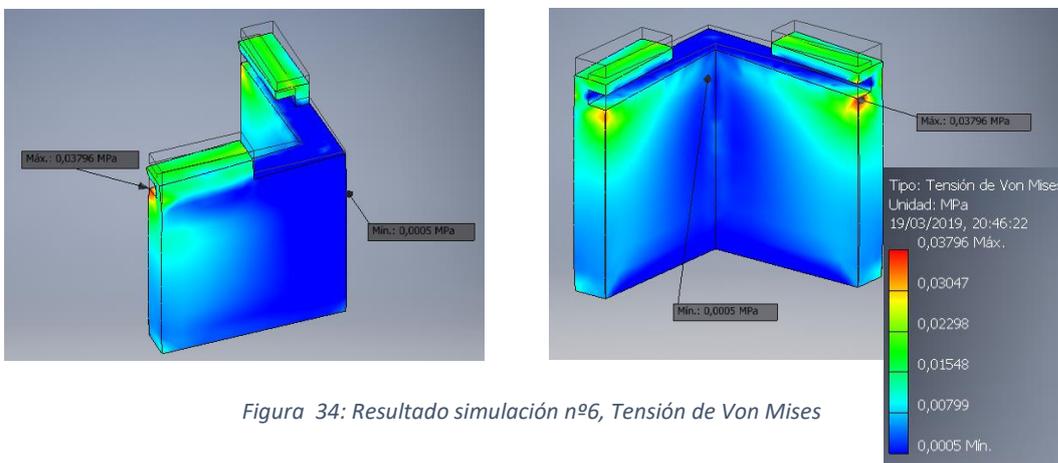


Figura 34: Resultado simulación n6, Tensión de Von Mises

DESPLAZAMIENTO

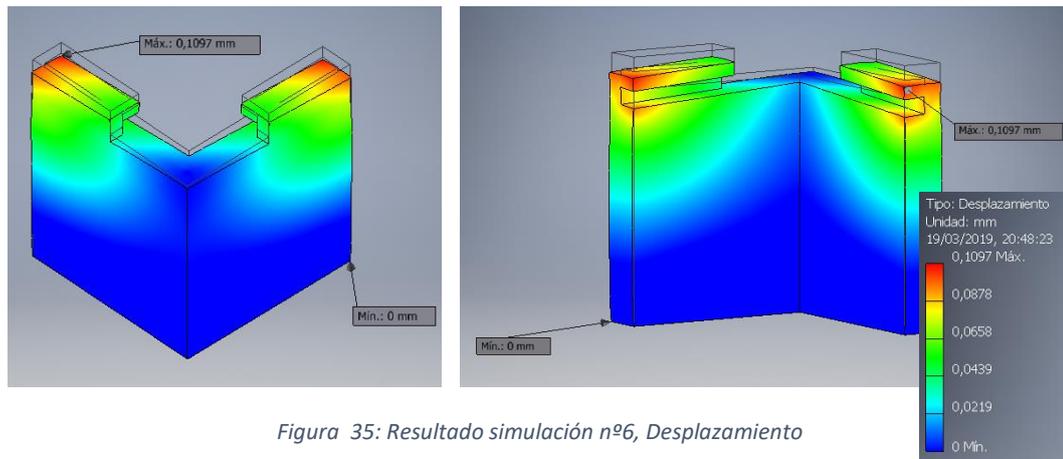


Figura 35: Resultado simulación n6, Desplazamiento

En cuanto a la pieza 6, ha manifestado mejor resultado en cuanto a estabilidad, debido a que no se presentaría apenas desplazamiento de la pieza. Pero por otro lado, posee un gran error que se muestra en la Figura 35, el mismo que se ha comentado anteriormente en las piezas 4 y 5 sobre la extracción de material en la ranura. Este valor del desplazamiento es pequeño, que se debe a que sólo se produce en la ranura, pero es un desplazamiento perjudicial ya que es muy probable que se produzca una rotura localizada en la ranura y por consiguiente, supondría un aumento de probabilidad de daños en el producto embalado.

Por supuesto este fallo, por los mismos motivos también sucedera en la pieza 7, que su análisis se presenta a continuación, pero se ve agravado por la extracción de material en la superficie de apoyo.

PIEZA n 7

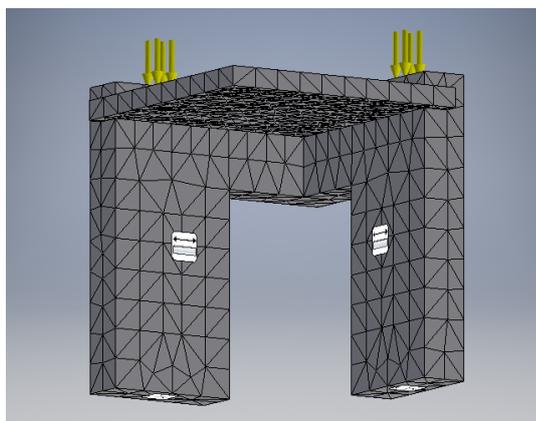


Figura 36: Situación n7

TENSIÓN DE VON MISES

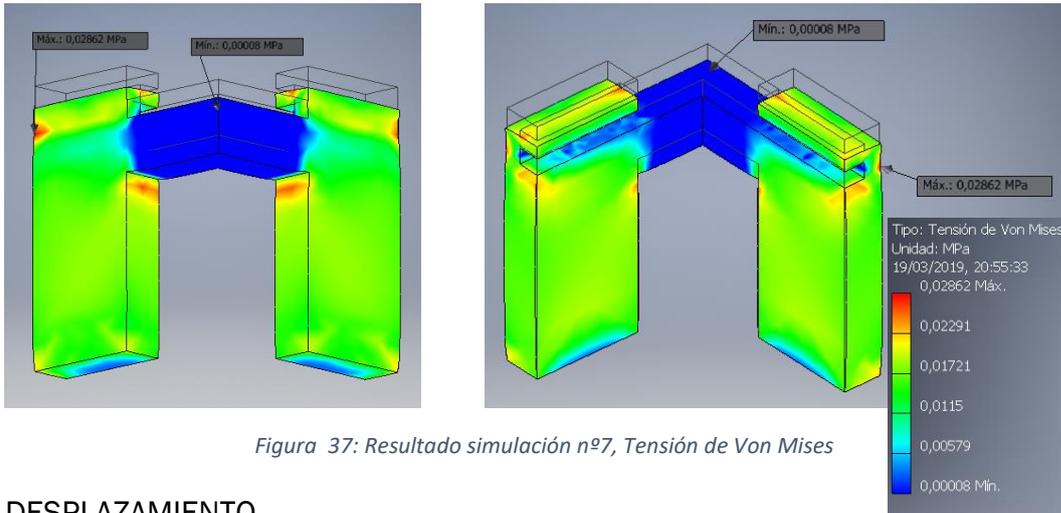


Figura 37: Resultado simulación nº7, Tensión de Von Mises

DESPLAZAMIENTO

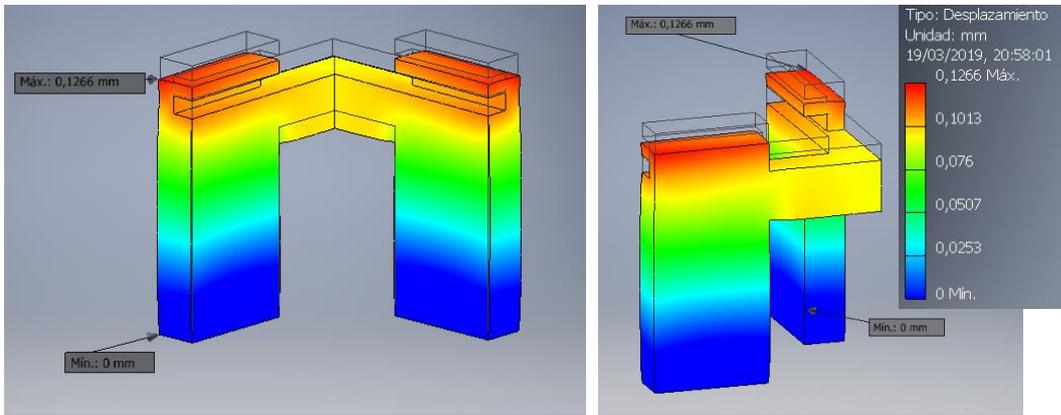


Figura 38: Resultado simulación nº8, Desplazamiento

PIEZA nº8

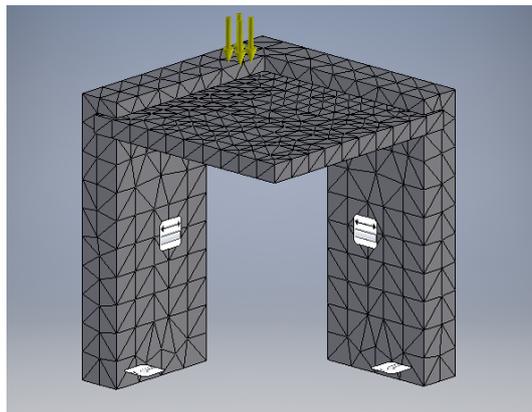


Figura 39: Situación nº8

TENSIÓN DE VON MISES

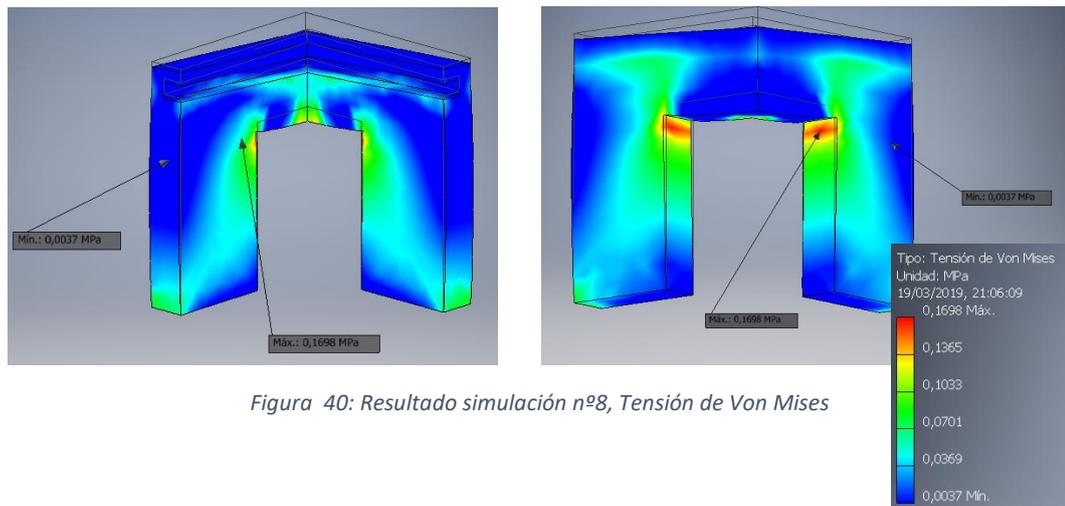


Figura 40: Resultado simulación nº8, Tensión de Von Mises

DESPLAZAMIENTO

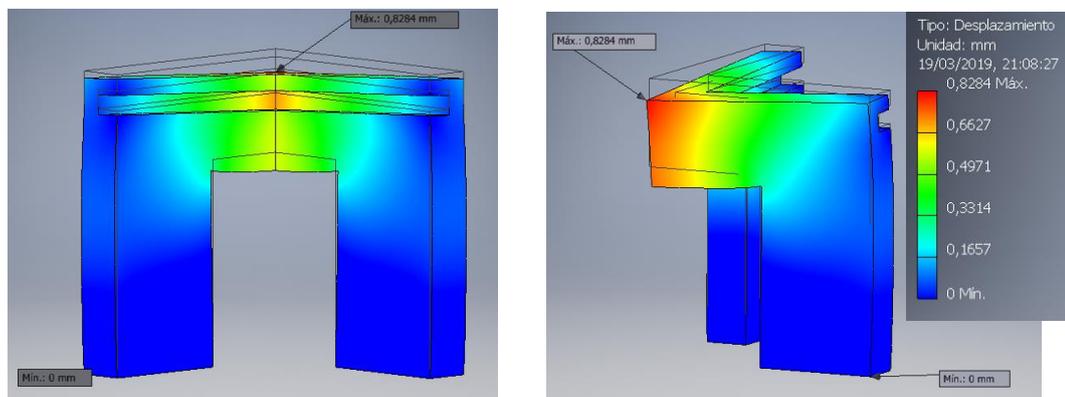


Figura 41: Resultado simulación nº8, Desplazamiento

La geometría externa de las piezas 7 y 8, en la cual se ha vaciado una zona importante de apoyo, se producen una distribución de tensiones a lo largo de las dos superficies de apoyo, teniendo mayores valores en la intersección del plano horizontal (plano posterior al plano de apoyo) y el vertical (el plano que forma el extremo de apoyo).

En cuanto al desplazamiento, se produce un pronunciado deslizamiento vertical en la superficie de apoyo horizontal del fregadero por lo que se producirían posibles golpes y movimientos del producto. Además de un suave pando en los dos prismas de apoyo.

PIEZA n°9

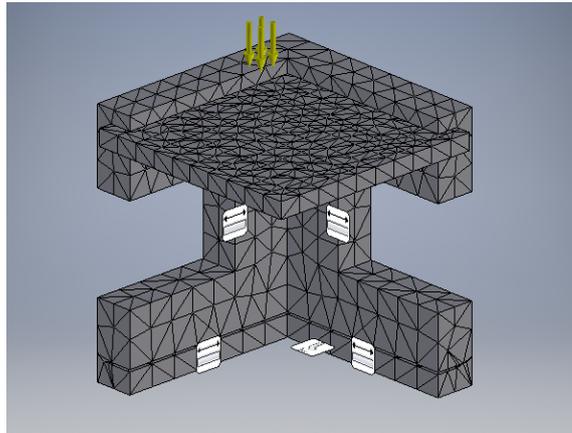


Figura 42: Situación n°9

TENSIÓN DE VON MISES

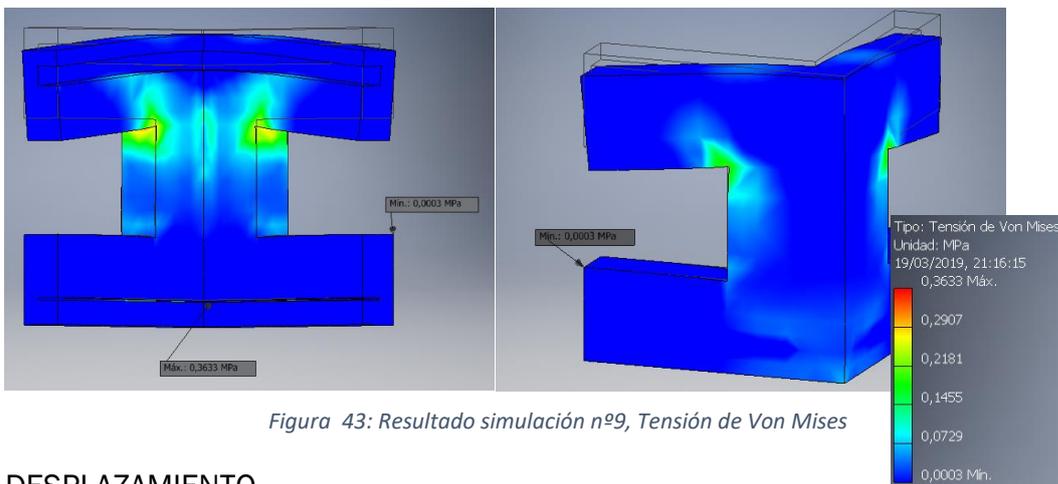


Figura 43: Resultado simulación n9, Tensión de Von Mises

DESPLAZAMIENTO

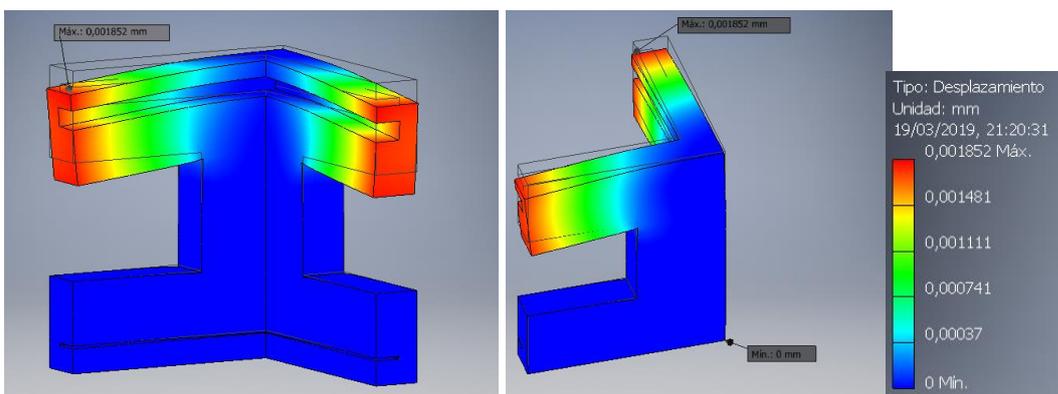


Figura 44: Resultado simulación n9, Desplazamiento

PIEZA n°10

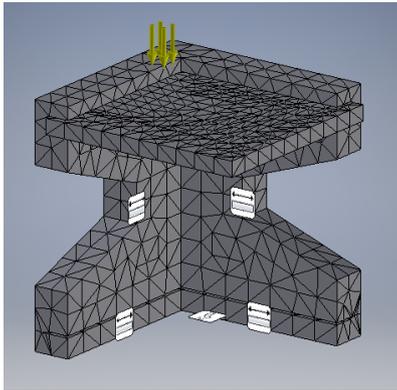


Figura 45: Situación n°10 (a)

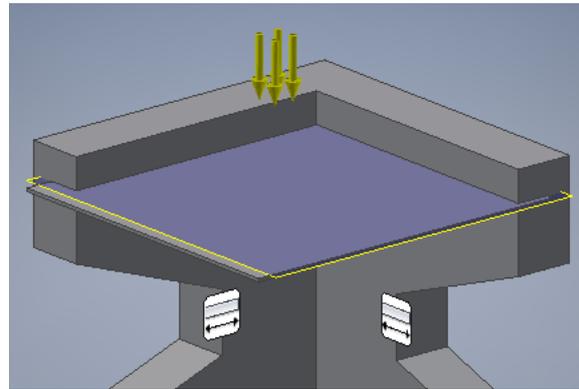


Figura 46: Situación n°10 (b)

TENSIÓN DE VON MISES

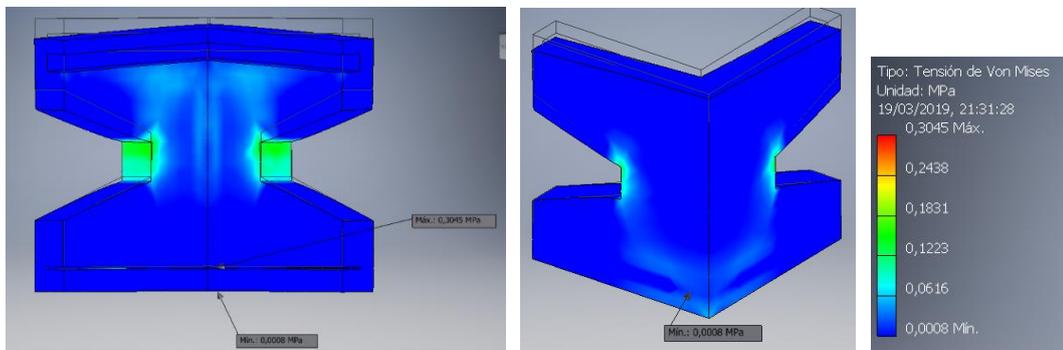


Figura 47: Resultado simulación n°10 (a), Tensión de Von Mises

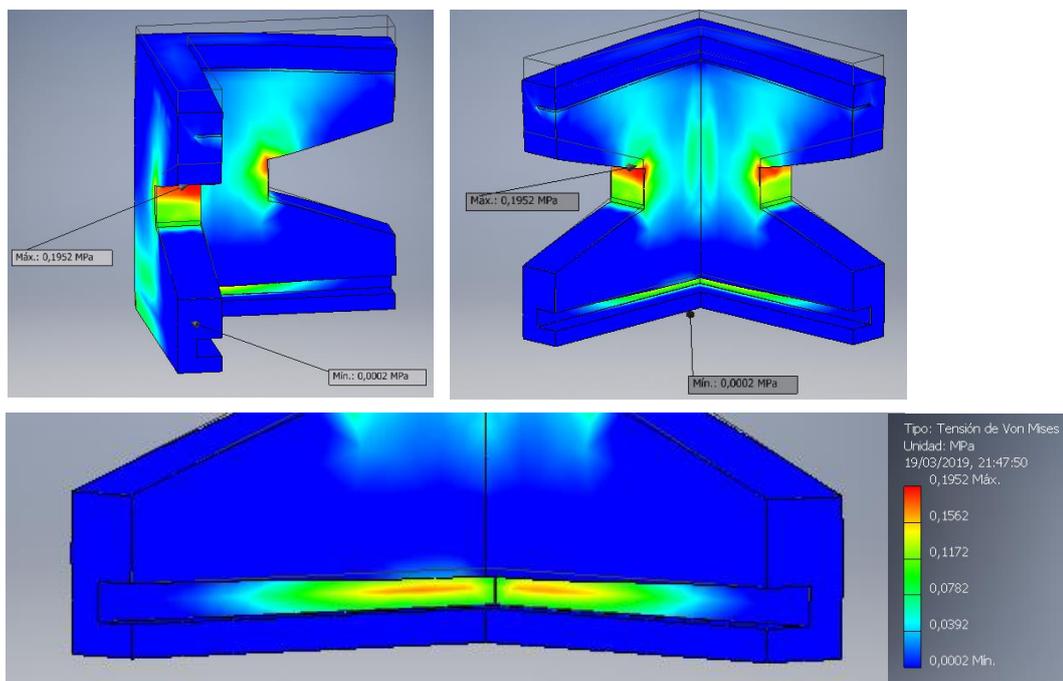


Figura 48: Resultado simulación n°10 (b), Tensión de Von Mises

DESPLAZAMIENTO

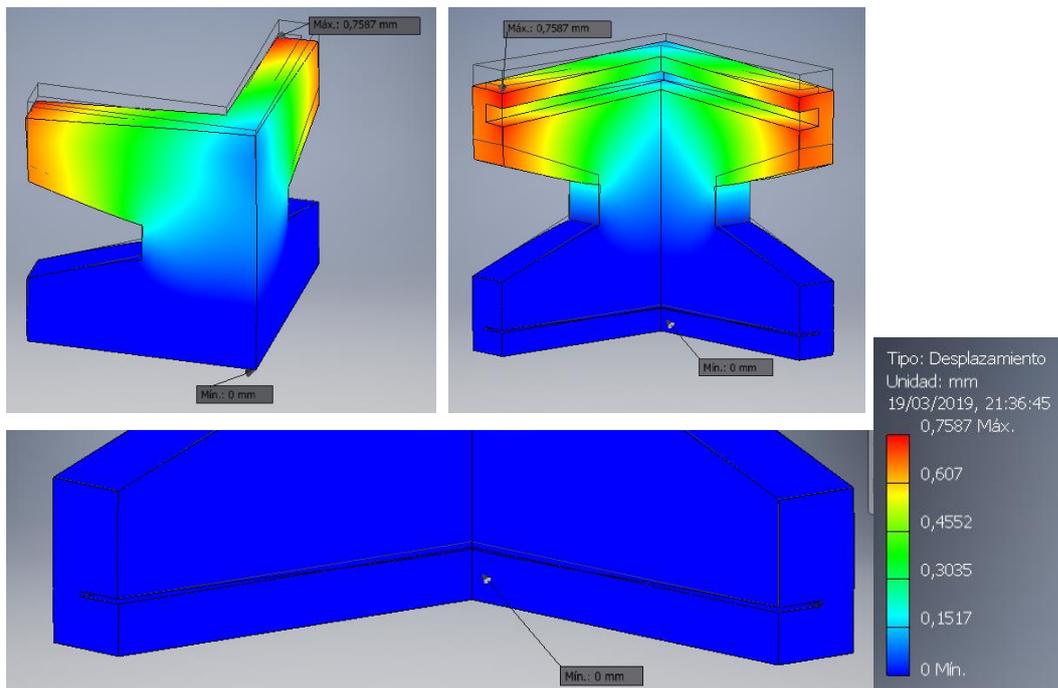


Figura 49: Resultado simulación nº10 (a), Desplazamiento

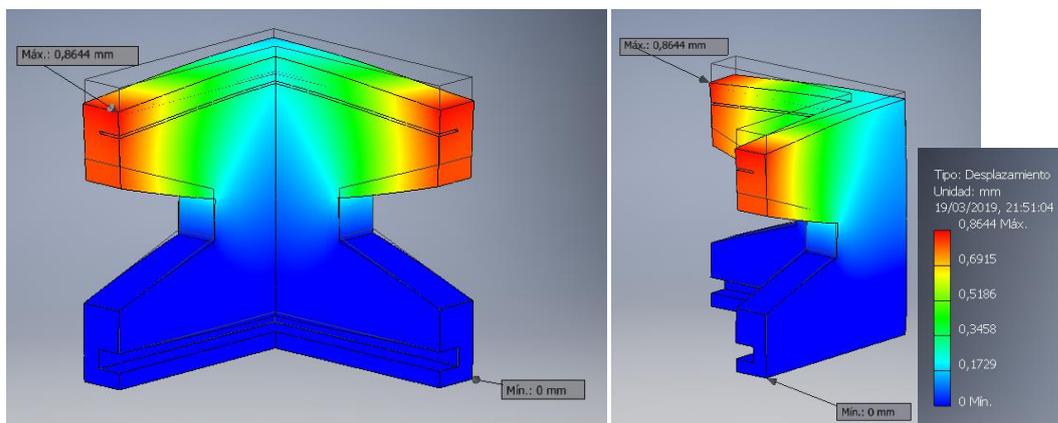


Figura 50: Resultado simulación nº10 (b), Desplazamiento

Con la pieza 9 y 10 se intentó arreglar los problemas que se prevenían con los anteriores diseños, evitando la disminución de la superficie de apoyo, pero teniendo en cuenta la optimización de material.

En estos dos casos la extracción del material se ha realizado en zonas donde no se interfiere en la región de apoyo, es decir, en los laterales. El vaciado de la pieza 9 en comparación con la 10 es más deficiente debido a que la forma tras la extracción del material es en ángulo recto y en la pieza 10 se le ha dado

cierto ángulo para que las cargas estén mejor repartidas y se produzca menor concentración de tensiones y se disminuya el desplazamiento en esta zona.

El resultado obtenido es la generación de tensiones localizadas en la intersección superior que se ha generado con la extracción de material, y el desplazamiento que se produciría es un pequeño pandeo hacia delante, el cual no resulta un grave problema.

En la número 10 se han realizado dos simulaciones diferentes, invirtiendo las restricciones y las fuerzas debido a que es una pieza útil para dos espesores diferentes. Se ha comprobado que en el espesor más pequeño se van a generar unas tensiones más pronunciadas pero con menor desplazamiento que en los espesores con mayor tamaño.

La siguiente tabla recoge los valores máximos que se han obtenido en cuanto a la tensión de Von Mises [T.V] (MPa) y al desplazamiento [D] (mm) provocados por las fuerzas ejercidas.

Máx.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10.1	10.2
T.V	0,221	0,235	0,255	0,07205	0,077	0,038	0,029	0,170	0,363	0,305	0,196
D	0,575	0,216	0,970	0,261	0,320	0,011	0,127	0,828	0,002	0,759	0,864

Tabla 6: Resumen de los resultados máximos obtenidos en las simulaciones

Generalizando entre todos los diseños, en todas ellas se puede observar que no se produce un desplazamiento en la base, debido a que es un plano fijo de apoyo, por el contrario el desplazamiento se ve incrementado en la parte superior produciendo un movimiento vertical hacia abajo, en mayor o menor medida según la geometría de las diferentes piezas.

En cuanto a las deformaciones a compresión no han sido muy significativas, sin producir grandes alteraciones indeseadas debido a que el material con el que se está trabajando, se clasifica entre los plásticos celulares rígidos. Aun así se quiere mejorar estas soluciones combinando las cualidades favorables y suprimiendo las que han dado malos resultados.

A continuación se va a exponer las facultades que pasarán a formar parte del diseño final debido a que alcanzan unos mejores resultados y cuáles serán descartados aportando soluciones para los posibles problemas que se han presentado.

Con este análisis **se han descartado** las siguientes características:

- Cualquier vaciado de material que perjudique a la superficie de apoyo como la inclinación de 45° y las que se han realizado en las piezas 7 y 8 debido a la inestabilidad que generan.

- La extracción de material localizado en la ranura porque se prevé una debilidad en esa zona con posibilidad de rotura.

Las **posibles soluciones** que se pueden llevar a cabo en el diseño final de la pieza son:

- Redondeos en la zona de la ranura para evitar la concentración de tensiones, además de redondeos en la zona de extracción de material.

- Forma exterior similar a la pieza 10, debido a que es la que mejores resultados ha obtenido.

- Incluir las recomendaciones de diseño para obtener un mejor rendimiento en el moldeo de la pieza.

- Realizar algún vaciado de material sin llegar a realizar un agujero pasante.

Con todas estas mejoras se pretende cumplir el pliego de condiciones realizado.

3. ESTUDIO DEL DISEÑO FINAL

3.1 DESARROLLO DEL DISEÑO DEFINITIVO

Gracias a los análisis se ha conseguido llegar al diseño definitivo con óptimos resultados y cumpliendo los objetivos marcados.

El molde de la pieza está pensado para incorporar seis cavidades, con este fin se logra producir doce piezas de una sola inyección ya que las piezas se extraerían de dos en dos como se muestra en la Figura 51.

Posteriormente este par se podría separar fácilmente dejando una pequeña rebaba en un lateral que no afecta ni a la resistencia ni al funcionamiento de la pieza en el embalaje.

Esta característica hace que se reduzcan tiempos en el proceso de fabricación, lo que quiere decir una mayor productividad y con menor costo debido a la mayor eficiencia energética que se alcanza al tener menor número de máquinas en funcionamiento.

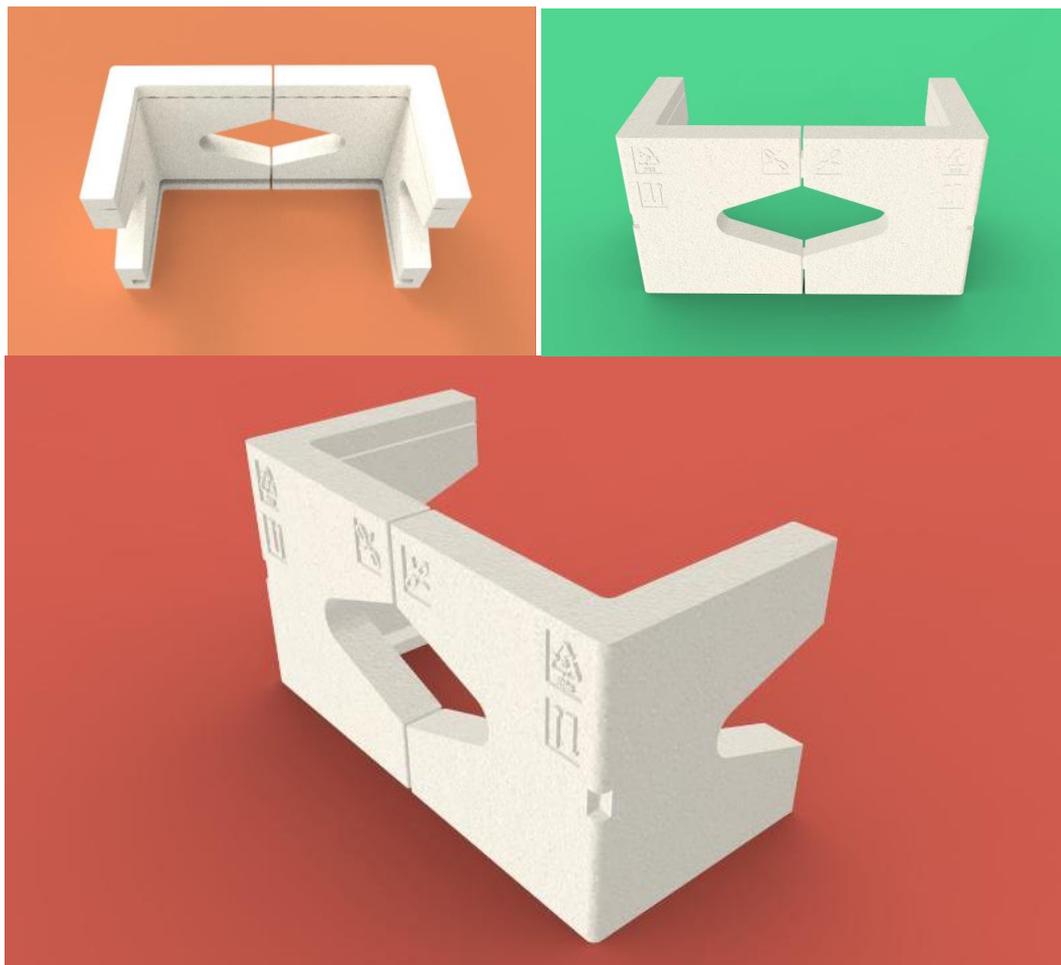


Figura 51: Diseño definitivo. Forma de la pieza tras la extracción de la cavidad del molde

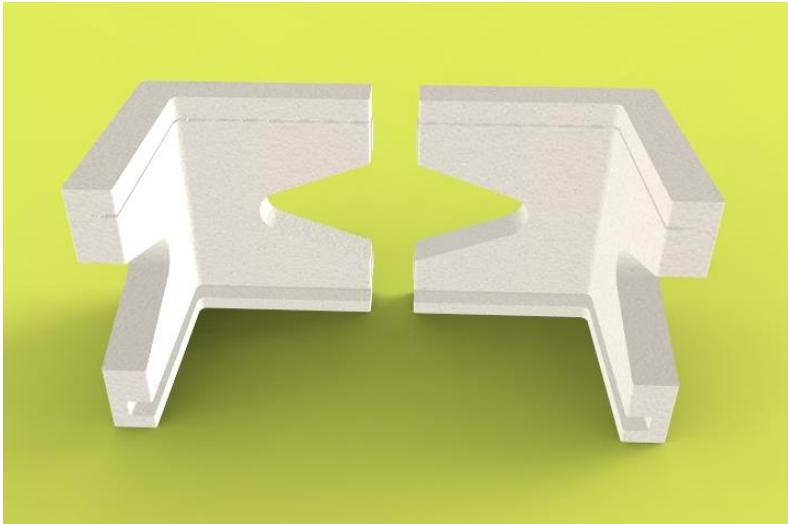


Figura 52: Transición de la pieza para la separación



Figura 53: Explicación de la simbología de identificación

La pieza lleva incorporado una simbología en el lateral para cumplir con una fácil identificación. En primer lugar se reconoce el tipo de material gracias al símbolo de “reciclaje EPS” que se encuentra en una de las esquinas.

Debajo de este, podemos ver dos flechas en sentidos contrarios y con diferente grosor. Este símbolo será útil para saber desde la parte exterior que ranura se encuentra en la parte superior e inferior. Poniendo un ejemplo explicativo, en el caso de la Figura 53, la ranura de 1 mm se encontraría en la parte superior por el hecho de que la flecha más fina indica esta zona, mientras que la flecha más ancha señala hacia el inferior, indicando que la ranura de mayor espesor se encuentra debajo. Este símbolo es importante que el operario lo reconozca ya que, le permite el apilamiento ordenadamente de las piezas, además del encaje efectivo en las esquinas de los fregaderos determinados.

Por último, el gráfico que se encuentra en el medio de la pieza, sirve para indicar cuál es la zona donde se tiene que realizar la rotura. Con este símbolo se pretende que el operario coloque sus pulgares en ambos rectángulos y realice la separación de las piezas, evitando que lo haga de otro modo y pueda realizar roturas en las piezas injustificadamente.

Pequeño rebaje para la colocación y fijación del fleje en el momento de embalaje

Rebaba provocada por la separación de ambas piezas

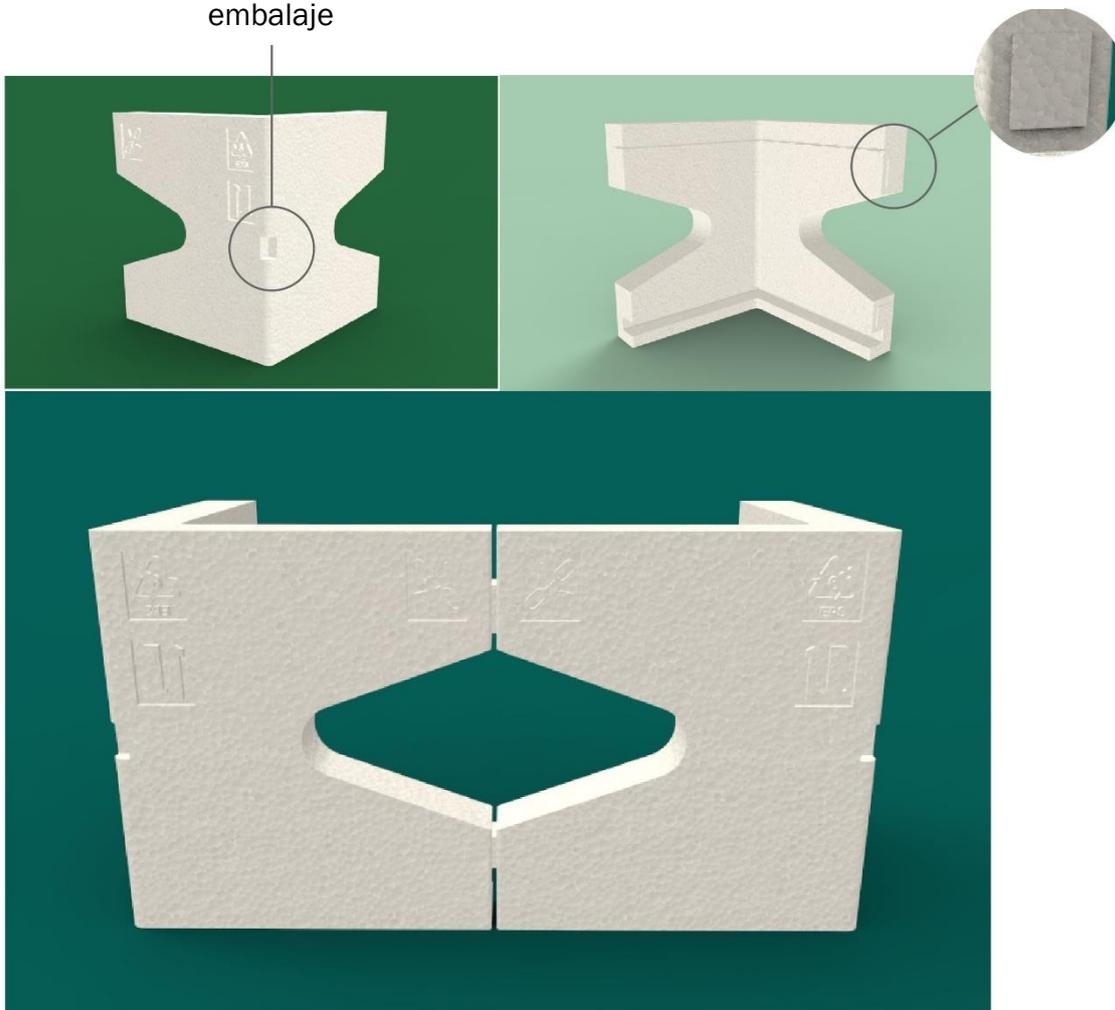


Figura 54: Croquis de algunas características

En la Figura 54 se puede observar la rebaba que se presentaría tras la separación de ambas piezas. Al tratarse de una pieza de embalaje, en la cual la estética no es un hecho tan importante como puede ser la funcionalidad, estas rebabas resultantes no aportarían ningún inconveniente.

Por otro lado, en algunos casos será necesaria la agrupación de estas piezas mediante un fleje para que no se produzca ningún movimiento ni desplazamiento mientras están apiladas durante el transporte. Por este hecho, se ha realizado una pequeña perforación en la esquina para mejorar la colocación del fleje.

Finalizando, como se puede ver en las figuras, el diseño de la pieza incorpora dos ranuras en la parte superior e inferior. Se ha pensado para que sea más

versátil, es decir, que la misma pieza se utilice para varios modelos de fregadero.

La ranura más fina siempre tendrá el mismo valor, un milímetro. Como la realización del macho para crear esta ranura es complicada, se va a realizar un escalonamiento como se muestra en la Figura 55, ya que el postizo se fabricaría fácilmente con ayuda de una fresa.

Además en esta figura se puede observar que el macho entraría perpendicularmente en la pieza, evitando así un macho retráctil el cual tiene mayor costo, ya comentado en el apartado 1.3 Exigencias y limitaciones existentes (recomendaciones de diseño)

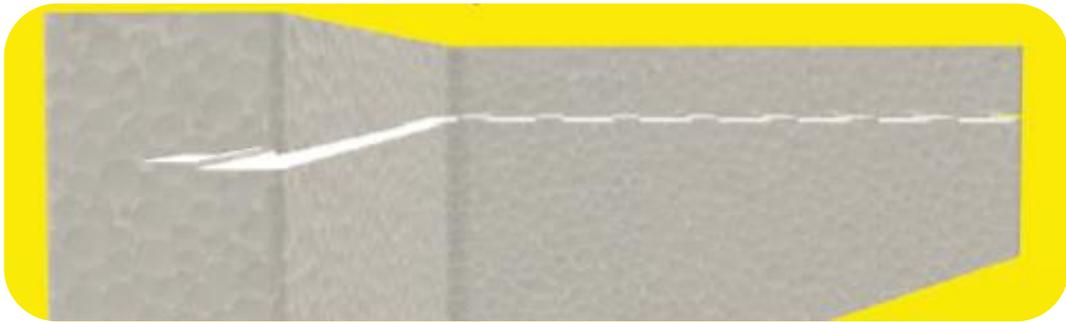


Figura 55: Representación de la ranura de 1mm

Respecto a la ranura más gruesa, puede tener diferentes grosores, dependiendo del fregadero que vaya dirigido. Esta diferencia de anchura, se efectúa simplemente con el cambio de postizo sin necesidad de un nuevo molde con lo que se reducirían enormemente los gastos en producción.

Como aclaramiento, un **postizo** es una parte complementaria de un molde que se puede intercambiar con otros para la misma cavidad, haciendo pequeñas modificaciones en la pieza moldeada sin necesidad de realizar un molde nuevo, lo que resulta mayor ahorro en la producción.

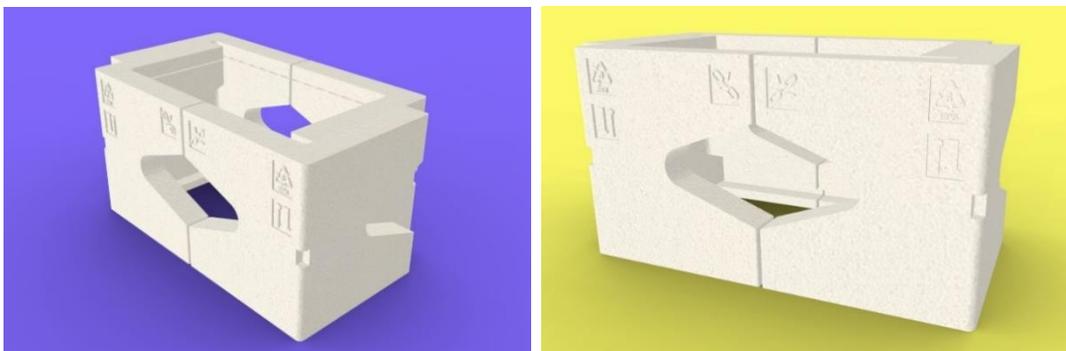


Figura 56: Agrupación de dos piezas para ser apiladas

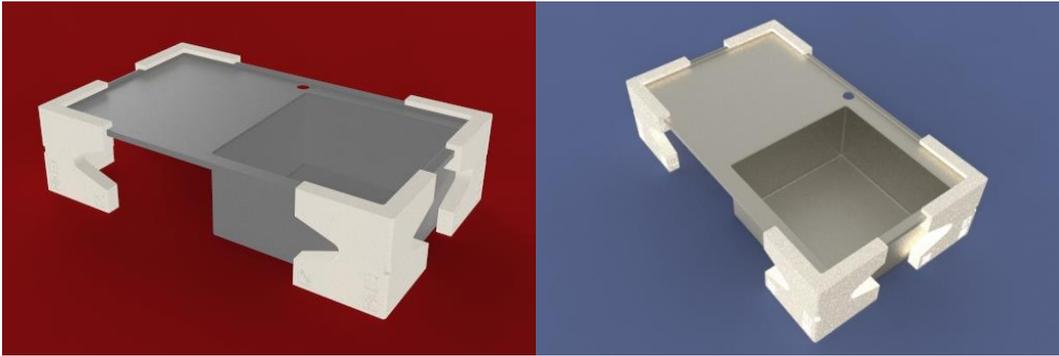


Figura 57: Incorporación de piezas por separado en un fregadero de un espesor > 1mm

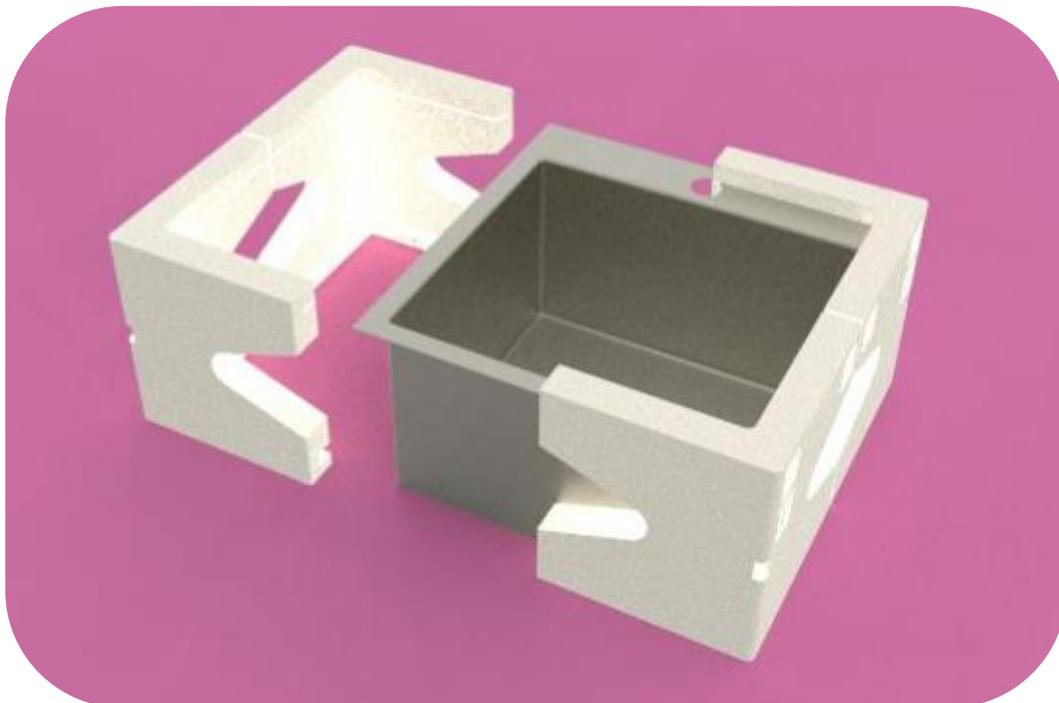


Figura 58: Incorporación de piezas unidas a un fregadero de espesor 1mm

ELECCIÓN DEL DIMENSIONADO DE LA PIEZA DE EMBALAJE

En cuanto a la fijación de las medidas generales, ya se ha adelantado algo en apartados anteriores. Las dimensiones que aparecen representadas en la Figura 59 se han elegido tras el estudio y análisis de las dimensiones correspondientes al catálogo de la empresa productora de los fregaderos.

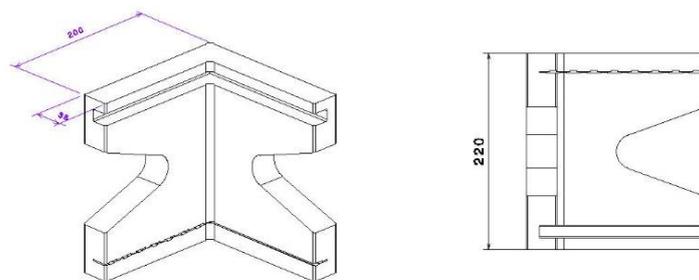


Figura 59: Croquis de medidas generales (anchura, altura y espesor)

Las medidas que han ayudado a fijar estas dimensiones aparecen en “Tabla 3: Medidas externas de los fregaderos (largo x ancho) relacionado con la profundidad. Medidas en mm”

Gracias a la elección de estas medidas, permite que para los modelos con menores dimensiones, se puedan utilizar las piezas sin separarlas, como ocurre en la Figura 58.

Por otro lado para la elección del espesor se ha tomado como referencia la pieza ejemplo de las que se ha hablado en el apartado “2.1 PROCESO DE TRABAJO/ estudio de las piezas ejemplo”.

Para asegurarse de que esta medida es correcta se ha elaborado un cálculo según la según la **DIN 55471**, parte 2. Este estudio se va a realizar a partir de la siguiente ecuación:

$$\sigma_d \geq \frac{F_{max}}{A}$$

σ_d resistencia a la compresión admisible en N/mm²
 F_{max} carga máxima en N
 A superficie de incidencia de la carga en mm²

Donde la resistencia de compresión admisible viene normalizada, en condiciones normales:

Propiedades	Valores característicos de algunos plásticos celulares				
	EPS 20	EPS 25	EPS 30	EPS 35	EPS 45
Resistencia a la compresión admisible σ_d en N/mm ² – con densidad aparente nominal según DIN 55471 parte 1	0,039	0,055	0,071	0,087	0,119

Tabla 7: Resistencias a la compresión admisibles [45]

El material con el que se está trabajando es EPS 25, por lo tanto la compresión admisible será 0,055 N/mm².

La fuerza que debería soportar una pieza cantonera, calculada anteriormente, en el apilamiento es de 434,875 N y el área que se ha pensado adecuado para es de 12.775 mm²

Según la fórmula:

$$A1 > 434,875 / 0,055 = 7.906,82 \text{ mm}^2$$

En la ranura también se produce una presión que genera el propio peso del producto, está tiene un valor de 68,6 N y se aplica a una superficie de 7000mm².

$$A2 > 68,6 / 0,055 = 1.247,28 \text{ mm}^2$$

En ambos casos supone que la elección del espesor es correcta, ya que es mayor que el mínimo espesor recomendado, por lo que nos va a asegurar que resista al apilamiento.

Por otro lado se puede pensar en reducir la superficie por un mayor ahorro de material, pero si se reduce la ranura en la que está apoyada el fregadero se vería debilitada y con posibilidad de rotura de la pieza.

Finalmente en el diseño final de la pieza se mantendrán las medidas generales impuestas desde el principio.

3.2 ENSAYOS

Para afianzar que el diseño de la pieza no presenta ningún error se van a realizar tres tipos de ensayos diferentes sobre las posibles condiciones que se pueden dar, siempre dando la situación más extrema.

El primer ensayo por el que se va a comenzar es el desarrollado y analizado anteriormente, el ensayo por compresión por apilamiento vertical. Posteriormente se va a analizar el ensayo por impacto provocado por una caída libre y finalmente el ensayo del que se va a hablar será el provocado por las vibraciones en el transporte

ENSAYO 1: COMPRESIÓN POR APILAMIENTO VERTICAL, UNE- EN ISO 2234

En este ensayo los parámetros utilizados anteriormente van a ser empleados, aunque el modelo de la pieza ha sido modificado las condiciones siguen siendo las mismas, no han sufrido ningún cambio. Por lo que se va a realizar el ensayo de la fuerza de apilamiento que soporta el último conjunto de embalaje, es decir, el producto embalado con las cuatro piezas diseñadas de EPS junto con la caja de cartón que recubre y refuerza.

La fuerza resultante del apilamiento, calculada anteriormente, por una sola pieza esquinera y localizada en la parte superior de esta es: 0,034 MPa.

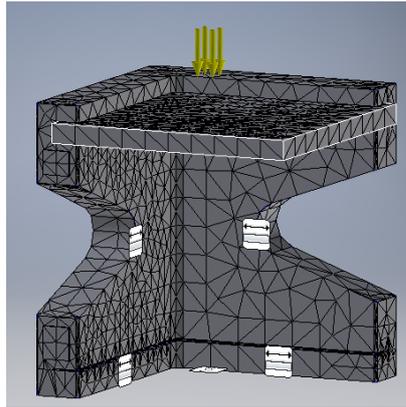


Figura 60: Situación diseño definitivo (a)

TENSIÓN DE VON MISES

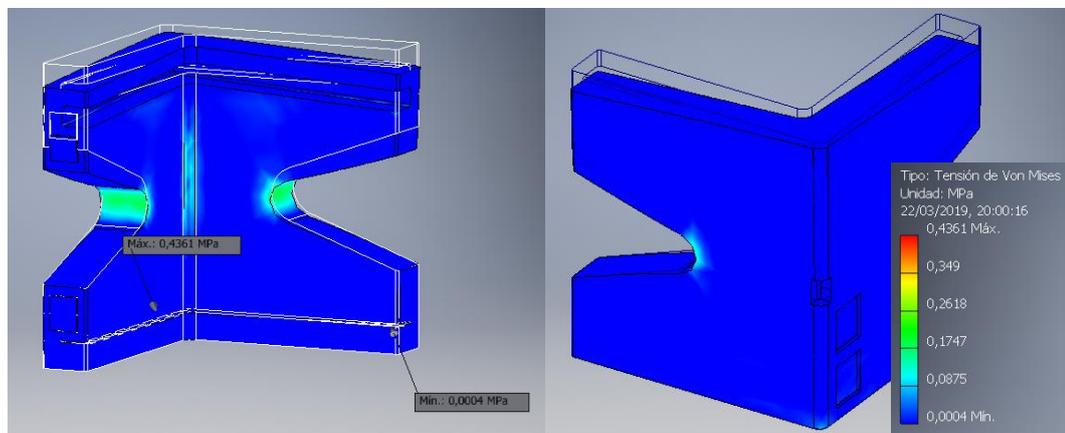


Figura 61: Diseño definitivo (a), Tensión de Von Mises

DESPLAZAMIENTO

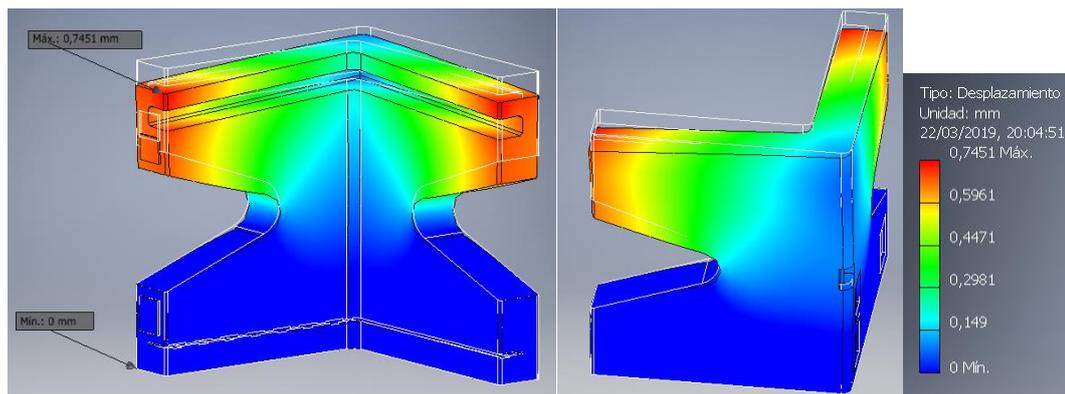


Figura 62: Diseño definitivo (a), Desplazamiento

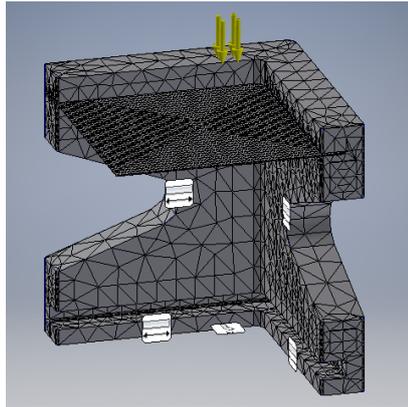


Figura 63: Situación diseño definitivo (b)

TENSIÓN DE VON MISES

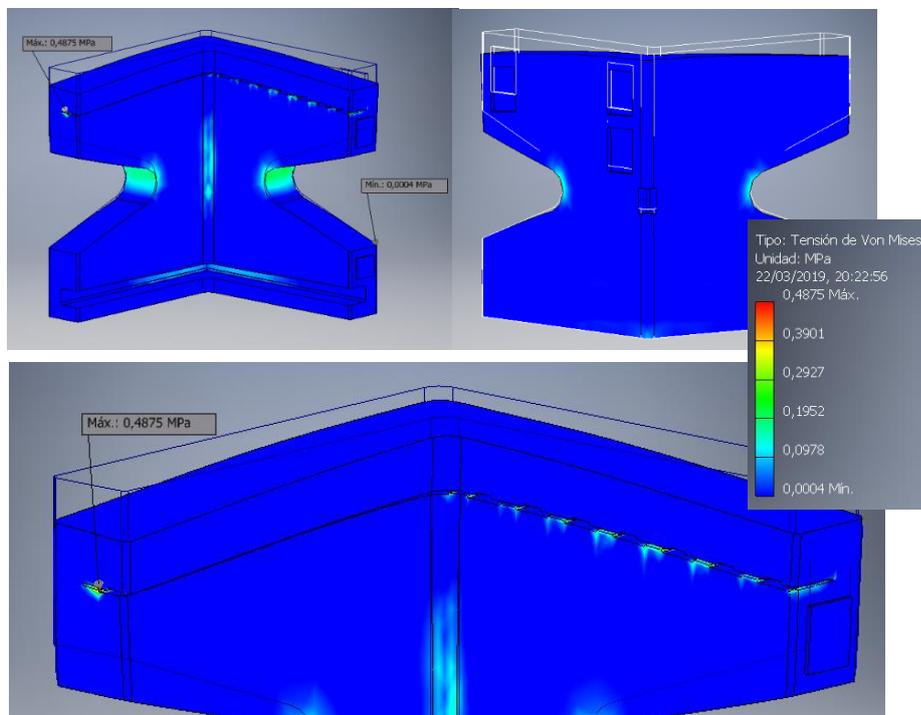


Figura 64: Diseño definitivo (b), Tensión de Von Mises

DESPLAZAMIENTO

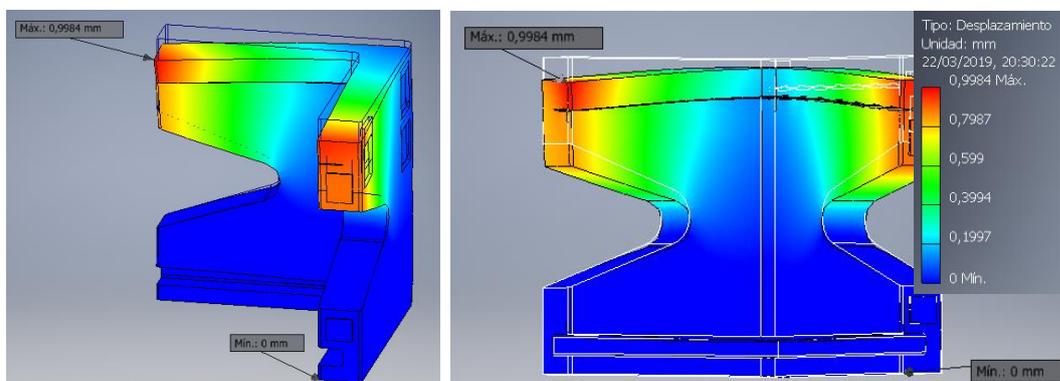


Figura 65: Diseño definitivo (b), Desplazamiento

Comparando los datos obtenidos en este diseño final con las otras pieza sobre todo con la 9 y 10 que son las piezas más similares a esta, se observa que se han tenido mejores resultados. En cuanto a la tensión de Von Mises que se concentraba en las intersecciones de los brazos se ven reducidas gracias a los redondeos impuestos en esta zona.

El desplazamiento que se produce es muy semejante a las anteriores, el cual tampoco es problemático, además de que se sospecha que en el contexto real se producirá menores desplazamientos al actuar cuatro piezas esquineras a la vez.

ENSAYO 2: CAÍDA LIBRE

En el ensayo por caída libre se pretende analizar las consecuencias que tendrían lugar cuando la caja de embalaje sufre una caída. Este análisis puede ser muy diverso ya que es impredecible cada uno de los parámetros que están relacionados en el impacto, es decir, cómo va a suceder exactamente ese fallo.

Por este motivo se han atribuido unas condiciones teniendo en cuenta cuáles pueden ser las más extremas y las más comunes. A partir de estas se ha podido obtener la fuerza de impacto que actuaría sobre la pieza.

En principio, se ha asignado la altura de caída, la cual se ha decidido que será 50 cm debido a que es la más frecuente que se puede dar cuando un operario esté manipulando el fregadero embalado en la caja.

Los otros datos de partida son los ya definidos en el anterior ensayo como es el peso del embalaje, el cual se ha determinado por 7,5 Kg.

A partir de estos datos se procede a calcular el valor de la fuerza que actúa en el impacto contra el suelo. Para este cálculo se define el ensayo por un movimiento rectilíneo vertical uniformemente acelerado, cuya expresiones matemáticas son:

$$V = V_0 + g \cdot t$$

$$V^2 = V_0^2 + 2 \cdot g \cdot h$$

Donde,

V: Velocidad a la que ocurre el movimiento

V₀: velocidad inicial, se va a suponer que es nula

G: aceleración de la gravedad, es contante con un valor de 9,82m/s²

H: la altura en la que se produce la caída, en este caso se ha definido por 50 cm

Por otro lado, para llegar al valor de la fuerza de impacto será necesario conocer la energía cinética, ya que la fuerza está relacionada con esta energía y su deformación:

$$F = Ec / \text{deformación}$$

Según la norma **UNE 826** el material se deforma un 10% de su espesor

$$Ec = \frac{1}{2} m \cdot V^2$$

Resolución de los cálculos:

$$V^2 = V_0^2 + 2 \cdot g \cdot h$$

$$V^2 = 0 \text{ m/s}^2 + 2 \times 9,82 \text{ m/s}^2 \times 0,5 \text{ m} = 9,82 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$Ec = \frac{1}{2} m \cdot V^2$$

$$Ec = 0,5 \times 7,5 \text{ Kg} \times 9,82 \text{ m}^2/\text{s}^2 = 36,825 \text{ J}$$

$$F = Ec / \text{deformación}$$

$$F = 36,825 \text{ J} / (10\% \times 0,035 \text{ m}) = 10.521,43 \text{ J/m} = 10.521,43 \text{ N}$$

Finalmente queda definir la zona donde actuará la fuerza, se ha decidido incorporarla en el redondeo de la esquina, ya que puede ser una zona donde se produzcan más daños en el producto embalado.

En el software, Autodesk Inventor, es necesario imponer la restricciones, en este caso al estar el producto envuelto en una caja, en los planos superior e inferior de la pieza se ha exigido una restricción fija, así como en los laterales en contacto con el fregadero ya que estos no pueden tener ningún movimiento.

Por otro lado, como en el ensayo anterior, también se ha incorporado en la ranura un prisma del mismo espesor que el de la ranura, simulando el encaje entre el fregadero y la pieza de embalaje.

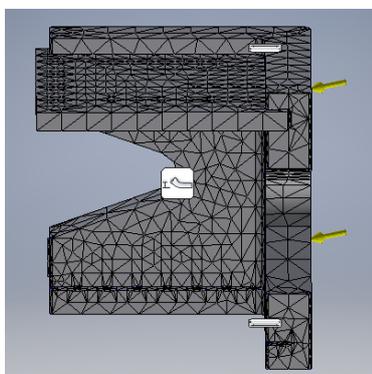


Figura 7: Situación diseño definitivo. Ensayo 2

TENSION DE VON MISES

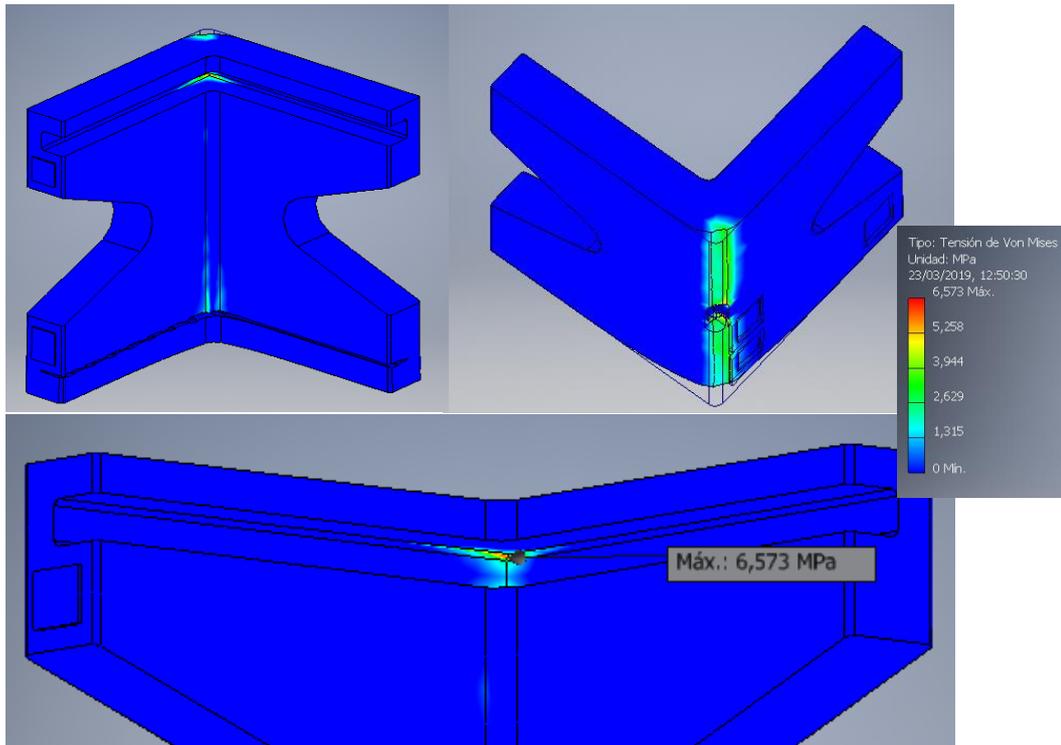


Figura 66: Diseño definitivo, Tensión de Von Mises. Ensayo 2

DESPLAZAMIENTO

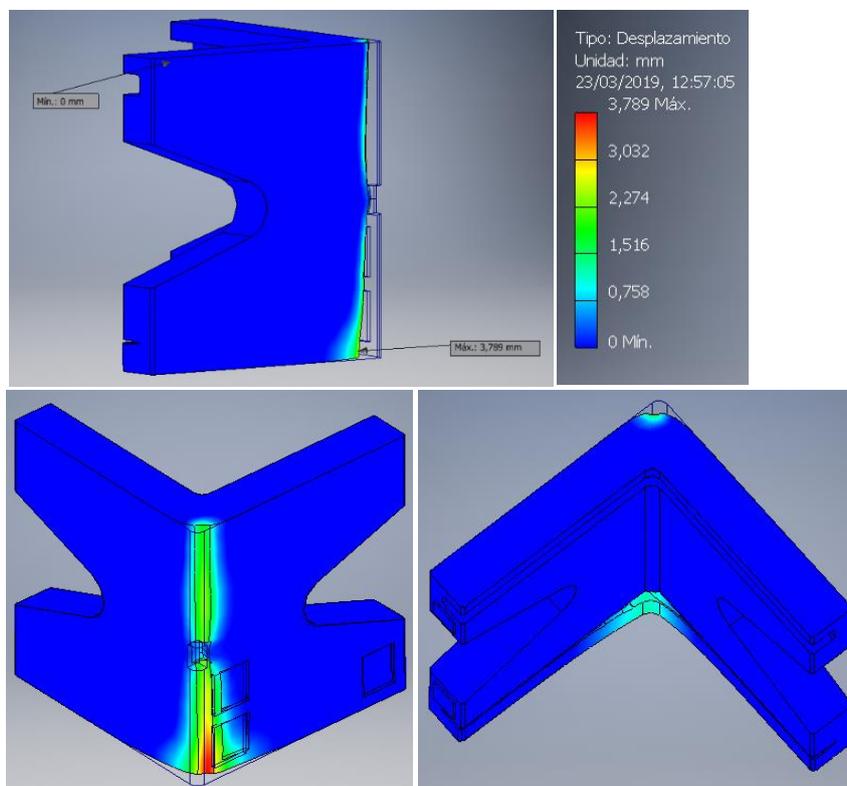


Figura 67: Diseño definitivo, Desplazamiento. Ensayo 2

Como es razonable, la tensión de Von Mises se acumula en la zona donde actúa la fuerza, además del interior de la ranura, donde se puede afirmar que la zona es muy crítica debido a que si actuaría una fuerza mayor daría posibilidad de rotura.

Por otro lado, según muestran las imágenes de desplazamiento, se produce una compresión del material en la esquina y siendo mayor en la zona inferior a pesar de ser la pieza simétrica ya que en la ranura superior se encuentra encajado el fregadero e impide que se produzca mayor desplazamiento.

ENSAYO 3: ESTUDIO DE VIBRACIONES

Este último ensayo del que se va a comentar se rige por la norma **UNE- EN ISO 2247**: Embalajes de expedición completos y llenos y unidades de carga. Ensayos de vibración a baja frecuencia fija. Según esta norma el ensayo se realizará en una mesa de vibración sometiendo el embalaje a estudiar las vibraciones de frecuencia baja fija a las que estaría expuesto, además de otros parámetros del entorno como las condiciones atmosféricas, la duración o la posición en la que se encontraría.

En este proyecto las vibraciones más características son las que se producen en el transporte, estas suelen encontrarse en el intervalo de 15 a 20 Hz ya que se va a tratar de un transporte por camión.

Las vibraciones no van a suponer un gran problema en este embalaje ya que las piezas consiguen la amortiguación necesaria, además de la caja formada por cartón ondulado que también supone un impedimento para que las vibraciones realicen algún daño en el producto.

CAPÍTULO 4: Análisis Económico

1. Coste de fabricación	121
1.1 Coste de material.....	121
1.2 Mano de obra directa	122
1.3 Puesto de trabajo.....	123
2. Coste de la mano de obra indirecta.....	125
3. Gastos generales	125
4. Coste total en fábrica	126

A lo largo de este capítulo se va a estudiar el costo que supone la fabricación del nuevo diseño de la pieza.

El análisis se ha centrado en conocer los gastos económicos que intervienen en la producción de seis de estas piezas (doce cantoneras) debido a que esta es la cantidad que forman las cavidades de las que dispone el molde utilizado en su fabricación.

Además destacar que solo se va a considerar las operaciones en la fábrica de producción, es decir no se va a tener en cuenta el costo añadido que implicaría el embalaje del fregadero como puede ser la mano de obra que se encargaría de dicho embalaje y del material como cajas que envuelven un fregadero o film para sostener toda la carga.

Los valores que intervienen en este análisis económico van desde el coste que supone la fabricación del moldeo de la pieza, la mano de obra indirecta, así como los gastos generales de la empresa productora.

A continuación se desarrolla cada uno de estos términos:

1. COSTE DE FABRICACIÓN

El coste de fabricación es el factor básico de este análisis, forma el gasto directo de producción del producto y se compone de tres valores: material, mano de obra directa y puesto de trabajo.

$$\text{COSTE DE FABRICACIÓN (C.fab)} =$$
$$= \text{material} + \text{mano de obra directa (m.o.d.)} + \text{puesto de trabajo}$$

1.1 COSTE DE MATERIAL

Para la fabricación de las piezas solo es necesario del uso de perlas de EPS como materia prima, por lo que los cálculos se simplifican enormemente.

El precio de la materia prima del que se parte es de 1,60 €/ kg. Cada pieza tiene una masa de 0,055 kg y como se ha mencionado, el cálculo se va a basar en la fabricación de las seis piezas que se extraen de un solo molde.

Al peso neto de la materia prima se le ha añadido un porcentaje del 6% debido a que se ha valorado la existencia de la pérdida de material, a esta pérdida se refiere a la expulsión de pentano que se produce en el desarrollo de la fabricación. Por otro lado, las piezas que son desfavorables no pertenecen a este porcentaje, no se tienen en cuenta porque son recuperadas y utilizados nuevamente para la producción de piezas.

Por lo que el importe de material finalmente es de:

MATERIA PRIMA	PESO (kg)			PRECIO (€)	
	Neto		Bruto	€/kg	TOTAL
Perlas de EPS	unidad	6 unidades	+6%	€/kg	TOTAL
	0,055	0,330	0,350	1,6	0,560

Tabla 8: Coste de material

1.2 MANO DE OBRA DIRECTA

La mano de obra directa (m.o.d) es el conjunto de operarios que se involucran en el proceso de fabricación teniendo responsabilidades en su puesto de trabajo. En este caso el proceso es automatizado, sólo sería necesario la participación de un solo trabajador encargado del apilamiento de las piezas recién salidas de la cavidad del molde.

Para la realización del cálculo del coste de la mano de obra directa se utilizarán los datos que se muestran en la siguiente tabla que representa los salarios por hora (S/h) relacionados según la categoría a la que pertenece el trabajador:

	Oficial de 1ª	Oficial de 2ª	Oficial de 3ª	Especialista	Peón	Aprendiz
S/ h (€/ h)	14,04	13,095	12,285	11,475	10,935	8,10

Tabla 9: Tabla salarial por hora de los trabajadores

En este caso se necesitan las cualidades de un “peón” por lo que el salario por hora asignado será de 10,935 €/h.

Se está calculando el coste que supone la fabricación de seis piezas. En cada cavidad del molde se elaboran las seis piezas a la vez, esto implica un tiempo de 80 segundos.

El coste del operario por este tiempo empleado será:

$$\text{m.o.d} = \text{Tiempo de cada operación} \cdot \text{Salario}$$

$$10,935 \text{ €/h} \cdot 1\text{h} / 3.600\text{s} \cdot 80 \text{ s} =$$

$$= 0,243 \text{ € de m.o.d para la elaboración de las seis piezas.}$$

Este coste incluye las cargas sociales, es decir el conjunto de aportaciones a los diversos departamentos que la empresa tiene que tener en cuenta. Al conjunto se refiere a la seguridad social, los accidentes de trabajo, la formación profesional, el seguro de desempleo, los fondos de garantía salarial y la responsabilidad civil, entre otros.

1.3 PUESTO DE TRABAJO

El puesto de trabajo engloba el equipamiento necesario para la producción, estos pueden ser el interés de inversión, amortización, mantenimiento y gasto energético. Es decir tratan de los costos generados durante el funcionamiento por la maquinaria e instalaciones

La maquinaria a utilizar son los preexpansores, silos, maquina inyectora, el molde junto con los diferentes postizos para la generación de los diferentes espesores de ranura.

En la tabla siguiente se muestran de los datos que se parten para el cálculo de los parámetros implicados:

Máquina	Precio (€)	Amortización (años)	Funcionamiento (h/año)	Vida prevista (h)
Preexpansor	150.000	20	6.000	27.000
Silos	1.500	20	8.760	36.000
Inyectora	100.000	20	6.000	32.400
Molde	25.000	15	3.000	27.000
Postizo	5.000	15	3.000	18.000

Tabla 10: Datos de las máquinas utilizadas en la producción de la pieza

Costo del puesto de trabajo (€/h)				
Máquina	Amortización	Mantenimiento	Energía	TOTAL
Preexpansor	1,25	1	2,022	4,522
Silos	0,009	0,007	0	0,0171
Inyectora	0,833	0,667	2,812	4,479
Molde	0,556	0,333	0	0,972
Postizos	0,111	0,067	0	0,194
TOTAL	2,759	2,074	4,834	10,184

Tabla 11: Cálculo del puesto de trabajo (€/h)

La tabla que muestra el costo del puesto de trabajo se ha creado a partir de los siguientes cálculos:

Se considera:

- Porcentaje de interés de la inversión $r=10\%$
- Porcentaje de mantenimiento $m=4\%$
- Coste energético de $0,076 \text{ €/ kWh}$ y se consumen $26,6 \text{ kWh}$ en el preexpansor y 37 kWh en la inyectora.
- **Amortización** = amortización de vida / horas anuales de funcionamiento

$$= (\text{precio} / \text{amortización}) / \text{horas anuales}$$
- **Mantenimiento** = $(\text{precio} \cdot \% \text{ mantenimiento}) / \text{horas anuales de funcionamiento}$
- **Energía consumida** = $\text{kWh} \cdot \text{coste de energía}$

El costo del puesto para la producción en un año, finalmente queda resumido en la suma de los parámetros:

Costo total hora = Amortización + Mantenimiento + Energía consumida

$$= 2,759\text{€/ hora} + 2,074 \text{ €/ hora} + 4,834 \text{ €/ hora} = 10,184 \text{ €/ hora}$$

Como se ha dicho en la fabricación de las seis piezas el tiempo invertido son 80 segundos, por lo que el costo del puesto será:

$$10,184 \text{ €/ hora} \cdot 1\text{h} / 3600\text{s} \cdot 80\text{s} = 0,226 \text{ €}$$

El coste de fabricación es la suma de los tres valores calculados, material, mano de obra directa y el costo del puesto, por lo que será igual a:

$$\text{Coste de fabricación} = 0,560 \text{ €} + 0,243 \text{ €} + 0,226 \text{ €} = 1,029 \text{ €}$$

2. COSTO DE LA MANO DE OBRA INDIRECTA

A estos costes forman parte los operarios relacionados directamente con la producción que no tienen ningún tipo de responsabilidad sobre su puesto de trabajo.

La empresa es la que se encarga de determinar el porcentaje que representa la mano de obra indirecta (m.o.i) sobre la directa. En este caso se ha establecido que será un 20% m.o.d.

$$\text{m.o.i} = \% \text{ m.o.i} \cdot \text{m.o.d} = 0,2 \cdot 0,243 \text{ €} = 0,049 \text{ €}$$

3. GASTOS GENERALES

Es el costo para que la empresa funcione correctamente, excluyendo claramente los costes ya estudiados. Pertenecen el personal directivo, técnico, administrativo, personal de informática, comercial, mantenimiento...

La empresa anualmente determina el porcentaje dedicado a estas funciones, según el Real Decreto 982/1987, del 5 de Julio, el porcentaje comprende el intervalo del 13 y el 17%.

En este caso se va a fijar el valor medio, es decir, se va a aplicar el 15 % de la mano de obra directa.

$$\text{Gasto Generales} = \% \text{ G.G.} \cdot \text{m.o.d} = 0,15 \cdot 0,243 = 0,037 \text{ €}$$

4. COSTE TOTAL EN FÁBRICA

El coste total en fábrica será igual al sumatorio del coste total en fabricación, la mano de obra indirecta y los gastos generales:

$$\begin{aligned}\text{COSTO TOTAL EN FÁBRICA} &= \text{coste fabricación} + \text{m.o.i} + \text{gastos generales} \\ &= 1,029 \text{ €} + 0,049 \text{ €} + 0,037\text{€} = \mathbf{1,115 \text{ €}}\end{aligned}$$

Este valor corresponde a seis piezas recién salidas del molde, equivalente a doce esquineras unidas. Con lo cual el coste de una cantonera será igual a 0,093 €/ unidad y el coste que generaría el embalaje de un fregadero, es decir cuatro esquineras equivale a 0,372 €/ 4 esquineras.

CAPÍTULO 5: Estudio Económico del Proyecto

1. Análisis temporal.....	129
2. Coste del personal	130
3. Coste de material amortizable	130
4. Coste de mantenimiento y actualización	132
5. Coste de material no amortizable.....	133
6. Coste del proyecto.....	133

El estudio económico que supone la realización del proyecto se va a desglosar en los apartados que se presentan a continuación:

1. ANÁLISIS TEMPORAL

Se va a comenzar por aportar datos generales, se ha analizado los días de trabajo activos (reales) anuales, es decir, excluyendo los días de permiso, enfermedad, festivos....

En la siguiente tabla se resumen los datos de los días mencionados:

DÍAS NATURALES, Dn	DEDUCCIONES, D				
	Domingos	Sábados	Vacaciones	Festivos	Totales
365	52	52	20	8	132
DÍAS REALES, Dr	$Dr = Dn - D$				233

Tabla 12: Resultado de los días de trabajo reales

Estos días suponen aproximadamente 1800 horas de trabajo efectivo al año, contando con una jornada laboral de 8 horas y descontando los tiempos de descansos respectivos.

Centrándose en este proyecto, las labores que se han desarrollado están representadas en la tabla:

ACTIVIDAD	DURACIÓN (h)	
PRELIMINAR	Planificación del cronograma	15
	Búsqueda de información y documentación	40
DESARROLLO	Elaboración de la idea (bocetaje)	40
	Elección de características	10
	Modelado 3D en CATIA	25
	Planteamiento de simulaciones	20

	Cálculos	25
	Revisiones y correcciones	5
	Ensayos en Autodesk Inventor	25
	Análisis de tensiones	20
	Renderizados de la pieza final	30
	Análisis económico	15
INFORME	Organización y creación	5
	Redacción de la documentación	40
	Maquetación de la memoria	10
	Presentación	10
		335

Tabla 13: Duración en horas de las actividades realizadas durante el proyecto

2. COSTE DEL PERSONAL

Este coste se resume en la relación que existe entre el salario que se vincula con el trabajador y las horas acumuladas durante la elaboración.

El salario que se ha seleccionado es el de un ingeniero que su valor se ha estimado a 22,60 € la hora. Anteriormente se ha analizado la duración en horas que se han invertido en la realización del proyecto, siendo aproximadamente 335 horas.

$$\text{Coste total del personal} = \text{Salario/ hora} \cdot \text{horas trabajadas} =$$

$$= 22,60\text{€/h} \cdot 335\text{h} = 7.571 \text{ €}$$

3. COSTE DE MATERIAL AMORTIZABLE

El material amortizable que se ha considerado es el que se presenta a continuación, junto con su coste. Este material se ha basado en el equipo informático y los software que han sido necesarios para el desarrollo de todas las fases.

CAPÍTULO 5: Estudio Económico del Proyecto

	IMPORTE (€)	AÑOS DE AMORTIZACIÓN	Valor residual	Horas de uso
Ordenador portátil	750	4	150	335
Paquete Microsoft Office 2013	100	2	0	80
Software Catia V5	1.000	2	500	30
Software KeyShot 6 64	450	2	200	30
Software Autodesk Inventor Professional 2019	600	1	250	45
Software Illustrator CC 2017	250	1	50	30

Tabla 14: Datos del material amortizable utilizado

A partir de estos datos se ha conseguido sacar el valor de amortización hora [A] (€/h):

$$A = \left(\frac{Vc - Vr}{T} \right) / H$$

A= Coste de amortización hora

Vc= Importe

Vr= Valor residual

T= Años de amortización

H= Horas de uso

Coste de amortización (€) = Coste de amortización hora / horas anuales trabajadas

CAPÍTULO 5: Estudio Económico del Proyecto

	AMORTIZACIÓN (€/ horas)	Coste de amortización €
Ordenador portátil	0,597	200
Paquete Microsoft Office 2013	0,625	50
Software Catia V5	16,66	500
Software KeyShot 6 64	7,5	225
Software Autodesk Inventor Professional 2019	13,33	600
Software Illustrator CC 2017	8,33	250
TOTAL		1.575

Tabla 15: Coste de los materiales amortizables

4. COSTE DE MANTENIMIENTO Y ACTUALIZACION

Este coste solamente se va a basar en el mantenimiento que requiere el equipo informático, ya que es el único destacable.

El proceso de cálculo de este valor va a seguir las mismas pautas que el punto anterior pero en este caso se va a centrar el coste del ordenador portátil.

	IMPORTE (€)	Horas de uso	AMORTIZACIÓN (€/ horas)
Ordenador portátil	75	335	0,07

Tabla 16: Coste de mantenimiento y actualización

COSTE DE AMORTIZACIÓN DE MANTENIMIENTO = Amortización (€/h) · Horas de uso

$$= 0,07 \text{ €/h} \cdot 335 \text{ h} = 23,45 \text{ €}$$

5. COSTE DE MATERIAL NO AMORTIZABLE

En este apartado sólo se van a tener en cuenta costes generados por desplazamientos, se considera un coste por material no amortizable a aquellos que no aportan valor una vez abonado.

Se va a estimar una cantidad de 100 € por desplazamientos.

6. COSTE DEL PROYECTO

Finalmente el coste del proyecto es el sumatorio de los apartados anteriores calculados, siendo este:

Coste del proyecto = coste total del personal + coste de amortización +
coste de mantenimiento + coste de material no amortizable

$$\text{Coste del proyecto} = 7.571 \text{ €} + 1.575 \text{ €} + 23,45 \text{ €} + 100 \text{ €} = 9.269,45 \text{ €}$$

El coste final que supondría la elaboración del proyecto asciende a 9.269,45 €

CAPÍTULO 6: Conclusiones y Trabajos Futuros

1. Conclusiones.....	137
2. Trabajos futuros	138

1. CONCLUSIONES

El proyecto técnico del rediseño de una pieza de embalaje se ha visto involucrado con una serie de fases como la elección del tema, el paso por el estudio de mercado, el conocimiento de las limitaciones existentes, bocetaje de ideas junto con sus análisis mecánicos y muchas otras más.

Primordialmente, se ha desenvuelto con la fijación de los objetivos y del pliego de condiciones impuesto con la intención del perfeccionamiento del embalaje ya existente.

El apartado aspira al estudio de estos propósitos para confirmar si las elecciones, que se han ido tomando en el transcurso, cumplen o no con lo marcado en el comienzo y si finalmente se ha conseguido una mejora de estas piezas.

Comenzando con el objetivo más prioritario, el de la resistencia mecánica, la cual tiene que ser la necesaria para soportar las condiciones en el que opera la pieza. Mediante los análisis de elementos finitos se ha comprobado, simulando el entorno de trabajo, dando finalmente resultados favorables.

Por otra parte, se pretendió la reducción de coste ejecutando diversas actividades para lograrlo. A estas actividades hace referencia al método de elaboración, el cual se va a realizar por inyección por moldeo donde el moldeo se ha visto favorecido por haber dirigido el diseño de la pieza hacia una multicavidad, es decir, ha sido pensado para que en un mismo molde se generen seis piezas emparejadas al unísono optimizando tanto tiempos de producción como la energía utilizada. También se ha favorecido la reducción de costes por la reducción de material, se ha analizado la zona más adecuada donde se puede ahorrar material sin perjudicar su funcionalidad ni resistencia.

Destacar también que se ha tenido en cuenta el respeto con el medio ambiente, además de la manipulación del operario incorporando simbología visual haciendo más ergonómico su trabajo.

Asimismo el planteamiento trata que el diseño de la pieza sea válido para varios modelos del producto a embalar, en este objetivo ha implicado limitar la innovación en la pieza ya que esta se ha tenido que acomodar y tener en cuenta las características de numerosos modelos. La otra limitación presente es que se tuvo que centrar sólo en los modelos que tuvieran secciones rectangulares excluyendo así secciones circulares o con esquinas con un radio de redondeo muy amplio.

Por otro lado, la adaptación de la pieza para embalar varias configuraciones de modelos aporta grandes ventajas a causa de reducir los costes de producción

porque no es necesario la producción de varios moldes para cada uno de los modelos de producto lo que reduce enormemente estos gastos.

Gracias a los conocimientos adquiridos a lo largo del grado mediante las materias como diseño mecánico permitiéndonos el análisis de elementos finitos, diseño industrial, envase y embalaje proporcionando conocimiento sobre materiales, normativas y tipos de embalaje, oficina técnica dando un entendimiento sobre la variedad de partes que componen el proyecto técnico y la elaboración de alguna de ellas como puede ser el presupuesto, entre otras. Se ha logrado, en el Trabajo de Fin de Grado, llegar a una pieza totalmente producible y funcional.

2. TRABAJOS FUTUROS

Mirando hacia nuevas experiencias y oportunidades para proseguir con el proyecto de embalaje sería interesante la realización de ensayos reales, dejando de lado las simulaciones de las cuales no sabemos con certeza si los resultados son válidos o no, simplemente son una guía de cómo se podría comportar la pieza diseñada ante ciertas circunstancias semejando la realidad.

Igualmente sería interesante el estudio de diseño de las piezas de embalaje para los modelos que se encuentran en el catálogo y que han quedado excluidos en el proyecto, es decir para los modelos de sección circular o de radio muy amplio en sus esquinas.

Finalmente, como en todo proyecto técnico validado, lo que se desea es concluir con la producción de la pieza diseñada y su puesta en servicio para lo que ha sido desarrollado.

CAPÍTULO 7: Fuentes Bibliográficas

1. Carácter académico	141
2. Carácter normativo.....	141
3. Páginas web	142
4. Libros.....	146
5. Guías	146
6. Fuentes de imágenes.....	146

1. CARÁCTER ACADÉMICO

[1] Blanco Caballero, Moisés (curso 2017-2018). Oficia Técnica. Proyecto Técnico II.

[2] Blanco Caballero, Moisés (curso 2017-2018). Taller de Diseño III. Presupuesto Industrial.

[3] Magdaleno Martín, Jesús (curso 2016-2017). Diseño Mecánico. Aplicación práctica del método de los elementos finitos.

[4] Magdaleno Martín, Jesús (curso 2016-2017). Diseño Mecánico. Análisis de tensión.

[5] Geijo Barrientos, José Manuel (curso 2017-2018). Envase y embalaje, Introducción.

[6] Geijo Barrientos, José Manuel (curso 2017-2018). Envase y embalaje, Materiales de envases y embalajes.

[7] Serrano Mira, Julio (curso 2016-17) Tecnología del Plástico y Diseño de Productos. Conformado de plásticos por inyección

2. CARÁCTER NORMATIVO

UNE-EN 826, 2013. Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Determinación del comportamiento a compresión.

UNE-EN 12089, 2013. Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Determinación del comportamiento a flexión.

UNE-EN 13428, 2005. Envases y embalajes. Requisitos específicos para la fabricación y composición. Prevención por reducción de origen.

UNE-EN 13429, 2005. Envases y embalajes. Reutilización.

UNE-EN 13430, 2005. Envases y embalajes. Requisitos para envases y embalajes recuperables mediante reciclado de materiales.

UNE-EN 13431, 2005. Envases y embalajes. Requisitos de los envases y embalajes valorizables mediante recuperación de energía, incluyendo la especificación del poder calorífico inferior mínimo.

UNE-EN 13432, 2001. Envases y embalajes. Requisitos de los envases y embalajes valorizables mediante compostaje y biodegradación. Programa de ensayo y criterios de evaluación para la aceptación final del envase o embalaje.

UNE- EN ISO 2234, 2003. Envases y embalajes. Embalajes de expedición completos y llenos y unidades de carga. Ensayos de apilamiento usando una carga estática.

UNE- EN ISO 2244, 2003. Envases y embalajes. Embalajes de expedición completos y llenos y unidades de carga. Ensayos de impacto horizontal.

UNE- EN ISO 2247, 2003. Envases y embalajes. Embalajes de expedición completos y llenos y unidades de carga. Ensayos de vibración a baja frecuencia fija.

3. PÁGINAS WEB

[8] ANAPE (2018). Proceso de fabricación. Recuperado 17 de noviembre de 2018, de:

Sitio web: <http://anape.es/index.php?accion=producto&subaccion=proceso-de-fabricacion>

[9] BRAFIM. (2018). Embalajes de protección en general. Recuperado 15 de noviembre de 2018, de:

Sitio web: <http://www.brafim.com/productos/embalajes-a-medida/embalajes-de-proteccion-en-general>

[10] Teka. (2018). Catálogo de fregaderos Teka. Recuperado 15 de noviembre de 2018, de:

Sitio web:
<https://teka.com/es-es/wp-content/uploads/sites/2/2018/07/Cat%C3%A1logo-de-Fregaderos-Teka-2018-2019.pdf>

[11] Grupo Valero. (2018). Embalajes de EPS. Recuperado 25 de noviembre de 2018, de

Sitio web:
<http://www.grupovalero.com/productos/soluciones-industriales/eps-industria/embalajes/>

[12] ANAPE. El EPS como material de Envase y Embalaje. Recuperado 17 de noviembre de 2018, de abc-pack:

Sitio web: <https://www.abc-pack.com/enciclopedia/el-eps-como-material-de-envase-y-embalaje/>

[13] ABC-PACK. Historia del Poliestireno Expandido (EPS). Recuperado 17 de noviembre de 2018, de:

Sitio web: <https://www.abc-pack.com/enciclopedia/historia-del-poliestireno-expandidoeps/>

[14] ANAPE (2001). Reciclado de EPS en Europa. Recuperado 17 de noviembre de 2018, de:

Sitio web: <http://www.anape.es/pdf/ficha32.pdf>

[15] ANAPE (2001). El EPS en Europa. Recuperado 17 de noviembre de 2018, de:

Sitio web: <http://anape.es/pdf/ficha%20Sector%20EPS%205.pdf>

[16] Carmen Krystal Perez Espinoza (2012). Empaques y embalajes. Recuperado 20 de noviembre de 2018, de Academia:

Sitio Web: https://www.academia.edu/31379347/Empaques_y_embalajes

[17] Blanca Villarreal. Historia del envase, empaque y embalaje. Recuperado 20 de noviembre de 2018, de Academia:

Sitio web:

https://www.academia.edu/4842073/Historia_del_envase_empaque_y_embalaje

[18] RAJAPACK (2018). ¿Qué es el embalaje? Características y funciones. Recuperado 20 de noviembre de 2018, de:

Sitio Web: <https://www.rajapack.es/blog-es/embalaje/que-es-embalaje-caracteristicas-funciones/>

[19] SERVICOLOR (2016). Historia del embalaje. Recuperado 20 de noviembre de 2018, de:

Sitio Web: <http://www.servicoloriberia.com/la-historia-del-embalaje/>

[20] Rufo Valencia (2018). Iniciativa canadiense para reciclar el poliestireno. Recuperado 24 de noviembre de 2018, de RCI (Radio Canadá Internacional):

Sitio Web: <http://www.rcinet.ca/es/2018/08/22/iniciativa-canadiense-para-reciclar-el-poliestireno/>

[21] iPackaging. (2018). Poliestireno expandido. Recuperado 25 de noviembre de 2018, de

Sitio web: <http://ipackaging.es/1343/>

[22] Adrián Sanchez. (2016). LEGISLACIÓN SOBRE ENVASES Y EMBALAJES. Recuperado 2 de enero de 2019, de Prezi:

Sitio web: <https://prezi.com/tnv0vltlt-gw/legislacion-sobre-envases-y-embalajes/>

[23] Interempresas (2018). Solución para ensayos en envases y embalajes. Recuperado 24 de enero de 2019, de:

Sitio web: <https://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/215863-Solucion-para-ensayos-en-envases-y-embalajes.html>

[24] KnaufIndustries (2018). ¿Cómo se asegura la mejor calidad para mi embalaje? Recuperado 24 de enero de 2019, de:

Sitio Web: <https://knauf-industries.es/se-asegura-la-mejor-calidad-embalaje/>

[25] AIMSA. USOS DEL EPS. Recuperado 19 de febrero de 2019, de:

Sitio Web: <http://www.aimsa.com/construccion.htm>

[26] TextosCientificos (2005) Usos y aplicaciones del poliestireno expandido. 19 de febrero de 2019, de:

Sitio Web: <https://www.textoscientificos.com/polimeros/poliestireno/usos>

[27] Javier de Mena (2012). ¿Se pueden reciclar los materiales que aíslan nuestros edificios?, Recuperado 23 de abril de 2019, de Mimbrea:

Sitio Web: <http://www.mimbrea.com/se-pueden-reciclar-los-materiales-que-aislan-nuestros-edificios/>

[28] GreenDiary (2014). Green Art: 10 Products made using recycled Styrofoam, Recuperado 23 de abril de 2019, de:

Sitio Web: <https://greendiary.com/green-art-10-products-recycled-styrofoam.html>

[29] Apartment Therapy (2008). What Do You Do With Styrofoam Packaging? Recuperado 23 de abril de 2019, de:

Sitio Web: <https://www.apartmenttherapy.com/helpwhat-do-you-70612>

[30] Yuka Yoneda (2010). Amazing Futuristic Styrofoam Art Made from Found Packaging. Recuperado 23 de abril de 2019, de:

Sitio Web: <https://inhabitat.com/super-futuristic-styrofoam-art-made-from-found-packaging/>

[31] Cristina G. Pedraz (2014). Salidas viables para los residuos de poliestireno expandido. Recuperado 23 de abril de 2019, de CTR Mediterráneo:

Sitio Web: <http://www.ctrmediterraneo.com/noticias/salidas-viables-para-los-residuos-de-poliestireno-expandido/>

[32] Cajacarton (2017). Funciones del Embalaje, ¿Cuáles son?. Recuperado 23 de abril de 2019, de:

Sitio Web: <http://blog.cajadecarton.es/funciones-del-embalaje/>

[33] Cajacarton (2017). Tipos de Embalaje según el Material con el que están Fabricados. Recuperado 23 de abril de 2019, de:

Sitio Web: <http://blog.cajadecarton.es/tipos-de-embalaje/>

[34] Cajacarton (2017). Tipos de Envases y Embalajes: Diferencias y características. Recuperado 23 de abril de 2019, de:

Sitio Web: <http://blog.cajadecarton.es/tipos-de-envases-y-embalajes/>

[35] COVERPAN (2018). Características y funciones del embalaje. Recuperado 23 de abril de 2019, de:

Sitio Web: <https://www.coverpan.es/caracteristicas-y-funciones-embalaje/>

[36] Lizbeth Serrano (2017). 3 principales funciones que todo embalaje debe tener. Recuperado 23 de abril de 2019, de InformaBTL:

Sitio Web: <https://www.informabtl.com/3-principales-funciones-que-todo-embalaje-debe-tener/>

[37] ECoticias (2017). 10 innovadores envases ecológicos. Recuperado 23 de abril de 2019, de:

Sitio Web: <https://www.ecoticias.com/residuos-reciclaje/136127/10-innovadores-envases-ecologicos>

[38] Inés Pérez (2016). Botellas biodegradables ofrecen solución al problema plástico. Recuperado 23 de abril de 2019, de ComputerHoy:

Sitio Web: <https://computerhoy.com/noticias/life/botellas-biodegradables-ofrecen-solucion-problema-plastico-43271>

[39] EMBAMAT (2018) Embalajes para rellenar, acolchar y bloquear. Recuperado 23 de abril de 2019:

Sitio Web: <http://www.embamat.eu/es/productos/embalajes/relleno-y-acolchado>

[40] Juan Luis López Agüero (2016) PROBLEMA: El molde no se llena completamente (pieza incompleta) PIENSE EN LAS CAUSAS QUE ORIGINAN EL PROBLEMA. Recuperado el 23 de abril de 2019.

Sitio Web: <https://docplayer.es/4169833-Problema-el-molde-no-se-llena-completamente-pieza-incompleta-piense-en-las-causas-que-originan-el-problema.html>

4. LIBROS

[41] ANAPE (1998). Legislación sobre envase. Punto Crítico Madrid, España

Edición Especial para ANAPE (Asociación Nacional de Poliestireno Expandido)

[42] Cervera Fantoni, A. (2003). Envase y embalaje. Pozuelo de Alarcón, Madrid: ESIC Editorial.

[43] Lozano, J. (1997). El futuro de los envases y embalajes ante la nueva legislación española. Madrid: Fundación Confemetal

5. GUÍAS

[44] Libro Blanco del EPS, Documento de Antecedentes para la Normalización Europea del EPS, ANAPE, (2003), Madrid, España.

[45] Información Técnica Styropor, BASF, (2001), Ludwigshafen, Alemania.

[46] Guía de ecodiseño de envases y embalajes, ECOEMBES e INHOBE (2017), Bilbao, España

[47] Construcción sostenible con aislante de EPS, EUMEPS (2010), Bruselas, Bélgica

[48] Proyecto ECO EPS para el reciclado de envases y embalajes de poliestireno expandido usados, ANAPE, Madrid, España

[49] Guía práctica de diseño de envases y embalajes para la distribución de productos, ITENE, Valencia, España

6. FUENTES DE IMÁGENES

[50] Catálogo de fregaderos Teka (2018-2019), TEKA

[51] Tapicería Villa (2018). Venta de bolitas de poliespán en Bilbao. Recuperado 25 de abril de 2019, de:

Sitio Web: <http://tapiceriavilla.com/bolitas-de-poliespan-en-bilbao/>

[52] Cajacarton (2017). Existen diferentes tipos de envases y embalajes, te explicaremos las diferencias entre éstos y cómo escoger el más adecuado. Recuperado 26 de abril de 2019, de:

Sitio Web: <http://blog.cajadecarton.es/tipos-de-envases-y-embalajes/>

[53] Envasadosaterceros (2018). Top 10 en diseños de envases originales y divertidos. Recuperado 26 de abril de 2019, de

Sitio Web: <https://envasados.es/disenos-de-envases-originales/>

[54] Cajacarton (2017). ¿Qué es el Embalaje Primario? ¡Te lo explicamos! Recuperado 26 de abril de 2019, de:

Sitio Web: <http://blog.cajadecarton.es/que-es-el-embalaje-primario/>

[55] TotalSafePack (2016). ¿Cuál es la diferencia entre envase, empaque y embalaje? Recuperado 26 de abril de 2019, de:

Sitio Web: <https://www.totalsafepack.com/cual-es-la-diferencia-entre-envase-empaque-y-embalaje/>

[56] PaletsVillastilla. Palets usados. Recuperado 26 de abril de 2019, de:

Sitio Web: <http://www.paletsvillastilla.com/>

[57] Tweet Toys (2018). Principales tipos de los embalajes de madera Recuperado 26 de abril de 2019, de:

Sitio Web: <https://tweettoys.es/principales-tipos-de-los-embalajes-de-madera/>

[58] Maderea (2017). Tipos de embalajes de madera. Recuperado 26 de abril de 2019, de:

Sitio Web: <https://www.maderea.es/tipos-de-embalajes-de-madera/>

[59] Pinterest . Cajas de cartón. El concepto de embalaje de mercancías, envío de pedidos a clientes.. Recuperado 26 de abril de 2019, de:

Sitio Web:

https://www.pinterest.es/pin/create/bookmarklet/?media=https%3A%2F%2Fimage.freepik.com%2Ffoto-gratis%2Fcajas-carton-concepto-embalaje-mercancias-envio-pedidos-clientes_72572-513.jpg&url=https%3A%2F%2Fwww.freepik.es%2Ffotos-premium%2Fcajas-carton-concepto-embalaje-mercancias-envio-pedidos-clientes_3755416.htm&description=Cajas%20de%20cart%C3%B3n.%20el%20concepto%20de%20embalaje%20de%20mercanc%C3%ADas%2C%20env%C3%ADo%20de%20pedidos%20a%20clientes.%20Foto%20Premium

[60] Hueveras de cartón. Bandejas y estuches para huevos de gallina. Recuperado 26 de abril de 2019, de:

Sitio Web: <https://www.hueverasdecarton.com/>

[61] InterEmpresas (2009). Crean un nuevo plástico biodegradable para envases y embalajes especiales. Recuperado 26 de abril de 2019, de:

Sitio Web: <https://www.interempresas.net/Envase/Articulos/244486-Las-cajas-de-slimBits-de-Wiha-reciben-el-premio-Red-Dot-Award-Product-Design-2019.html>

[62] elEconomista (2018). Llegan los anillos biodegradables para los paquetes de latas de cerveza. Recuperado 26 de abril de 2019, de:

Sitio Web: <https://www.eleconomista.es/empresas-finanzas/noticias/8894707/01/18/Los-anillos-biodegradables-para-los-paquetes-de-cerveza-ya-son-una-realidad.html>

[63] Merford. Container Handling. Recuperado 26 de abril de 2019, de:

Sitio Web: <https://www.merford.com/en-gb/markets/maritime-ports/container-handling/>

[64] BigBox (2016). Shipping Container Maintenance. Recuperado 26 de abril de 2019, de:

Sitio Web: <https://www.bigboxcontainers.co.za/blog/shipping-container-maintenance>

[65] Materials world (2016). Plástico fanástico. Recuperado 26 de abril de 2019, de:

Sitio Web: <https://www.mwmaterialsworld.com/blog/plastico-fantastico-para-tus-disfraces-de-carnaval/>

[66] DirectIndustry. Relleno de embalaje espuma de polietileno/ para la industria alimentaria. Recuperado 26 de abril de 2019, de:

Sitio Web: <http://www.directindustry.es/prod/abriso/product-60266-389617.html>

[67] llersis Fundació Privada. Caja negra con espuma troquelada. Recuperado 26 de abril de 2019, de:

Sitio Web: <https://illersis.org/project/caja-negra-espuma/>

[68] Residuos profesional (2005). Reciclan las bolas de poliexpán como componentes de baterías. Recuperado 26 de abril de 2019, de:

Sitio Web: <https://www.residuosprofesional.com/reciclan-poliexpan-componentes-baterias/>

[69] Packlink. Guía de embalaje. Recuperado 26 de abril de 2019, de:

Sitio Web:

<https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjGkbuqjNzhAhWxlUKHYihAv0QjRx6BAgBEAU&url=https%3A%2F%2Fsupport.packlink.com%2Fhc%2Fes-es%2Farticles%2F207647689-Gu%25C3%25ADa-de-Embalaje&psig=A0vVaw0dkm7-xveD8B42REe9VSAN&ust=1555761063539607>

[70] SelfPackaging. Virutas de papel para relleno cortado. Recuperado 26 de abril de 2019, de:

Sitio Web: <https://selfpackaging.es/papel-de-regalo/e-re01-virutas-de-papel-4916.html>

[71] FormatoSiete(2017). En el 2050 habrá más plástico que peces en el mar. Recuperado 26 de abril de 2019, de:

Sitio Web: <https://formato7.com/2050-habra-mas-plastico-peces-mar/>

[72] SingleQuiver(2018). Distintos tipos de material de una tabla de surf. Recuperado 26 de abril de 2019, de:

Sitio Web: <https://www.singlequiver.com/enelpico/conoce-los-distintos-tipos-de-material-de-una-tabla-de-surf/>

[73] José M. Escotto (2016). Elige tu casco MTB: Materiales y Tipos. Recuperado 26 de abril de 2019, de bikesWorld:

Sitio Web: <https://www.bikesworldrevista.es/elige-casco-mtb-materiales-tipos/>

[74] Amazon. Nevera de porexpan o corcho. Recuperado 26 de abril de 2019, de:

Sitio Web: <https://www.amazon.es/BETTASHOP-ES-Nevera-POREXPAN-Corcho-litros/dp/B07DL3SFMN>

[75] IconRioja. Embalaje Industrial, EPS. Recuperado 26 de abril de 2019, de:

Sitio Web: <http://iconrioja.es/eps>

[76] Cypsa. Embalaje EPS. Recuperado 26 de abril de 2019, de:

Sitio Web: <http://www.cypsa.es/embalajes/palet/>

[77] KnaufIndustries. Embalaje y protección. Recuperado 26 de abril de 2019, de:

Sitio Web: <https://knauf-industries.es/producto/bloques-poliestireno-expandido/>

[78] Laura Gómez Sánchez (2012). El poliestireno expandido, un material “verde”, más allá de promesas ecológicas. Recuperado 26 de abril de 2019, de Interempresas:

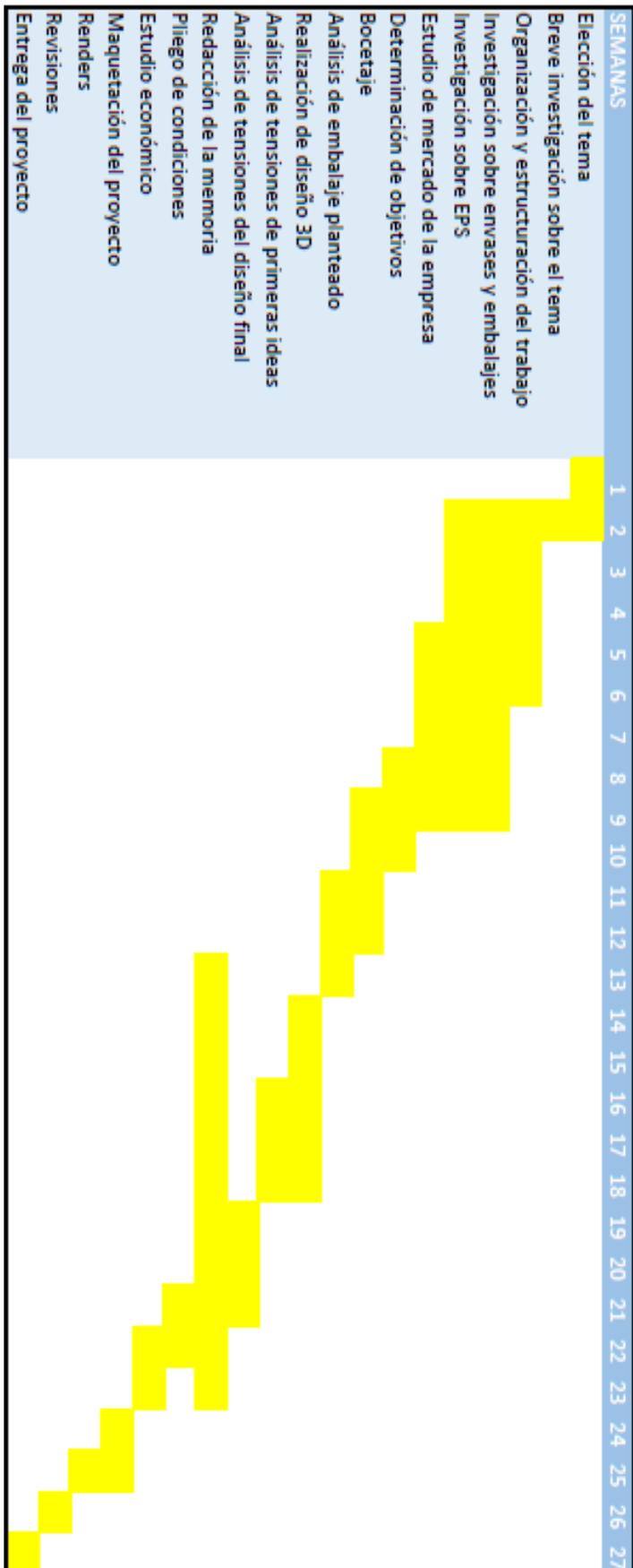
Sitio Web: <http://www.interempresas.net/Envase/Articulos/100740-El-poliestireno-expandido-un-material-verde-mas-alla-de-promesas-ecologicas.html>

[79] María José Pareja Roza (2017) Qué es el poliestireno expandido y como tratarlo. Recuperado 26 de abril de 201, de Ecosilvio:

Sitio Web: <https://ecosiglos.com/que-es-el-poliestireno-expandido-y-como-tratarlo/>

ANEXO I: Diagrama de Gantt	153
ANEXO II: Producción de la pieza diseñada por la empresa	155
1. Piezas antiguas	155
2. Piezas actuales en producción	155
3. Molde de la pieza	157

ANEXO I: Diagrama de Gantt



1. PIEZAS ANTIGUAS



Fotografía 1: Pieza antigua que generaba problemas

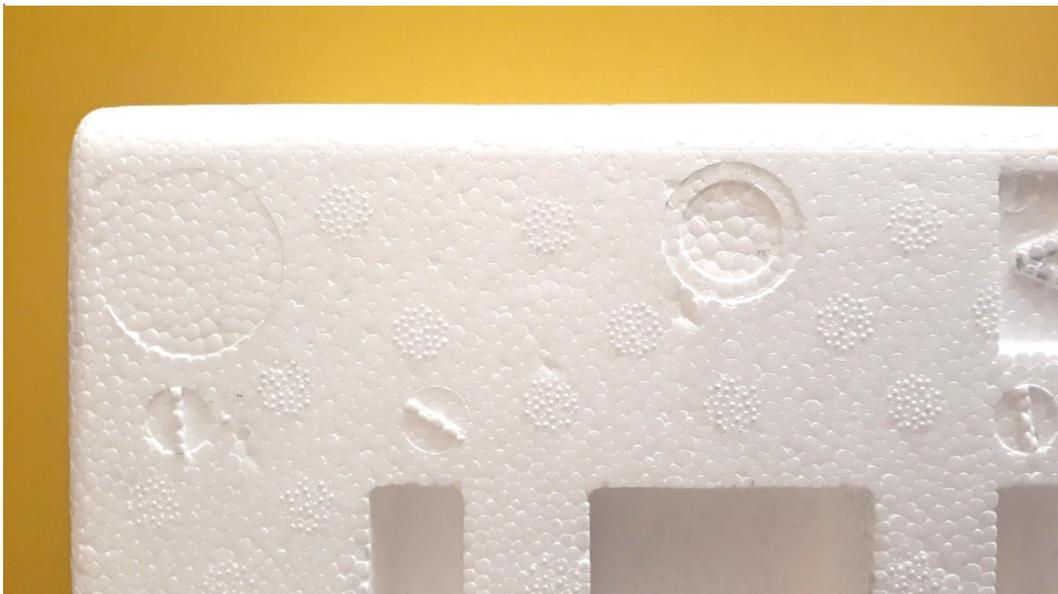
2. PIEZAS ACTUALMENTE EN PRODUCCIÓN



Fotografía 2: Pieza diseñada por la empresa para la solución de los problemas



Fotografía 3: Marcas generadas por las cabezas de los tornillos que ajustan el postizo al molde



Fotografía 4: Marcas generadas por los inyectores, expulsores y de los conductos de refrigeración

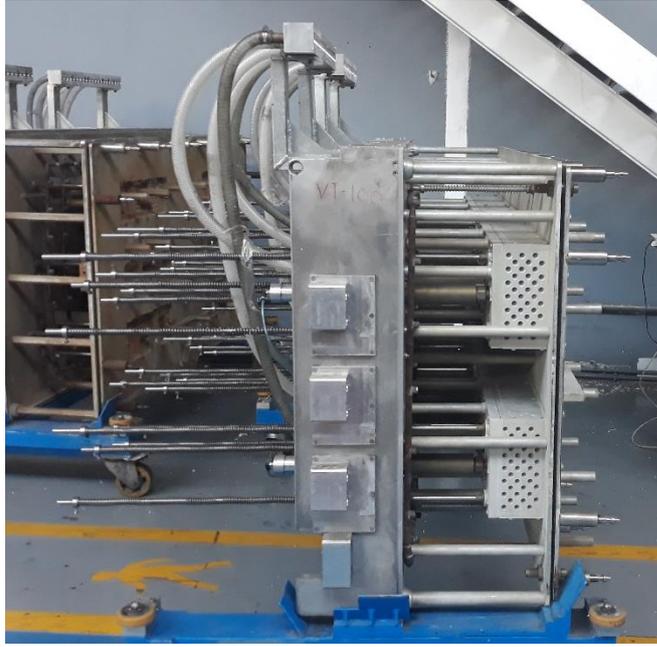
3. MOLDE DE LA PIEZA



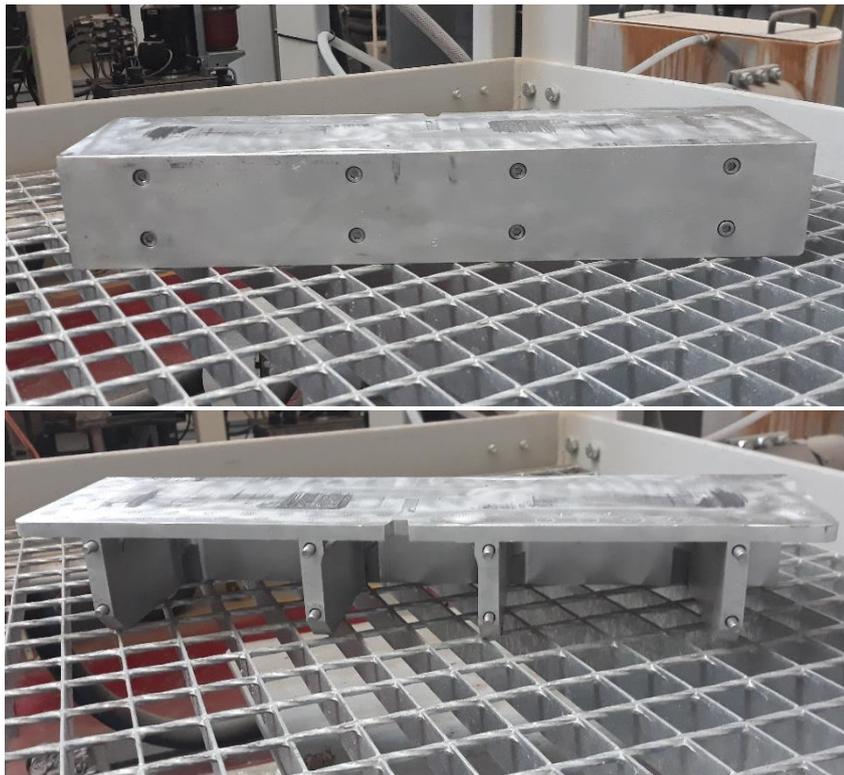
Fotografía 5: Molde por la parte delantera donde se acopla a la máquina, se muestra las seis cavidades



Fotografía 6: Molde por la parte trasera donde están colocados los expulsores y los conductos de inyección



Fotografía 7: Molde de perfil



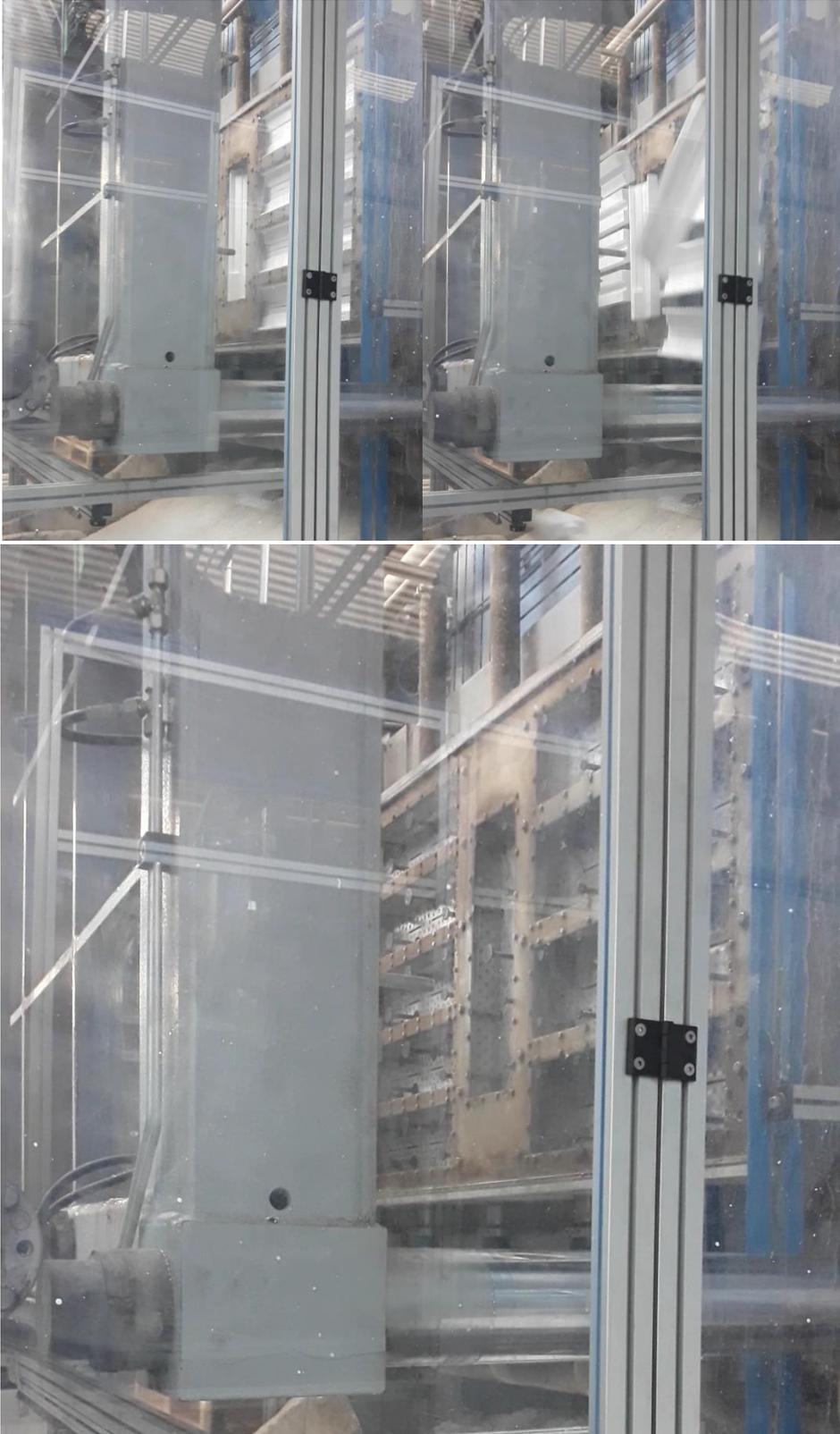
Fotografía 8: Postizo para reducir la altura de la pieza

Fotografía 9: Parte trasera del postizo, la cual encaja en el molde



Fotografía 10: Postizo que genera la ranura de la pieza

Fotografía 11: Parte trasera del postizo



Fotografía 3: Proceso de extracción cuando el molde está en funcionamiento

