



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

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

**Diseño de Embalaje en Espumas Plásticas
para Electrodomésticos de Línea Blanca**

Autor/a:

Megido Domínguez, Isabel

Tutor:

Pérez Blanco, Esteban

Departamento:

CMeIM/EGI/ICGF/IM/IPF

Valladolid, Julio de 2017

DISEÑO DE EMBALAJE EN ESPUMAS PLÁSTICAS PARA ELECTRODOMÉSTICOS DE LÍNEA BLANCA

ISABEL MEGIDO DOMÍNGUEZ

INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DEL PRODUCTO



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

RESUMEN

En este trabajo de fin de grado se va a presentar el diseño de la base de un embalaje para lavadoras hecho de espumas plásticas. Este embalaje deberá cumplir con los requisitos necesarios para ser fabricado mediante el proceso de moldeo por inyección.

Para llevar a cabo este proyecto, se parte de unos datos que proporciona una empresa fabricante de lavadoras. A partir de las características de dos embalajes ya existentes para dos modelos de lavadora diferentes, se diseña un nuevo embalaje que unifica a estos dos, consiguiendo de esta forma una reducción de costes en el proceso de fabricación de los embalajes.

El resultado del proyecto es un embalaje que encaja en dos modelos de lavadora diferentes gracias a la incorporación de postizos al molde, y que puede ser fabricado mediante el proceso de moldeo por inyección.

PALABRAS CLAVE

Embalaje, proteger, EPS, molde, postizo.

ÍNDICE

Capítulo 1. Objetivos y justificación.....	11
1.1. Introducción.....	13
1.2. Justificación.....	13
1.3. Objetivos.....	15
1.4. Estructura del proyecto.....	16
Capítulo 2. Bases teóricas.....	19
2.1. El envase y embalaje.....	21
2.2. El EPS como material para embalaje.....	31
Capítulo 3. Aplicación práctica.....	37
3.1. Datos de partida.....	39
3.2. Proceso de diseño.....	45
3.3. Resultados.....	56
3.4. Diseño definitivo.....	109
Capítulo 4. Análisis de costes.....	113
4.1. Coste de los dos embalajes existentes.....	115
4.2. Coste del nuevo embalaje.....	117
Capítulo 5. Estudio económico.....	123
5.1. Análisis temporal.....	125
5.2. Costes del personal.....	125
5.3. Costes de material amortizable.....	125
5.4. Costes de material no amortizable.....	127
5.5. Coste total del proyecto.....	127

ÍNDICE

Capítulo 6. Conclusiones y líneas futuras.....	129
6.1. Conclusiones del proyecto.....	131
6.2. Líneas futuras.....	132
Capítulo 7. Bibliografía.....	135
7.1. De carácter académico.....	137
7.2. Guías.....	137
7.3. Páginas web.....	137
7.4. Bibliografía de imágenes.....	139
Anexos.....	143
ANEXO I: Diagramas de Pareto análisis de costes.....	145
ANEXO II: Diagrama de Pareto estudio económico.....	147
ANEXO III: Diagrama de Gantt.....	148

CAPÍTULO 1

Justificación y objetivos del proyecto

1.1. Introducción.....	13
1.2. Justificación.....	13
1.3. Objetivos.....	15
1.4. Estructura del proyecto.....	16

1.1. INTRODUCCIÓN

El envase y embalaje de un producto ha jugado un papel muy importante en la venta del mismo desde el principio de su historia. Inicialmente, las principales funciones del envase y embalaje eran transportar y conservar aquello que contenían, siendo éstas también las mayores prioridades actualmente [12].

Con el avance de la tecnología y el comercio, el envase y embalaje ha adquirido otras características que incluso son demandadas por el consumidor, como pueden ser la estética y la originalidad del mismo [12]. Por tanto, hoy en día tanto envase como embalaje tienen un rol relevante en la publicidad del producto que contienen.

A la hora de comprar un producto, el envase y embalaje garantiza que el mismo se encuentra en condiciones idóneas para su consumo, y es por eso que la industria que se encarga de su producción está muy demandada [13]. Por ello, es importante que la fabricación sea rentable para las empresas que se encargan de la producción en este campo, de manera que se elaboren envases y embalajes compatibilizando el bajo coste con la buena calidad.

La industria de envases y embalajes produce para prácticamente todos los sectores industriales, ya que todo producto debe ser transportado y protegido antes de su venta.

Este proyecto, se centra concretamente en los embalajes de poliestireno expandido (EPS) diseñados para la protección de lavadoras. Se va a hacer una propuesta de un nuevo embalaje con el fin de que pueda utilizarse la misma base de EPS para proteger dos modelos de lavadora distintos existentes en el mercado. Durante el proceso de diseño será necesario fijar una serie de características que debe cumplir la nueva base del embalaje, de forma que se adapte perfectamente a los dos modelos de lavadora. Con esta propuesta, se busca principalmente conseguir una reducción significativa de costes de maquinaria y fabricación.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto surge por la necesidad de una empresa fabricante de lavadoras de línea blanca de conseguir una reducción de coste en el embalaje de las mismas. Como se ha expuesto en la introducción, todo objeto debe estar en perfectas condiciones cuando llega al punto de venta gracias a un embalaje adecuado, y ya que el embalaje es un elemento imprescindible para el transporte y protección de un objeto, a las empresas fabricantes de productos les conviene que este elemento tenga la menor repercusión posible en coste.

1. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

A lo largo del trabajo, se presentarán dos modelos de lavadora diferentes, explicando y analizando detalladamente las características de los embalajes de EPS actuales que las protegen. El embalaje base de ambas lavadoras tiene unas medidas totales iguales, por lo que se busca plantear una única solución que encaje en los dos modelos y proporcione una correcta protección del producto.

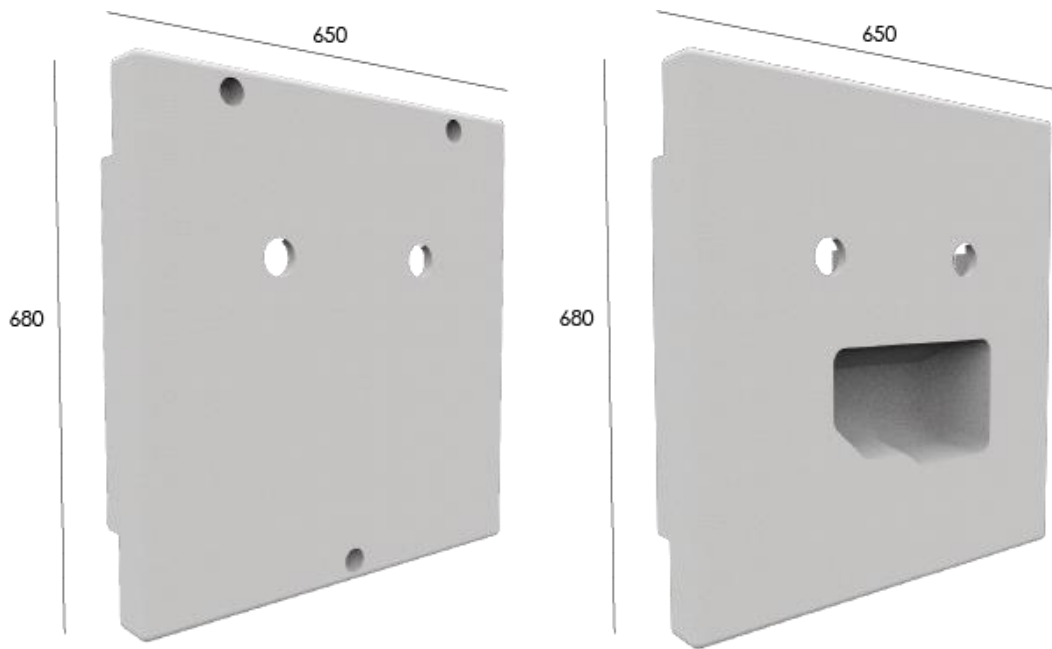


Fig 1.

1.a. Medidas totales del embalaje para el modelo 1

1.b. Medidas totales del embalaje para el modelo 2

Esta propuesta se llevará a cabo mediante el diseño de un embalaje de EPS común que encaje en los dos modelos de electrodoméstico. Se dará el caso de que haya zonas que no tengan ningún elemento común. Para resolver este problema se diseñarán también dos postizos diferentes que se incorporarán al molde común en función del modelo de lavadora que se desee embalar. Los postizos son piezas adicionales intercambiables que se añaden al molde base, de manera que se pueden obtener dos piezas diferentes a partir de un mismo molde tan sólo incorporando estos elementos. De esta forma, para fabricar dos tipos de embalaje diferentes, será necesario un solo molde, consiguiendo así una reducción significativa de costes en el proceso de fabricación del propio embalaje, repercutiendo así en el coste total de fabricación del producto.

1.3. OBJETIVOS

A la hora de comenzar con el proyecto, se deben buscar unos objetivos claros a cumplir, y que a través de su cumplimiento se pueda llegar a una solución al problema lo más perfecta posible. Estos objetivos deben ser alcanzables y compatibles entre ellos, ya que no conviene que se descarten unos debido a la incompatibilidad con otros.

Como ya se ha justificado, en este proyecto se diseñará la base de un embalaje de EPS para lavadoras, partiendo de las características básicas de los embalajes ya existentes. Se han fijado los principales objetivos del proyecto, que son los siguientes:

→ El embalaje diseñado debe encajar perfectamente en los dos modelos de lavadoras.

Como ya se ha dicho anteriormente, el embalaje es de vital importancia para que el objeto llegue en perfectas condiciones a su destino. Además de influir en esto el material del que está fabricado el embalaje, influye la geometría del mismo. En el caso del embalaje que se plantee en el proyecto, las superficies de apoyo creadas se deben adaptar a los apoyos de las propias lavadoras.

→ El embalaje diseñado debe tener las mismas características mecánicas que los embalajes existentes.

Los embalajes existentes han sido sometidos a las pruebas mecánicas oportunas antes de comenzar a fabricarse. Esto es necesario para asegurarse de que la pieza podrá soportar esfuerzos tanto esperados como inesperados durante su utilización. De la misma forma, el embalaje que se diseñará en este proyecto deberá cumplir con estas mismas características para que sea aceptado por el cliente.

→ El embalaje diseñado debe suponer una reducción en los costes de fabricación con respecto a los dos embalajes existentes.

La fabricación de dos embalajes diferentes conlleva la utilización de dos moldes también diferentes, y por tanto hay que cambiar el molde cada vez que se quiera producir cada una de las dos piezas o bien tener dos máquinas funcionando. Al proponer la utilización de un solo molde, uno de los objetivos del proyecto es buscar una reducción en el coste de fabricación del embalaje.

→ El embalaje diseñado llevará incorporado algún elemento estético complementario.

1. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

Además de cumplir con sus funciones principales, se pone como objetivo que el embalaje diseñado tenga algún elemento estético que lo diferencie de un embalaje cualquiera.

1.4. ESTRUCTURA DEL PROYECTO

El proyecto se va a dividir en los siguientes capítulos a continuación del actual:

→ Capítulo 2. Bases Teóricas.

Se presentan las bases teóricas sobre las que se apoya el proyecto: un desarrollo detallado de lo que es el envase y embalaje y los fundamentos de la fabricación de piezas de EPS mediante el proceso de inyección.

→ Capítulo 3. Aplicación práctica.

A partir de unos datos iniciales, se presenta el desarrollo del nuevo embalaje y los resultados obtenidos con respecto a los embalajes ya existentes.

→ Capítulo 4. Análisis de costes.

En este capítulo se hace una comparativa de los costes de los dos embalajes existentes y el nuevo embalaje.

→ Capítulo 5. Estudio económico.

Se presenta un estudio económico del proyecto completo.

→ Capítulo 6. Conclusiones y líneas futuras.

Se redactan una serie de conclusiones con respecto a los objetivos fijados al comienzo del proyecto, así como las líneas de investigación que se pueden seguir en un futuro gracias a la realización de este trabajo.

→ Capítulo 7. Bibliografía.

→ Anexos.

CAPÍTULO 2

Bases teóricas

2.1. El envase y embalaje.....	21
2.1.1. Definición.....	21
2.1.2. Tipos de envase.....	22
2.1.3. Funciones del envase y embalaje.....	23
2.1.4. Riesgos del embalaje.....	24
2.1.5. Materiales para envase y embalaje	26
2.1.6. Materiales amortiguadores para envase y embalaje.....	28
2.2. El EPS como material para embalaje.....	31
2.2.1. Aplicaciones del EPS.....	31
2.2.2. Transformación de la materia prima.....	33
2.2.3. Proceso de moldeo por inyección.....	34
2.2.3.1. Incorporación de postizos.....	34

2.1. EL ENVASE Y EMBALAJE

Como ya se ha mencionado anteriormente, el envase y embalaje ha ocupado un papel importante durante toda su historia, debido a que se ocupa del transporte y conservación del producto, y hoy en día ha adquirido aún más características que son demandadas por el consumidor.

A lo largo de este capítulo se van a presentar las bases teóricas del envase y embalaje que han ayudado al desarrollo de este proyecto, para posteriormente llevar a cabo el proceso de diseño del producto.

2.1.1. DEFINICIÓN

A pesar de que comúnmente se confunden estos dos términos, envase y embalaje no tienen una misma definición, y es importante distinguir estos dos elementos a la hora de referirse a ellos.

Según la ley 11/1997 de envases y residuos de envases, se define el envase como: “Todo producto fabricado con materiales de cualquier naturaleza y que se utilice para contener, proteger, manipular, distribuir y presentar mercancías, desde materias primas hasta artículos acabados, en cualquier fase de la cadena de fabricación, distribución y consumo. Se considerarán también envases todos los artículos desechables utilizados con este mismo fin” [5].

Se puede definir en embalaje como todo producto fabricado con materiales de cualquier naturaleza y que se utilice para agrupar, facilitar su manipulación, almacenamiento, transporte y protección a uno o más envases, o bien como material o recipiente destinado a envolver o contener temporalmente productos previamente envasados o no, durante su manipulación, transporte y almacenamiento, distribución o presentación para la venta, con el fin de protegerlos y facilitar estas operaciones [5]. Esta segunda definición es la que se va a tomar como más identificativa para este proyecto, ya que la función del embalaje que se va a diseñar no es la de contener un producto envasado, si no que el producto está embalado directamente.

Se puede establecer que la mayor diferencia entre lo que es un envase y lo que es un embalaje es que el envase tiene una función de presentar el producto para su venta, es decir, generalmente juega un papel en la estética del mismo, mientras que el embalaje se centra en la protección del objeto frente a los riesgos de daño durante el transporte. A pesar de marcar esta diferencia entre los dos conceptos, se debe entender que son dos elementos que forman parte de un mismo sistema y están continuamente interactuando entre ellos.

2. BASES TEÓRICAS

2.1.2. TIPOS DE ENVASE

Los envases se pueden clasificar en varios tipos atendiendo a diferentes criterios de clasificación. El primer criterio que se presenta es según las unidades de venta, y se distinguen 3 tipos [5]:

→ *Primario o de venta*: Aquel envase que está en contacto directo con el producto, y no se puede modificar el contenido sin romper a este. También suele tener la función de fomentar las ventas mediante su apariencia. Un ejemplo de este tipo de envase es una lata de Coca-Cola.

→ *Secundario o colectivo*: Este tipo de envase contiene a varios de tipo primario, y se puede retirar sin modificar el contenido. Generalmente, en ellos se encuentra información básica sobre las cualidades del producto. Un ejemplo de este tipo de envase es el plástico que agrupa las latas de Coca-Cola en el punto de venta.

→ *Terciario o de transporte*: Están destinados a facilitar la manipulación de varios envases secundarios juntos, sobre todo con el fin de evitar daños durante el transporte de los mismos. Un ejemplo de este tipo de envase es una caja en la que pueden ir agrupados varios envases secundarios de Coca-Colas.

Según su capacidad, se pueden clasificar en dos tipos [17]:

→ *Envase unitario*: Aquel envase que está destinado a contener únicamente una unidad de producto, y así es como se presenta en el punto de venta.

→ *Envase múltiple*: Contiene más de una unidad de producto, y estos se encuentran agrupados en el punto de venta sin poder ser separados.

La clasificación atendiendo a su constitución es la siguiente [17]:

→ *Envase rígido*: Su estructura y forma no es modificable aunque se someta a compresión por parte del cliente.

→ *Envase semi-rígido*: Su estructura y forma se puede modificar cuando se somete a compresión por parte del cliente. Aparentemente muchos de ellos parecen rígidos.

→ *Envase flexible*: Fabricados de diferentes materiales flexibles, y aunque no son muy resistentes, frecuentemente resultan prácticos para manejar fácilmente el producto.

Según su uso posterior, hay tres tipos de envases [5]:

→ *Reutilizables*: El consumidor puede volver a utilizar el envase para guardar el mismo u otros productos.

→ *Reciclables*: Una vez que son utilizados, son llevados a una planta en la que se vuelven a utilizar como materia prima para hacer envases iguales al original.

→ *Reprocesables*: Pueden ser utilizados también como materia prima, pero en este caso para hacer envases o embalajes distintos al original, ya que no todas sus propiedades se han conservado al haber sido usados.

Atendiendo a su reincorporación a la naturaleza [5]:

→ *Biodegradables*: Se desintegran de forma rápida en la naturaleza y no tienen efectos negativos en el medio ambiente.

→ *No degradables*: Tienen un tiempo de desintegración en la naturaleza muy prolongado y pueden tener efectos negativos en el medio ambiente.

La última de las clasificaciones es según el lugar en el que vayan a ser utilizados [5]:

→ *Envase doméstico*: Envase tanto primario, secundario o terciario cuyo fin es ser usado y consumido en los hogares familiares

→ *Envase comercial o industrial*: No se usan o consumen en domicilios familiares, si no en lugares como industrias, comercios, servicios o explotaciones agrícolas y ganaderas.

2.1.3. FUNCIONES DEL ENVASE Y EMBALAJE

Todo envase a la hora de ser diseñado debe cumplir como mínimo cuatro funciones básicas con respecto al producto, que son las siguientes [18]:

→ Proteger

El envase debe proteger de cualquier daño su contenido desde su origen hasta el lugar de consumición, y este debe estar en perfectas condiciones en el momento de su venta.

2. BASES TEÓRICAS

→ Preservar

Tiene la función de conservar el producto en perfectas condiciones para que el consumidor no tenga motivo de queja cuando este llegue a sus manos, y no perezca durante el tiempo que el propio consumidor lo tenga almacenado.

→ Promocionar

Como ya se ha comentado anteriormente, actualmente el consumidor demanda no sólo la protección y preservación del producto, si no que pide a mayores que el producto tenga componentes estéticos en su presentación. Así, el envase tiene la función de marcar una diferenciación de su producto con respecto al resto para llamar la atención del cliente.

→ Presentar

Además de llamar la atención del cliente para comprar ese producto concreto, el envase también tiene como función presentar la propia marca o empresa para darse a conocer en el mercado.

2.1.4. RIESGOS DEL EMBALAJE

Como se ha mencionado anteriormente, el elemento de este sistema que se centra principalmente en la protección del producto durante su almacenamiento y transporte es el embalaje.

Debido a la globalización de los mercados las importaciones y exportaciones entre países van en aumento, y aquí entra en juego la importancia del correcto diseño de los embalajes para proteger los productos durante estos largos viajes. El proceso de diseño y el embalaje final serán correctos siempre y cuando se conozcan perfectamente todos estos riesgos de daño a los que puede estar expuesto el propio embalaje, ya que durante el transporte es este el que debe asumirlos en lugar del producto. A continuación se van a presentar estos riesgos y los factores que afectan a que ocurran [10].

RIESGOS MECÁNICOS DEL TRANSPORTE

Los esfuerzos mecánicos a los que puede ser sometido el embalaje durante el transporte, son probablemente los riesgos que corren más habitualmente los productos y los que más se tienen en cuenta a la hora de diseñar los embalajes.

→ Aceleración y deceleración durante la carga y descarga

- Vuelco
- Caídas, choques y golpes
- Operarios inexpertos o negligentes
- Vibraciones
- Rozamientos entre embalajes o medios de transporte
- Compresión

RIESGOS CLIMÁTICOS

Este tipo de peligros también están actualmente bastante extendidos debido a las diferencias de temperaturas y climas entre los diferentes países.

- Temperatura
- Humedad
- Agua, salitre, lluvia, inundación

RIESGOS BIOLÓGICOS

Los riesgos biológicos se deben tener en cuenta sobre todo en el caso del envase y embalaje de alimentos, pero también en el caso de los objetos fabricados con determinados materiales, que se pueden ver afectados por alguno de estos factores.

- Bacterias, mohos y hongos
- Insectos
- Roedores
- Contaminación por residuos de otros productos
- Olores y residuos anteriores

RIESGOS DE ROBO

- Exposición del producto durante los embarques o traslados

RIESGOS DE EXPLOSIÓN

- Ignición causada por fricción o rozadura
- Ignición por combustión espontánea

2. BASES TEÓRICAS

RIESGOS DE ALMACENAJE

→ Apilamiento irregular

→ Caídas

→ Mala estiba

En este trabajo los principales riesgos que van a tener en cuenta son los mecánicos de transporte, concretamente el riesgo de vuelco del producto, el de caída o choque contra el suelo y el de compresión del embalaje.

2.1.5. MATERIALES PARA ENVASE Y EMBALAJE

Existe diversidad de materiales que son utilizados para envase y embalaje:

PAPEL

La utilización del papel como material de envase y embalaje proporciona una aplicación práctica y económica, siendo un material seguro y hermético al polvo, además de amigable con el medio ambiente. Las desventajas del papel son que no es apto para productos húmedos y que no tiene estabilidad para acomodar productos verticalmente [7].

CARTÓN

El cartón ofrece posibilidades con un coste bajo y permite un fácil sellado de los envases. Las desventajas de este material son que no ofrece una barrera a gases y es permeable al agua y a las grasas, por tanto, al igual que el papel, tampoco puede utilizarse para envasar productos húmedos [7].

MADERA

La principal ventaja de la madera es que es un material muy rígido y por lo tanto permite envasar objetos y apilarlos, además de que no daña al entorno porque puede reutilizarse, reciclarse o incinerarse. Los inconvenientes le llevan a ser un material poco utilizado, ya que se dilata debido al calor y se pudre con la humedad, y por lo tanto eso lleva a que los envases necesiten un tratamiento especial para evitarlo [7].

VIDRIO

Los envases que están hechos de vidrio presentan muy bien al producto, ya que es un material transparente. Sus residuos son de fácil eliminación, pero es muy frágil a los golpes y tiene mucho peso y volumen comparado con otro tipo de materiales [7].

MATERIALES METÁLICOS

Los materiales metálicos más comunes para envases son la hojalata y el aluminio, comúnmente mezclados con otros materiales. Generalmente, se utilizan estos materiales en forma de láminas y en varias piezas para fabricar recipientes que contengan el producto [6]. Son reutilizables y resistentes, aunque se pueden oxidar y no son biodegradables. El coste de los metales es más elevado que el de otro tipo de envases [7].

PLÁSTICO

La gran diversidad de plásticos que existen actualmente hacen posible fabricar envases con una alta resistencia, espesores delgados y gran exactitud y diversidad de formas. El inconveniente que presenta este material es el coste de la materia prima [7].

Existen más de 100 tipos de plásticos, pero realmente para envase y embalaje los más comunes son sólo 6 y todos ellos reciclables [19]:

→ Polietileno tereftalato (PET).



Es el plástico típico de envases de alimentos y bebidas, gracias a que es ligero y no es caro.

Fig 2. Símbolo de reciclaje del PET [25]

→ Polietileno de alta densidad (HDPE).



Se utiliza para productos que requieren alta resistencia y que no son atacados por agentes químicos.

Fig 3. Símbolo de reciclaje del HDPE [26]

→ Policloruro de vinilo (PVC).



Se caracteriza por tener mucha transparencia y se emplea en la fabricación de envases rígidos para contener aceite o agua y en bandejas.

Fig 4. Símbolo de reciclaje del PVC [28]

→ Polietileno de baja densidad (LDPE).



Es más económico que el HDPE y se utiliza para productos que no requieren de alta resistencia.

Fig 5. Símbolo de reciclaje del LDPE [27]

2. BASES TEÓRICAS

→ Polipropileno (PP).



Las aplicaciones en envase y embalaje de este plástico son muy variadas y se utiliza en muchos campos de la industria. Con él se pueden fabricar envases compatibles con el microondas.

Fig 6. Símbolo de reciclaje del PP [29]

→ Poliestireno (PS).



Es un plástico con gran capacidad de adaptación, y por este motivo se encuentra en multitud de sectores. La forma más común de utilización es en espuma, y se conoce como poliestireno expandido o EPS.

Fig 7. Símbolo de reciclaje del PS [30]

El número 7 se emplea para identificar otros plásticos que no se encuentran dentro de los tipos que se acaban de clasificar.

2.1.6. MATERIALES AMORTIGUADORES PARA ENVASE Y EMBALAJE

Como se ha mencionado en el apartado 2.1.4, el producto corre una serie de riesgos durante su transporte de un lugar a otro, y el embalaje debe hacer todo lo posible para reducir estos riesgos y que el producto llegue en perfectas condiciones. Para ello se emplean una serie de materiales específicos que hacen la función de amortiguadores y disipan la energía que proviene de golpes y vibraciones. Es muy habitual que estos materiales se encuentren en forma de espuma, y principalmente hay 4 tipos cuyas características se van a explicar a continuación [21].

Otras formas de amortiguar para proteger el producto pueden ser la utilización de plástico con burbujas, chips de relleno, bolsas de aire o papel arrugado en el interior del embalaje [20].



Fig 8. Plástico con burbujas [31]



Fig 9. Bolsas de aire [32]

ESPUMAS DE POLIETILENO (PE)

Este tipo de espuma es la más utilizada de los 4 tipos porque puede ser manipulada o moldeada dependiendo de las necesidades del embalaje. Son resistentes a la humedad y resiste a caídas e impactos repetitivos, además de ser reciclables.



Fig 10. Perfiles de espuma de polietileno [33]

ESPUMAS DE POLIPROPILENO (PP)

Al igual que las de polietileno, estas espumas son resistentes a la humedad y son resistentes a impacto y caídas repetitivos. Ya que es compatible con los alimentos, se suele emplear en este sector.



Fig 11. Espuma de polipropileno moldeado para alimentos [34]

2. BASES TEÓRICAS

ESPUMAS DE POLIURETANO (PU)

Este tipo de espumas se suelen utilizar en forma de planchas, aunque también pueden ser moldeadas. Se emplean para amortiguar productos ligeros y para proteger objetos en estuches y maletines.

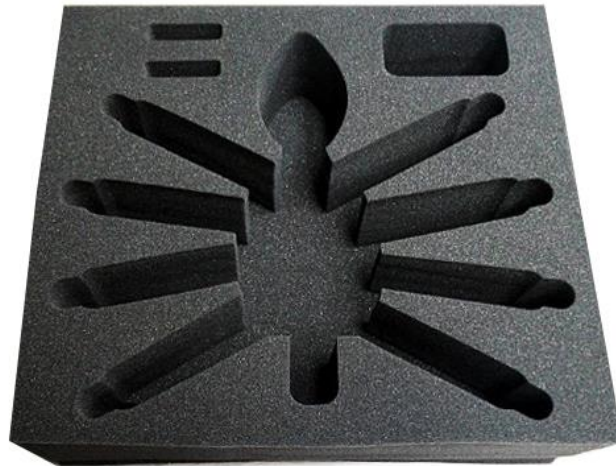


Fig 12. Espuma de poliuretano empleada en un maletín [35]

ESPUMAS DE POLIESTIRENO (EPS)

Las espumas de poliestireno se conocen comúnmente como poliestireno expandido (EPS) o corcho blanco, y tienen buena capacidad de aislamiento térmico y de amortiguación frente a impactos o caídas no constantes. El EPS es el material que se va a utilizar en este trabajo, y más adelante se entrará en más detalles sobre este material para envase y embalaje.



Fig 13. Embalajes de poliestireno expandido [36]

2.2. EL EPS COMO MATERIAL PARA EMBALAJE

El poliestireno expandido o EPS, conocido comúnmente como corcho blanco, es un material plástico espumado utilizado en diversos sectores de la industria. En la construcción es muy común como aislamiento térmico y acústico, y en el campo del envase y embalaje tiene aplicaciones muy diversas.

Se define técnicamente como: “Material plástico celular y rígido fabricado a partir del moldeo de perlas preexpandidas de poliestireno expandible o uno de sus copolímeros, que presenta una estructura celular cerrada y rellena de aire” [9].

Las principales características por las que se utiliza este material son las siguientes [22]:

- Ligereza
- Capacidad de aislamiento térmico
- Amortiguación de impactos
- Carácter higiénico
- Versatilidad

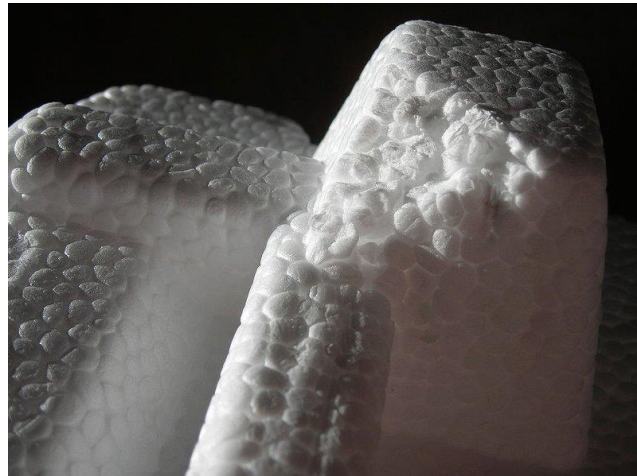


Fig 14. Poliestireno expandido [37]

2.2.1. APLICACIONES DEL EPS

El poliestireno expandido tiene aplicaciones en gran variedad de sectores gracias a sus buenas cualidades y propiedades, además de su facilidad para obtener diversas formas y posibilidades de fabricación [22].

2. BASES TEÓRICAS

APLICACIONES DEL EPS COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN

El EPS es un material muy utilizado en este sector debido a su ligereza y sus propiedades de aislamiento térmico y acústico, teniendo aplicaciones sobre todo en el campo de obras públicas: carreteras, estructuras y reducción de vibraciones en zonas de transporte.

APLICACIONES DEL EPS COMO MATERIAL DE ENVASE Y EMBALAJE

Los envases y embalajes de este material se utilizan con frecuencia para proteger todo tipo de productos de los daños durante su distribución y transporte. Se distinguen diferentes campos en la fabricación de envases y embalajes:

→ Alimentación

El EPS cumple con la legislación sobre el contacto con los alimentos, y ya que también tiene características de aislante térmico, es muy utilizado por las industrias alimentarias. Los diferentes tipos de alimentos que son envasados con este material son los siguientes:

- Pescados y mariscos
- Productos cárnicos
- Frutas y verduras
- Productos lácteos
- Bebidas
- Helados y pastelería



Fig 15. Cajas de EPS para contener alimentos [38]

→ Electrónica de consumo

En este campo se utiliza el EPS aprovechando sus cualidades como material amortiguador, para proteger electrodomésticos y apilarlos en los lugares de almacenamiento sin que sufran ningún daño.

→ Audio, vídeo e informática

El EPS se emplea en este campo para proteger ordenadores, accesorios, componentes electrónicos o aparatos de audio y vídeo, que exigen gran protección frente a impactos durante su transporte.

→ Juguetes, farmacia, cosmética y perfumería

Los envases y embalajes de EPS permiten exponer el producto, además de protegerlo de daños durante el transporte.

OTRAS APLICACIONES DEL EPS

Este material también se utiliza para otros fines, como pueden ser los cascos protectores para ciclistas y motoristas, flotadores, salvavidas, tablas de surf, neveras para alimentos...etc.

2.2.2. TRANSFORMACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

La materia prima para obtener el EPS son perlas esféricas de poliestireno, conocidas como poliestireno expandible. Estas son un polímero del estireno que contienen un agente expansor, el pentano [23].



Fig 16. Perlas de poliestireno sin expandir [39]

Esta materia prima tiene un proceso de transformación que consta de 3 etapas diferenciadas, la tercera de ellas enfocada al moldeo por inyección del EPS [8].

PREEXPANSIÓN

En esta primera etapa la materia prima se calienta con vapor de agua a una temperatura entre 80°C y 110°C. Dependiendo de la temperatura y del tiempo que se encuentre en ese estado, se obtendrá una densidad u otra del material. Esta puede disminuir desde 630 kg/m³ hasta 10 kg/m³.

Durante este proceso, las perlas pasan de ser compactas a ser perlas con aire en su interior, es decir, se hinchan.



Fig 17. Perlas de poliestireno expandidas [40]

2. BASES TEÓRICAS

REPOSO INTERMEDIO

La etapa de reposo es necesaria para que el vapor de agua que se encuentra dentro de las perlas se elimine para que entre aire, y así tengan una mayor estabilidad mecánica, que es necesario para la transformación posterior. Este reposo se lleva a cabo en un lugar ventilado en el que se secan las perlas.

EXPANSIÓN FINAL

La última etapa del proceso de transformación forma parte del proceso de fabricación de moldeo por inyección, que se va a explicar posteriormente. En este proceso las perlas se compactarán hasta obtener la forma del molde que se encuentre instalado en la máquina de inyección, para terminar de esta forma con la transformación de la materia prima.

2.2.3. PROCESO DE MOLDEO POR INYECCIÓN

El moldeo por inyección es uno de los procesos más comunes de conformación de plásticos, ya que permite obtener formas muy diversas y de geometrías complejas. El proceso de inyección que se aplica al EPS difiere en algunos aspectos del proceso llevado a cabo en otros plásticos, ya que en este caso el material no va a ser fundido antes de ser inyectado.

En el proceso de moldeo por inyección del EPS existe una cavidad formada por el molde. El molde es la parte más importante de una máquina de inyección, ya que es el elemento que va a dar la forma final a la pieza. Consiste en una pieza intercambiable que se atornilla en la máquina, y consta de dos partes, llamadas semimoldes, que encajan entre sí [24].

La cavidad formada por los dos semimoldes se llena de material preexpandido gracias a un alimentador neumático. Las paredes del molde tienen una serie de orificios, que permiten el paso del vapor de agua que va a proporcionar la energía necesaria para que se complete la última etapa de transformación, la expansión final. Gracias al vapor de agua, las perlas se reblandecen de nuevo y se comprimen contra las paredes del molde para quedar unidas y fijadas entre sí [8].

Una vez obtenida la forma deseada en el molde, la pieza se rocía con agua dentro del mismo y se hace el vacío para quitar la presión introducida anteriormente. Es así como se realiza el desmoldeo de la pieza.

2.2.3.1. Incorporación de postizos

En el proceso de moldeo por inyección, es habitual el uso de postizos incorporados a los moldes. Un postizo consiste en una pieza adicional, que se atornilla al molde y añade nuevas características geométricas a la pieza final.

Esto es muy útil en el caso de piezas cuyo molde en conjunto sea igual, pero tenga elementos distintos en ciertas zonas, ya que la incorporación de postizos supone un ahorro en el coste de fabricación de un nuevo molde.

Una vez expuestas las bases teóricas sobre las que se apoya este trabajo, en el capítulo siguiente se presentará el proceso de diseño completo que se ha llevado a cabo para obtener una solución de embalaje que cumpla con los objetivos iniciales.

CAPÍTULO 3

Aplicación práctica

3.1. Datos de partida.....	39
3.1.1. Pliego de condiciones.....	39
3.1.2. Características de los embalajes existentes.....	42
3.2. Proceso de diseño.....	45
3.2.1. Identificación de zonas en los embalajes.....	45
3.2.2. Identificación de superficies de apoyo.....	47
3.2.3. Desarrollo del nuevo embalaje.....	48
3.2.3.1. Postizo de lavadora con fondo.....	54
3.2.3.2. Postizo de lavadora sin fondo.....	55
3.3. Resultados.....	56
3.3.1. Introducción al software.....	56
3.3.2. Valores a evaluar.....	57
3.3.3. Análisis de tensiones.....	58
3.3.3.1. Análisis estáticos.....	59
3.3.3.2. Análisis dinámicos.....	82
3.3.4. Conclusiones de los análisis.....	107
3.4. Diseño definitivo.....	109

3.1. DATOS DE PARTIDA

En este apartado se va a proceder a presentar un pliego de condiciones que debe cumplir el embalaje diseñado. También se van a describir las características de los embalajes ya existentes para, a partir de ellas, definir las características del nuevo diseño.

3.1.1. PLIEGO DE CONDICIONES

El pliego de condiciones es uno de los apartados más importantes en este trabajo y en todo proyecto. Aquí se van a recoger los requisitos que debe cumplir el diseño para que este sea aceptado como bueno, y es por eso que los datos que se van a presentar deben tenerse en cuenta como algo que se debe cumplir obligatoriamente durante el proceso de diseño [1].

Este documento es también una forma de limitar las características del diseño, ya que sin una serie de restricciones, las soluciones pueden llegar a ser infinitas. Por lo tanto, se convierte en un apartado imprescindible en el proyecto.

A continuación, se va hablar de una serie de características del producto y la forma en la que deben estar restringidas en el diseño final del embalaje.

MATERIAL

Como se ha expuesto en el capítulo 2 de este trabajo (bases teóricas), existen diversos materiales con los que actualmente se fabrican embalajes.

En el caso de este proyecto, el material viene dado y restringido por la empresa fabricante de los embalajes ya existentes, y el nuevo diseño debe estar hecho con el mismo material. Este es el poliestireno expandido o EPS, el cual consta de buenas propiedades amortiguadoras para proteger este tipo de productos, como son las lavadoras. Además, su coste no es muy elevado con respecto a otros materiales y actualmente, al finalizar su función hay varias opciones para que las piezas se puedan reciclar.

Concretamente, el tipo de EPS con el que se va a fabricar el nuevo diseño es el de densidad 25 kg/m³.

A continuación, se muestra una tabla que recoge las propiedades físicas del EPS de densidad 20 kg/m³, que son muy similares a las de densidad 25 kg/m³.

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

Propiedades físicas					
	Ensayo según	Unidad	Resultado del ensayo		
Calidades de protección	Especificaciones GSH		PS 15 SE	PS 20 SE	PS 30 SE
Calidades de aplicación	DIN 18164, parte 1		W	WD	WS + WD
Densidad aparente mínima	DIN 53420	kg/m ³	15	20	30
Clase del material de construcción	DIN 4102		B 1, difícil inflamabilidad	B 1, difícil inflamabilidad	B 1, difícil inflamabilidad
Conductividad térmica					
Medida a +10 °C	DIN 52612	mW/(m·K)	36–38	33–36	31–35
Calculada según DIN 4108		mW/(m·K)	40	40	35
Tensión por compresión con aplastamiento del 10%	DIN 53421/EN 826	kPa	60–110	110–160	200–250
Resistencia permanente a la compresión con un aplastamiento de <2%		kPa	15–25	25–40	45–60
Resistencia a la flexión	DIN 53423	kPa	60–300	150–390	330–570
Resistencia al cizallamiento	DIN 53427	kPa	80–130	120–170	210–260
Resistencia a la tracción	DIN 53430	kPa	110–290	170–350	300–480
Módulo de elasticidad (ensayo de compresión)	DIN 53457	MPa	1,6–5,2	3,4–7,0	7,7–11,3
Indeformabilidad al calor					
Instantánea según	DIN 53424	°C	100	100	100
Duradera con 20000 N/m ²	según DIN 18164	°C	75	80	80
Coefficiente de dilatación térmica lineal		1/K	5–7·10 ⁻⁵	5–7·10 ⁻⁵	5–7·10 ⁻⁵
Capacidad térmica específica	DIN 53765	J/(kg·K)	1210	1210	1210
Absorción de agua en condiciones de inmersión					
al cabo de 7 días	DIN 53434	% (en vol.)	0,5–1,5	0,5–1,5	0,5–1,5
al cabo de 28 días		% (en vol.)	1,0–3,0	1,0–3,0	1,0–3,0
Densidad de la corriente de difusión de vapor de agua DIN 52615					
Índice de resistencia a la difusión de vapor de agua. Calculado según DIN 4108		1	20/50	30/70	40/100

Tabla 1. Propiedades del EPS de densidad 20 kg/m³ [8]

ESPESOR

Para determinar el espesor de la pieza de EPS utilizada en el embalaje, deben realizarse una serie de cálculos que lo determinen. En el caso de este trabajo, se asume que los cálculos están realizados por la empresa fabricante de los embalajes existentes, y ya que el espesor de ambos es el mismo, es el que se utilizará en el nuevo diseño.

Este espesor es de unos 34,5 mm en la zona con la sección más pequeña que se encuentra en el interior del embalaje, y de unos 91 mm en la zona con mayor espesor, en el exterior.

FORMA Y TAMAÑO

Al igual que ocurre con el espesor de la pieza, la forma y tamaño de los embalajes iniciales también tienen las mismas medidas. Por lo tanto, el diseño de la nueva pieza tendrá la misma geometría total que estos.

La forma del embalaje es rectangular, con un ancho total de 650 mm y un largo total de 680 mm.

De esta forma, el nuevo diseño tendrá un volumen similar a los otros dos embalajes, y con ello se conseguirá que se utilice prácticamente la misma cantidad de material.

APILABLE

Generalmente, en la industria del embalaje, es necesario apilar las piezas en el momento de su fabricación, para ser almacenadas hasta llegar el momento de su transporte o utilización. En el caso de este trabajo, esa característica es necesaria e imprescindible, y por ello es una condición para que el nuevo diseño sea válido.

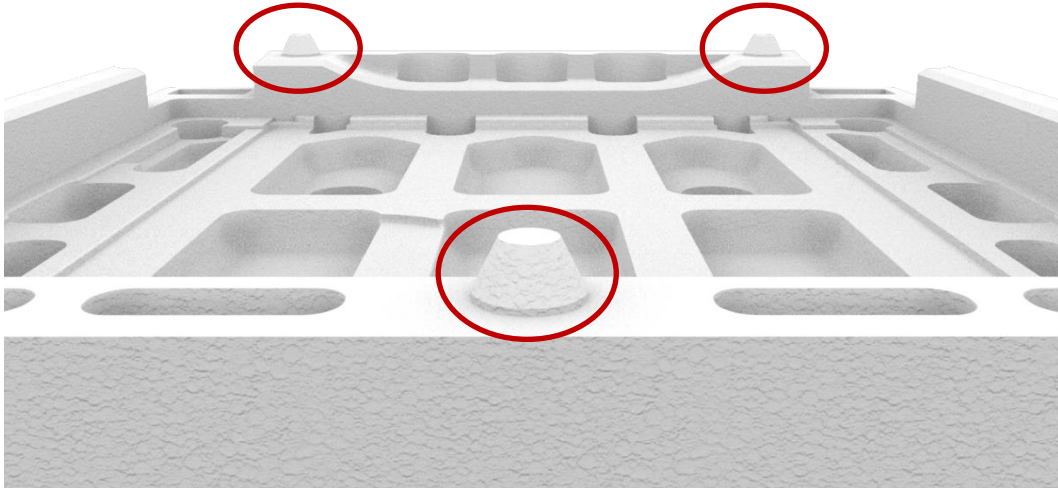


Fig 18. Tacos empleados en uno de los embalajes existentes para que sea apilable

PROCESO DE FABRICACIÓN

El proceso de fabricación viene dado por aquel mediante el que se producen las piezas de los embalajes ya existentes. Este es el proceso de inyección del EPS, que ya se ha explicado en el capítulo 2 en qué consiste.

Por esta razón, el diseño debe cumplir con una serie de características que permitan su fabricación mediante este proceso, como pueden ser los correspondientes ángulos de desmoldeo para que la pieza no se rasgue al quitar el molde. De la misma forma, la pieza debe tener unas dimensiones adaptadas al tamaño que admiten las máquinas de inyección en las que se va a fabricar.

COSTE

Ya que tanto el volumen de material como el proceso de fabricación son similares en las piezas existentes y en el embalaje diseñado, se espera que el coste de fabricación de esta nueva pieza sea inferior al de los embalajes existentes.

Si esta condición se cumple, es un paso importante para que la propuesta del nuevo diseño sea aceptada como válida.

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

PRUEBAS A SUPERAR

Para terminar con el pliego, la última condición necesaria es que el nuevo embalaje tenga unas propiedades mecánicas similares a los ya existentes. Por ello, se van a realizar una serie de simulaciones de comportamiento estático y dinámico tanto en las piezas de partida como en el nuevo diseño, y la comparativa de resultados obtenidos debe determinar que son aceptables para que la nueva propuesta sea válida.

3.1.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS EMBALAJES EXISTENTES

En este apartado se va a proceder a describir las características objetivas de los dos tipos de embalajes existentes en el mercado. Estos datos serán de gran utilidad para el proceso de diseño, ya que ayudarán a identificar más adelante las zonas comunes y las superficies de apoyo de las lavadoras.

EMBALAJE DE MODELO 1FSE-8214 (LAVADORA CON FONDO)

El primer modelo de lavadora (1FSE-8214) tiene un peso de 90 kg en total y una capacidad de 9 kg en su interior. Este modelo se caracteriza y se diferencia del otro principalmente en que tiene una chapa inferior que cierra el mueble, de forma que este mismo protege todo el interior de la lavadora.

Las esquinas de la lavadora, además están protegidas mediante 4 columnas de EPS que son iguales en los dos modelos que se van a analizar.

Por último, la parte superior de la lavadora está protegida simplemente por una capa de cartón corrugado. Esto es debido a que durante su transporte manual, la zona que va a sufrir más daño en caso de caída es la inferior, y no necesita tanta protección en la parte superior.



Fig 19. Chapa que cubre el interior de la lavadora

El embalaje original para proteger el fondo de este modelo de lavadora, está hecho de EPS, como se ha mencionado anteriormente. Consta de una serie de rebajes en la zona en la que va colocada la chapa inferior (interior) y un exterior en el que van encajadas las columnas de las esquinas.

Las zonas de apoyo están originadas por los rebajes que se encuentran en el interior del embalaje, de forma que la lavadora quede colocada correctamente en el mismo. Los nervios de la propia chapa inferior de la lavadora son los que ayudan a identificar estas zonas de apoyo.



Fig 20. Embalaje para la base de la lavadora con fondo de chapa junto con la lavadora

EMBALAJE DE MODELO F-8212X (LAVADORA SIN FONDO)

El segundo modelo de lavadora (F-8212X) tiene un peso total de 80 kg y una capacidad máxima de 7 kg en su interior. La principal diferencia con respecto al modelo analizado anteriormente, aparte del peso y la capacidad, es que este no tiene ninguna chapa inferior que protege su interior, quedando abierto el motor de la propia lavadora. Es por eso que el embalaje de la base deberá cumplir la función de protección este elemento.

Las 4 columnas de EPS que protegen las esquinas de la lavadora forman parte también del embalaje de este modelo, siendo iguales que las del anterior.

Por último y también como en el modelo anterior, la parte superior está protegida únicamente por una capa de cartón corrugado, debido a que esa zona no es propicia a recibir golpes durante el transporte manual de la lavadora.

3. APLICACIÓN PRÁCTICA



Fig 21. Fondo abierto del segundo modelo de lavadora

El embalaje original para proteger el fondo de este modelo de lavadora, también está hecho de EPS. Consta de un interior, con un macho sobre el que va apoyado el motor y una serie de rebajes para generar zonas de apoyo del contorno de la zona inferior del mueble, y de un exterior, sobre el que van encajadas las columnas que protegen las esquinas. En este embalaje el elemento más importante es el de sujeción del motor, ya que este no debe resultar dañado bajo ninguna circunstancia.

Los nervios del contorno del mueble que se muestran en la Fig . determinan el resto de zonas de apoyo creadas en el embalaje.



Fig 22. Embalaje para la base de la lavadora sin fondo junto con la lavadora

3.2. PROCESO DE DISEÑO

A lo largo de este apartado, se va a ir explicando todo el proceso de observación de los embalajes originales para identificar las superficies de las lavadoras que deben tener apoyo en el nuevo diseño, hasta llegar a una solución definitiva que cumpla con las condiciones expuestas en el pliego (3.1.1).

3.2.1. IDENTIFICACIÓN DE ZONAS EN LOS EMBALAJES

Se distinguen principalmente dos zonas diferenciadas en los dos embalajes base originales: una exterior y una interior. A continuación, se va a proceder a describir brevemente cada una de ellas para comenzar con el proceso de diseño.

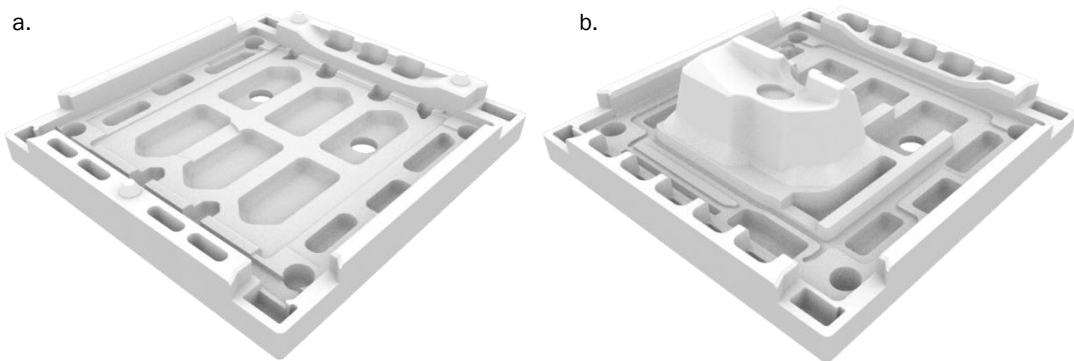


Fig 23.

a. Embalaje base de la lavadora con fondo de chapa

b. Embalaje base de la lavadora sin fondo

EXTERIOR DE LOS EMBALAJES

Para comenzar con este proceso de diseño, se va a analizar la zona exterior de ambos embalajes. Esta zona tiene prácticamente en su totalidad elementos comunes que se van a mantener en el diseño del nuevo embalaje. Principalmente, se mantienen debido a que las columnas de protección de las esquinas no se van a rediseñar, y deben encajar con la nueva propuesta. Se definen así como elementos fijos:

- 4 huecos en las esquinas para alojar las patas de las lavadoras.
- Dos agujeros en la zona central para facilitar la salida de aire, necesaria en el caso de apilamiento de elementos.
- 4 huecos para encajar correctamente las piezas laterales que protegen las esquinas de las lavadoras.

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

- Salientes necesarios para facilitar el apilamiento a la hora de almacenar las bases de los embalajes.

Las salidas de aire y los alojamientos para las patas de las lavadoras se han considerado dentro de esta zona aunque sean interiores, ya que ante todo son comunes en los dos embalajes al igual que el exterior de los mismos.

Además de estos elementos, se realizarán una serie de vaciados para ahorrar material.

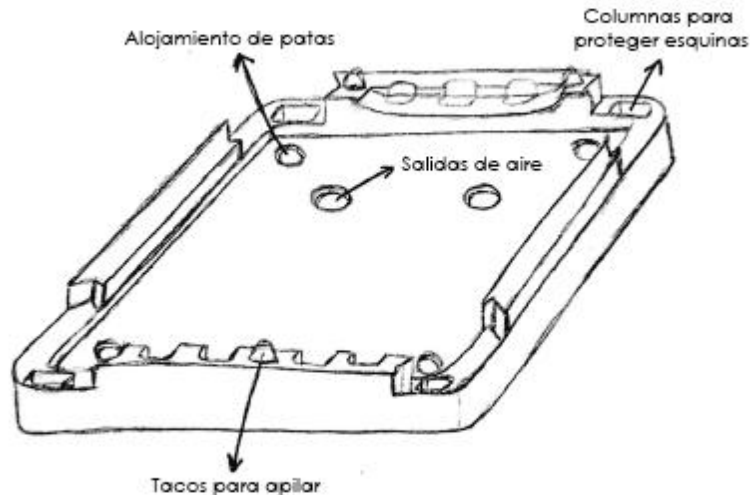


Fig 24. Boceto de los elementos exteriores comunes

INTERIOR DE LOS EMBALAJES

La zona interior de los embalajes es aquella en la que se encuentran las superficies de apoyo de las lavadoras, que les proporcionan una sujeción adecuada.

Por esta razón, esta zona es diferente en los dos embalajes, ya que el fondo de las dos lavadoras lo es. Durante este proceso de diseño se va a llegar a una propuesta que encuentre solución a las diferencias que existen entre ellos y consiga proporcionar sujeción a ambos modelos.

A esta solución se va a llegar mediante la observación exhaustiva de todos los detalles de ambos embalajes, gracias a los archivos 3D que ha proporcionado la empresa fabricante de lavadoras, y obteniendo de estos todas las medidas necesarias. Gracias a esta observación, la zona interior del nuevo embalaje será una combinación de los dos interiores ya existentes.

3.2.1. IDENTIFICACIÓN DE SUPERFICIES DE APOYO

Estas superficies de apoyo se encuentran en la zona interior de los embalajes, tal y como se ha mencionado anteriormente. En este apartado se va a proceder a identificar estas zonas en cada uno de los modelos de lavadora.

EMBALAJE BASE DE LAVADORA MODELO 1FSE-8214 (CON FONDO)

Esta lavadora lleva incorporada una chapa inferior que cierra el mueble, como se ha expuesto en el apartado 3.1.2. Esta chapa es la que da lugar a los principales apoyos que proporcionan la sujeción.

Se han identificado los nervios que crean las ranuras en el embalaje para dar lugar a las superficies de apoyo, y se muestran en la siguiente imagen.



Fig 25. Nervios que generan las superficies de apoyo en el embalaje de la lavadora con fondo

2. EMBALAJE BASE DE LAVADORA MODELO F-8212X (SIN FONDO)

La segunda lavadora no tiene ninguna chapa inferior que cierre el mueble, y esto da lugar a que el embalaje deba llevar una pieza de sujeción del motor. Por lo tanto, los apoyos de sujeción de esta lavadora se encuentran en la zona exterior del mueble.

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

Se han identificado de la misma forma que anteriormente los nervios que crean las ranuras en el embalaje dando lugar a las superficies de apoyo, y se muestran en la siguiente imagen.



Fig 26. Nervios que generan las superficies de apoyo en el embalaje de la lavadora sin fondo

3.2.3. DESARROLLO DEL NUEVO EMBALAJE

Ya que anteriormente se han distinguido dos zonas diferenciadas en los dos embalajes existentes, así también ocurrirá en el nuevo embalaje. A continuación se van a proceder a describir todos los pasos dados hasta obtener la propuesta final.

Estos pasos irán numerados con una pequeña explicación y una imagen que muestre los nuevos elementos que se han ido añadiendo durante el proceso de diseño, procediendo primeramente a mostrar los elementos comunes y posteriormente los no comunes.

ELEMENTOS COMUNES

1. En primer lugar se ha diseñado la zona exterior del embalaje, ya que es la parte común que tienen los embalajes originales, y las columnas que protegen las esquinas deben encajar correctamente, porque, como se ha mencionado anteriormente, no se pretende modificar estos elementos.

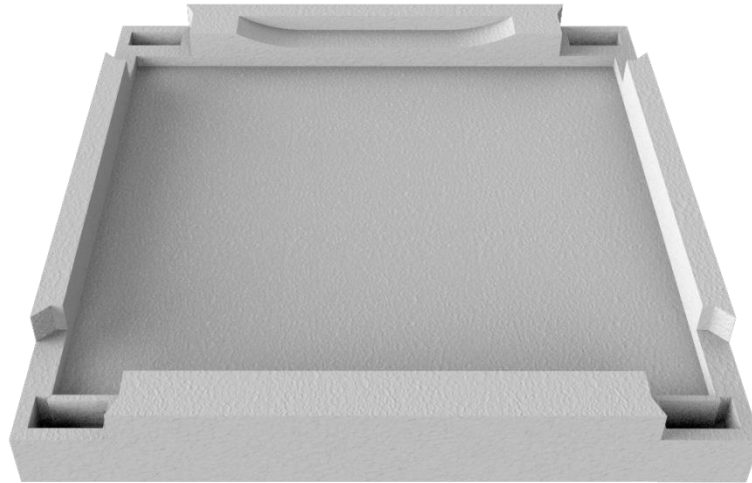


Fig 27. Paso 1 en el diseño del nuevo embalaje

2. En la zona interior del embalaje hay dos elementos comunes: Los 4 huecos necesarios para encajar las 4 patas de la lavadora, y agujeros para facilitar la salida de aire. A continuación se han modelado los 4 taladros para las esquinas, y la ubicación de los agujeros para salida de aire se decidirá en función de la geometría final del embalaje.

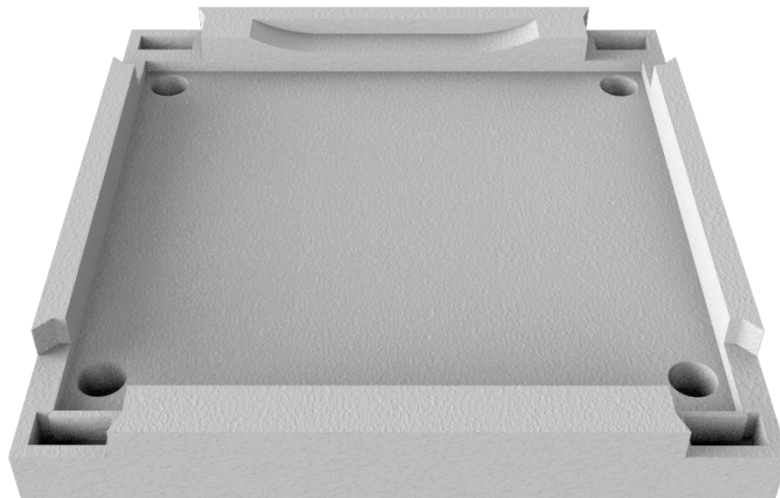


Fig 28. Paso 2 en el diseño del nuevo embalaje

ELEMENTOS NO COMUNES

3. Para terminar con el modelado del exterior del embalaje, se han añadido tres pivotes, necesarios para el apilamiento en el caso de la lavadora con fondo, ya que no existe la pieza de sujeción del motor que lo facilita. Al hacer estos pivotes, también se deben hacer sus correspondientes encajes en la parte inferior del embalaje.

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

Por último, se han hecho agujeros para ahorrar material. Estos agujeros se han hecho con una forma que recuerda al logotipo de la empresa fabricante.

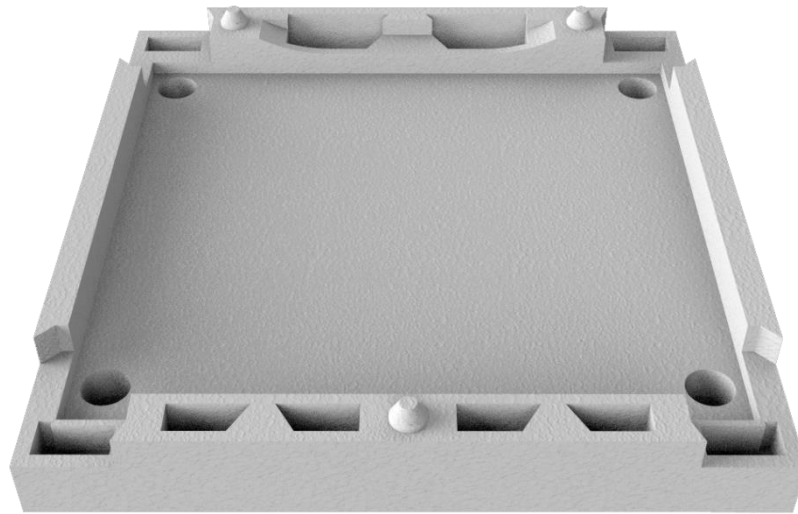


Fig 29. Paso 3 en el diseño del nuevo embalaje

4. Para continuar, se ha hecho un agujero en la zona del postizo, ya que ese elemento se diseñará por separado una vez diseñado el embalaje completo.

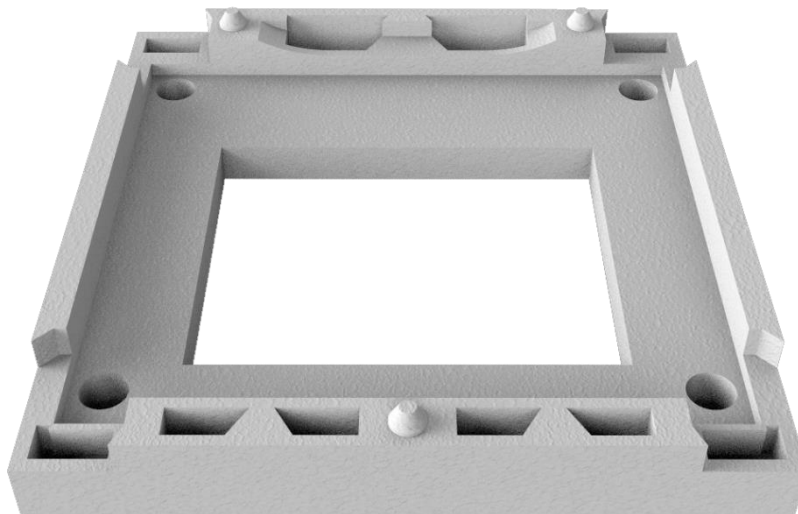


Fig 30. Paso 4 en el diseño del nuevo embalaje

5. Para diseñar la zona interior del embalaje, se han identificado anteriormente las superficies de apoyo, dando lugar a superficies de apoyo comunes que se adapten a las dos lavadoras.

En los laterales del embalaje se encuentra un entrante que posiciona la geometría rectangular que se encuentra en los mismos. Se ha decidido que las medidas de este rebaje rectangular sean las mayores de los dos

embalajes, las de la lavadora sin fondo, ya que de esta forma encajarán las dos geometrías, dando lugar a la principal superficie de apoyo exterior.

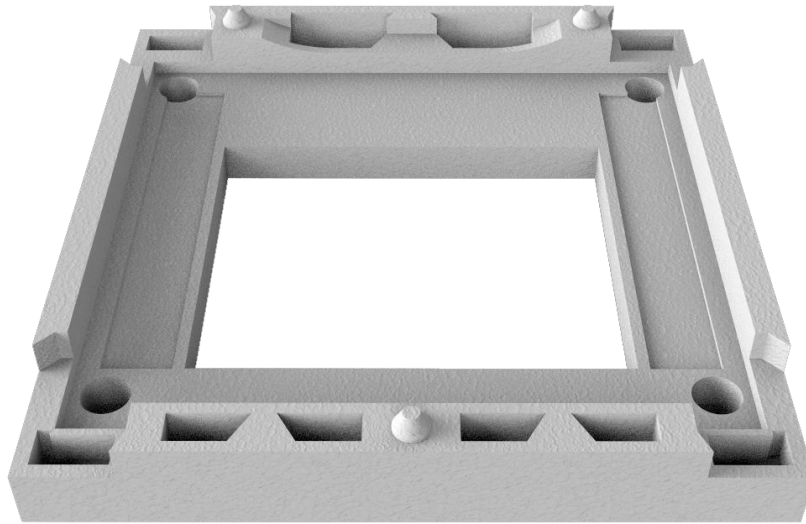


Fig 31. Paso 5 en el diseño del nuevo embalaje

6. Añadido a estos rectángulos laterales, se distingue uno central. Se han tomado medidas de este tanto en el embalaje con fondo como en el otro, y se ha rebajado esta geometría dando las mayores medidas obtenidas mezclando las de los dos embalajes.

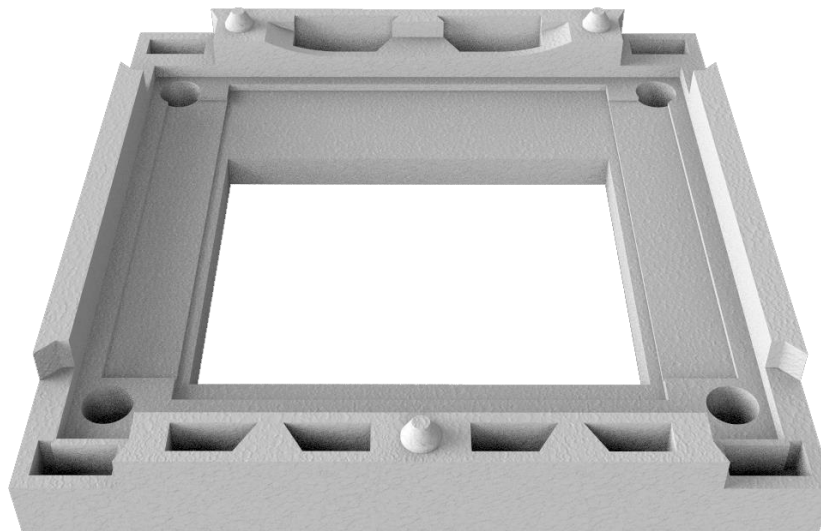


Fig 32. Paso 6 en el diseño del nuevo embalaje

7. En la parte de delante del embalaje, en las esquinas del rectángulo central, se encuentran unas ranuras hechas para alojar los nervios de las lavadoras. Ya que estas ranuras son diferentes para cada una de ellas, se ha hecho una forma conjunta que engloba a las dos, tal y como se muestra en la imagen.

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

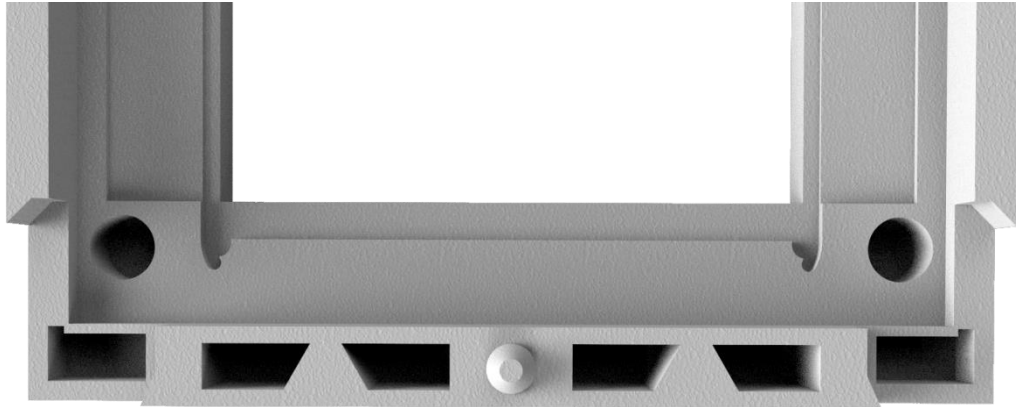


Fig 33. Paso 7 en el diseño del nuevo embalaje

8. Así mismo, en la parte de detrás del embalaje también hay unas ranuras para alojar los nervios de la lavadora con fondo. De esta manera se ha hecho la forma de estos, tal y como se muestra en la imagen.

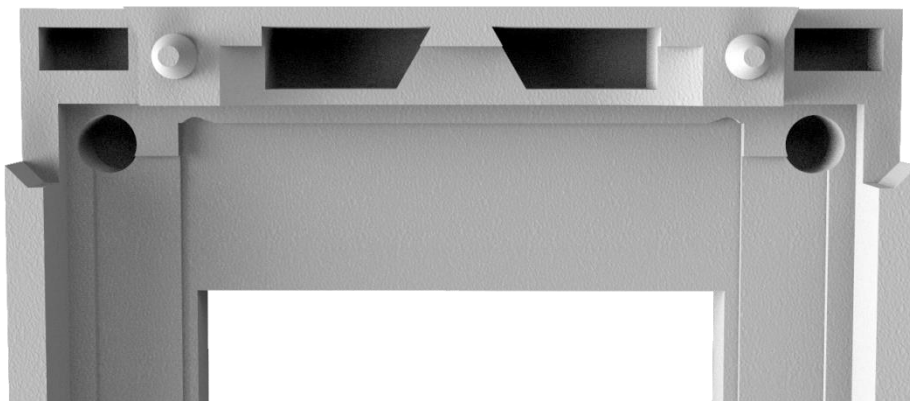


Fig 34. Paso 8 en el diseño del nuevo embalaje

9. Para terminar definiendo las zonas de apoyo, se han modelado los posicionadores existentes delante y detrás del embalaje. En primer lugar el posicionador de la lavadora sin fondo, que también hace la función a su vez como posicionador de la otra.

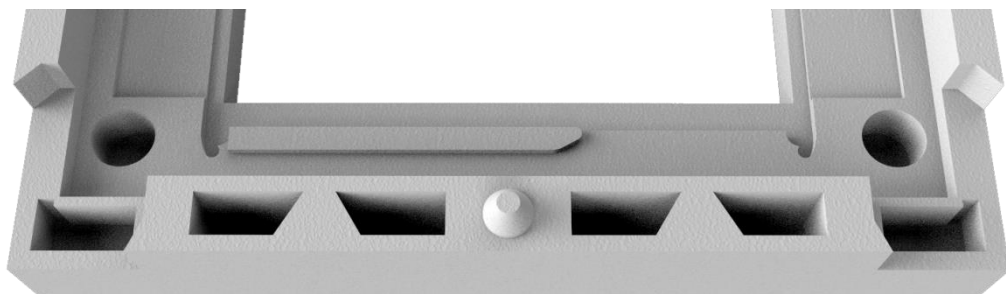


Fig 35. Paso 9 en el diseño del nuevo embalaje

10. En la zona de delante se ha añadido otro posicionador más que no se encuentra en ninguno de los embalajes iniciales.

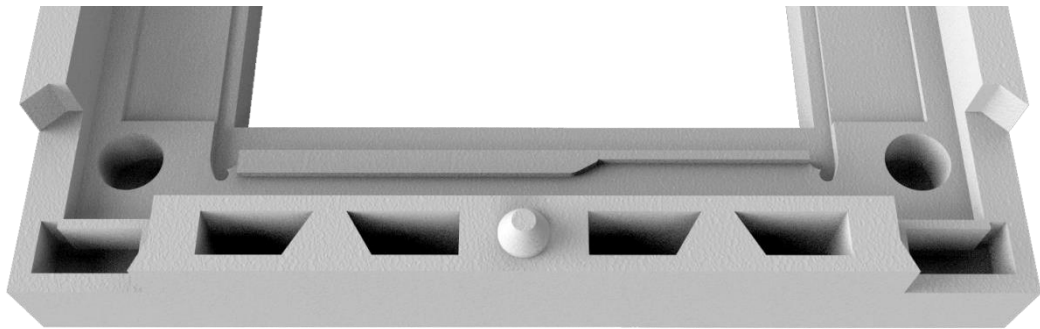


Fig 36. Paso 10 en el diseño del nuevo embalaje

11. En la zona de detrás de la lavadora no se añade ningún posicionador, ya que las dos lavadoras quedan bien colocadas sin necesidad de ellos.

Tras haber definido todos los elementos necesarios para que las lavadoras tengan suficiente apoyo en el embalaje, se procede a añadir en el mismo una serie de vaciados con el fin de ahorrar material en la fabricación.

Se han realizado vaciados de ahorro de material en la zona central, en los laterales y en la zona de delante. En las zonas de detrás no se ha considerado la opción de hacer vaciados para no restar superficie de apoyo a las lavadoras.

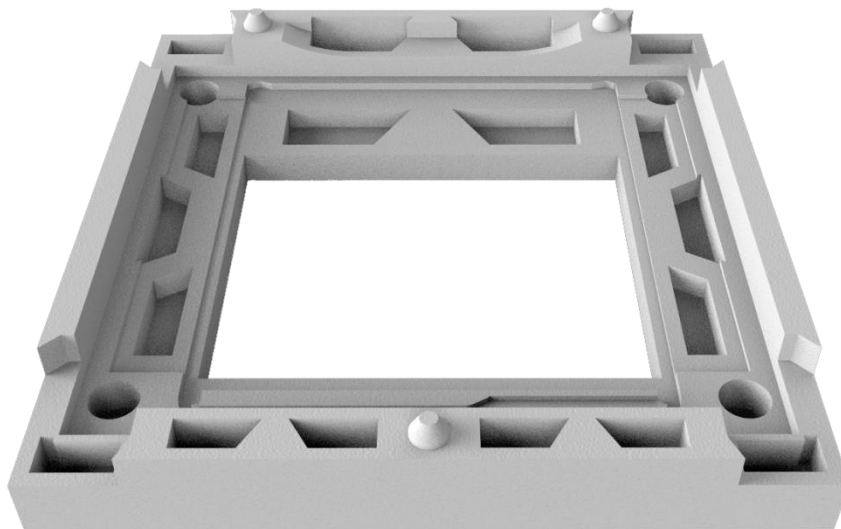


Fig 37. Paso 11 en el diseño del nuevo embalaje

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

12. Por último, se han añadido chaflanes y redondeos en las esquinas del embalaje diseñado, así como los agujeros para salida de aire nombrados al comienzo del desarrollo, obteniendo la solución final que se muestra en la siguiente imagen.

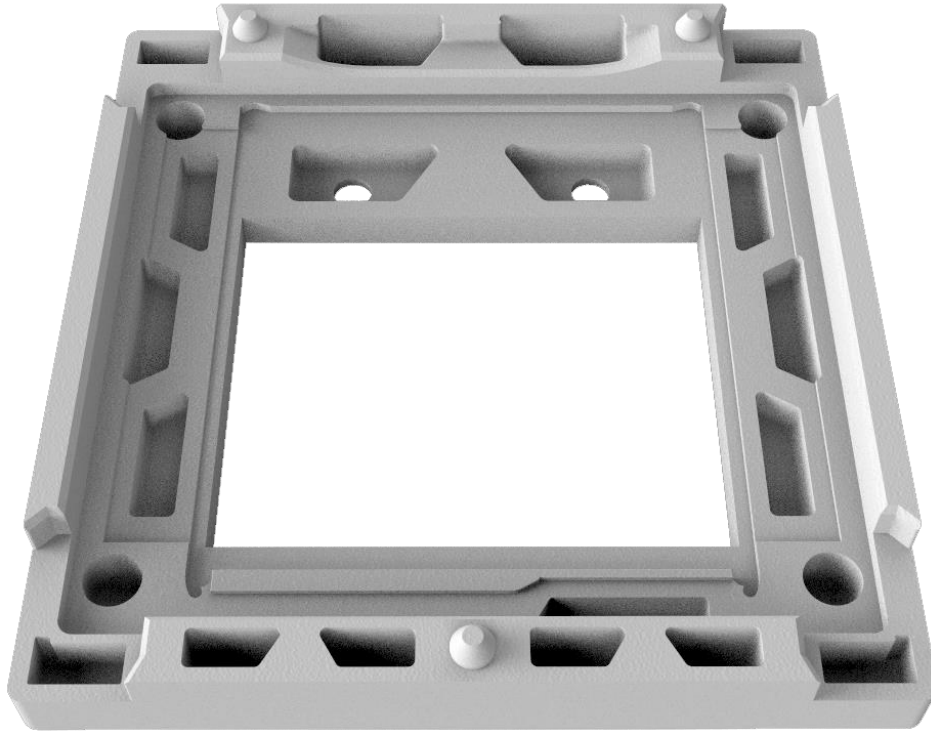


Fig 38. Paso 12 en el diseño del nuevo embalaje. Embalaje definitivo sin añadir ningún postizo

Tras haber llegado a una solución de embalaje común, se debe proceder a diseñar los postizos que completarán el embalaje dependiendo del modelo de lavadora que se desee embalar. A continuación, se presentarán las propuestas de postizos que se plantean en este proyecto.

3.2.3.1. Postizo de lavadora con fondo

En primer lugar, se presenta el postizo de la lavadora con fondo (chapa inferior). Consiste en una continuación del embalaje final sin postizo, con una serie de vaciados con el fin de ahorrar material.

Esto se debe a que en el caso de este modelo, no es necesario añadir más elementos de apoyo que las ya existentes.

Se muestra el postizo en la siguiente imagen.

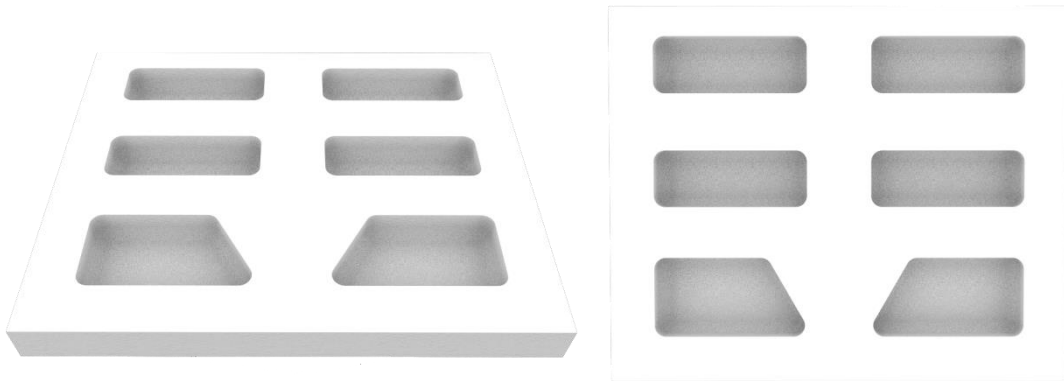


Fig 39. Postizo diseñado para el modelo de lavadora con fondo

3.2.3.2. Postizo de lavadora sin fondo

La lavadora sin fondo, requiere de un elemento en su embalaje que tenga la función de sujeción del motor, ya que no está protegido por una chapa inferior. Como el embalaje original ya tenía este elemento con un diseño correcto, el postizo que se propone emplear para este modelo tiene la misma geometría que el macho original.

Se muestra este postizo en la siguiente imagen.

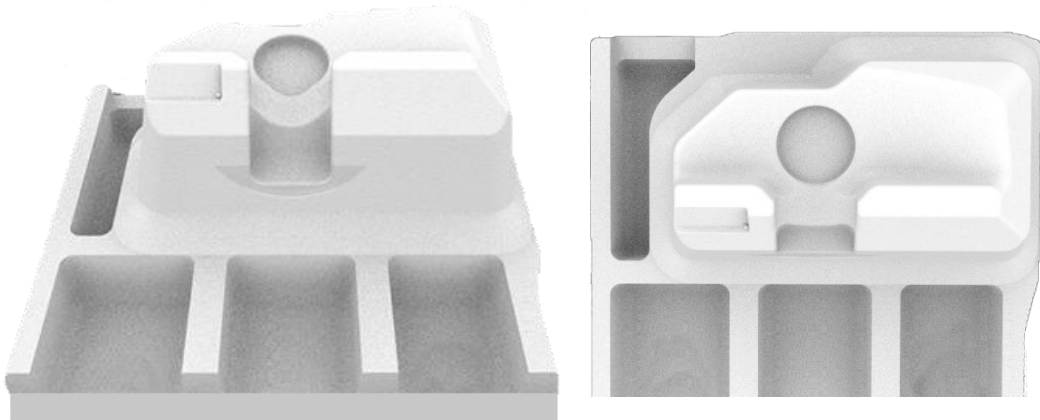


Fig 40. Postizo para el modelo de lavadora sin fondo

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

3.3 RESULTADOS

En este apartado se expondrán los resultados de los análisis de tensiones que se han realizado en los embalajes para comprobar que la nueva propuesta cumple con una de las condiciones del pliego (pruebas a superar).

En primer lugar, se va a hacer una pequeña introducción al software que se ha empleado para realizar estos análisis y se explicarán los valores que se van a evaluar. Más tarde se expondrán los resultados y conclusiones.

3.3.1. INTRODUCCIÓN AL SOFTWARE

Debe señalarse que, el software que se ha utilizado para llevar a cabo los análisis de tensiones en los embalajes, es el Autodesk Inventor Professional. Este es un programa que permite diseñar productos, hacer moldes, diseños de lámina o chapa metálica, iterar diferentes formas de diseño, simulación y comunicación del diseño en 3D [14].

Dentro de los diferentes módulos que contiene el software informático, el que se ha utilizado en este proyecto es el de análisis de tensiones. La realización de este análisis de tensiones es muy útil gracias a este programa, ya que permite ver si una pieza puede ser rediseñada de forma aceptable porque soporta satisfactoriamente los esfuerzos habituales durante su uso, lo cual es el objetivo de este proyecto [2].

Es de vital importancia saber que el nuevo producto va a soportar las fuerzas a las que va a ser sometido, ya que de lo contrario el diseño no será válido y tendrá que ser rechazado.

Autodesk Inventor Professional procesa los análisis mediante el método de elementos finitos (MEF). Este método divide la geometría compleja en diferentes elementos más pequeños (discretización) y posteriormente aproxima los valores para obtener resultados (interpolación) [3].

Los pasos que se van a seguir para realizar los análisis de tensión son los siguientes:

1. Importación del archivo 3D.
2. Abrir el módulo de análisis de tensiones.
3. Elección del material.

En este caso se asignará un material con las propiedades mecánicas del EPS.

4. Selección de restricciones.

Las restricciones definirán las superficies fijas y las superficies en las que está impedido el desplazamiento en alguna de las direcciones de los ejes.

5. Aplicación de fuerzas.

Se seleccionan las fuerzas o presiones en las caras y su magnitud, que son las que van a dar lugar a las tensiones.

Una vez realizados estos pasos, es importante la selección de la malla (discretización) con la que se va a realizar la simulación. Esta tiene un número de elementos y de nodos que se pueden modificar para conseguir obtener resultados más exactos. Generalmente, cuanto mayor sea el número de elementos y nodos, mejores resultados, pero hay que tener en cuenta que depende de la propia geometría de la pieza.

El criterio para concluir si un resultado es válido dependerá del porcentaje de convergencia que muestre el programa. Este porcentaje se mostrará junto con una tabla, y representa la forma en que los resultados se acercan hacia un mismo valor. Se tiene en cuenta que, cuanto menor sea este porcentaje, más exactos son los resultados.

3.3.2. VALORES A EVALUAR

Una vez realizadas las simulaciones con el software, se deben evaluar los resultados para saber si el comportamiento de la pieza es correcto cuando se somete a esfuerzos habituales. Para el caso de los embalajes de este trabajo, se van a tomar 3 valores de entre de todos los que muestra el programa.

TENSIÓN DE VON MISES

Las tensiones y deformaciones tridimensionales siempre se desarrollan en varias direcciones. Una forma de expresar estas tensiones multidireccionales consiste en resumirlas en una tensión equivalente, la cual se denomina comúnmente tensión de Von Mises [2].

Según un criterio existente, denominado de Von Mises, esta tensión ayuda a concluir si la pieza sobre la que se está realizando el estudio plastifica o no, es decir, si debido a sus propiedades el material sufre deformaciones permanentes al aplicar la fuerza [4]. Esto se deduce comparando esta tensión con el módulo de Young del material, siguiendo el criterio:

$$\text{Si } T. \text{ Von Mises} \leq M. \text{ Young} \rightarrow \text{El material no plastifica}$$

El valor de la tensión de Von Mises viene dado en MPa (megapascales).

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

DESPLAZAMIENTO MÁXIMO

Otros de los valores que calcula el software es el de los desplazamientos. El desplazamiento consiste en la deformación que sufre la pieza al aplicar las tensiones, y es útil a la hora de tener en cuenta la zona en la que se produce la deformación máxima (donde se encuentra el desplazamiento máximo), ya que, en el caso de que sea un desplazamiento demasiado grande, habrá que modificar de alguna forma el diseño para evitar este valor.

El resultado del desplazamiento máximo viene dado en mm (milímetros).

PRIMERA TENSIÓN PRINCIPAL

Las tensiones principales son valores que aparecen cuando el vector normal a una superficie y el vector de la tensión que actúa en esa misma superficie están en la misma línea [2]. En concreto, la primera tensión principal puede dar una idea de la resistencia elástica que tiene el material, lo cual es útil, al igual que la tensión de Von Mises, para saber si el embalaje sufrirá deformaciones permanentes al ser sometido a tensiones.

El valor de la primera tensión principal viene dado en MPa (megapascuales).

Como se ha expuesto en el apartado 3.3.1, estos valores que se van a evaluar tanto en los embalajes existentes como en el nuevo diseño, se considerarán válidos una vez que el porcentaje mostrado en la tabla de convergencia sea lo suficientemente pequeño.

3.3.3. ANÁLISIS DE TENSIONES

Como ya se mencionó anteriormente en el pliego de condiciones, el embalaje diseñado debe superar una serie de simulaciones, comprobando que su comportamiento será correcto en caso de aplicación de fuerzas, y que los resultados son similares a los embalajes ya existentes.

Para simplificar el cálculo en las simulaciones, en la geometría del embalaje de la lavadora sin fondo se ha prescindido del saliente que sujeta el motor, teniendo así la pieza a analizar un agujero con la forma de la base del mismo.

De la misma forma, se ha hecho un agujero en la geometría del embalaje de la lavadora con fondo, ya que en el diseño final irá colocado el postizo en esa zona.

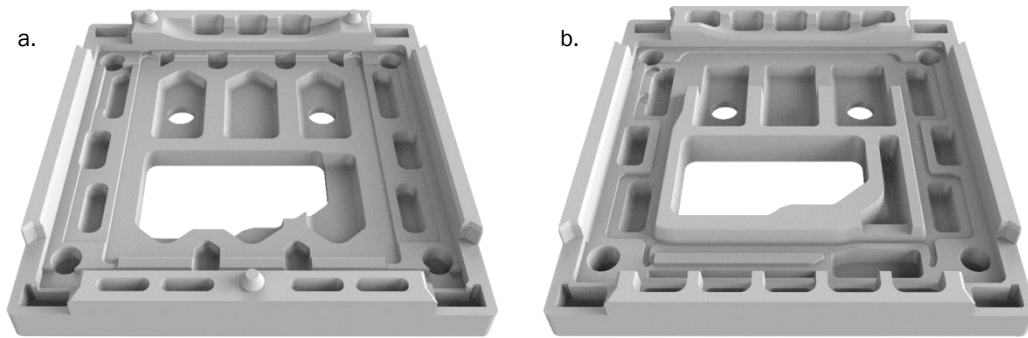


Fig 41.

a. Geometría simplificada de embalaje con fondo

b. Geometría simplificada de embalaje sin fondo

3.3.3.1. Análisis estáticos

Los primeros análisis de tensiones que se han realizado sobre los embalajes son estáticos. En este caso, el embalaje debe soportar el apilamiento de varias lavadoras encima de él sin que el material sufra deformaciones permanentes. Se ha tomado el caso en el que se apilen en un almacén 5 lavadoras con el embalaje correspondiente en cada caso, y la fuerza total que se aplicará es la que soporta el embalaje de abajo del todo de la columna de lavadoras.

Una vez expuesta la situación, se aplicará en la zona del centro (zona interior) del embalaje el peso de una de las 5 lavadoras. El peso de las 4 lavadoras restantes, se encuentra en las 4 esquinas del embalaje en las que van encajadas las columnas, porque realmente son las columnas las que soportan el peso en este supuesto.

ANÁLISIS ESTÁTICO DE EMBALAJE DE LAVADORA CON FONDO

Material: EPS

Conductividad térmica: 3,5E-1 con (m·K)

Calor específico: 1,21 J/kg·k

Coefficiente de dilatación térmica: 70 $\mu\text{m}/(\text{m}\cdot^{\circ}\text{C})$

Módulo de Young: 0,007 GPa

Coefficiente de Poisson: 0,35

Módulo cortante: 0,17 MPa

Densidad: 0,025 g/cm^3

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

Resistencia a la tracción: 0,35 MPa

Límite de elasticidad: 0,39 MPa

Restricciones:

- Cara inferior fija
- Desplazamiento sólo en dirección vertical de las caras interiores del agujero del postizo. (Restricción de sin fricción).
- Desplazamiento sólo en dirección vertical de las caras interiores de la zona exterior del embalaje.

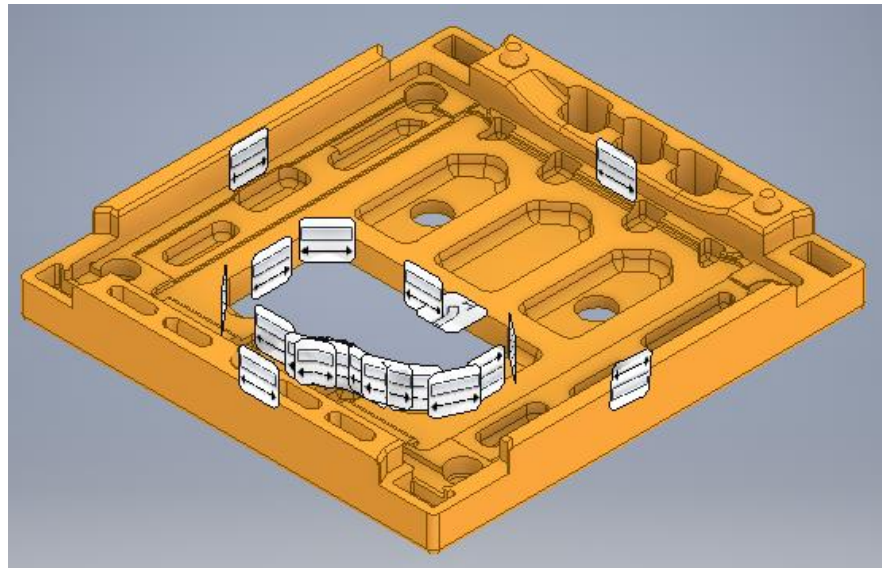


Fig 42. Restricciones de movimiento en el embalaje de lavadora con fondo

Cargas:

>Se aplica en la zona de apoyos de la lavadora (zona interior del embalaje) el peso de una de ellas. El peso de este modelo es de 90 kg.

$$90\text{kg} = 90 \cdot 9,8 = 882 \text{ N}$$

En este embalaje hay una superficie central de apoyo y zonas de apoyo exteriores.

1/3 del peso total de la lavadora se aplica en la superficie central:

$$1/3 \cdot 882 = \underline{294 \text{ N}}$$

Los 2/3 restantes se aplican en las superficies exteriores:

$$882 - 294 = 588 \text{ N}$$

Estos 588 N se repartirán en 4 zonas diferentes:

$$588/4 = 147 \text{ N en cada una de las 4 zonas}$$

Derecha e izquierda: 4 superficies

$$147 \cdot 2 = 294 \text{ N}$$

$$294/4 = \underline{73,5 \text{ N}} \text{ en cada una}$$

Delante: 4 superficies

$$147/2 = \underline{73,5 \text{ N}} \text{ en la superficie grande}$$

$$73,5/3 = \underline{24,5 \text{ N}} \text{ en cada una de las 3 superficies pequeñas}$$

Detrás: 1 superficie; 147 N

> Se aplica en las esquinas del embalaje la fuerza que ejercen 4 lavadoras sobre ellas, ya que, al estar apiladas, la fuerza que ejercen sobre la lavadora colocada debajo de todo las 4 restantes tiene efecto sobre las esquinas del embalaje, es decir, el peso se reparte entre los 4 soportes verticales que protegen las esquinas.

$$90 \cdot 4 = 360 \text{ kg}$$

$$360 \text{ kg} = 360 \cdot 9,8 = 3528 \text{ N}$$

$$3528/4 = 882 \text{ N en cada esquina}$$

En cada esquina hay dos superficies sobre las que aplicar fuerza:

$$882/2 = \underline{441 \text{ N}} \text{ en cada superficie}$$

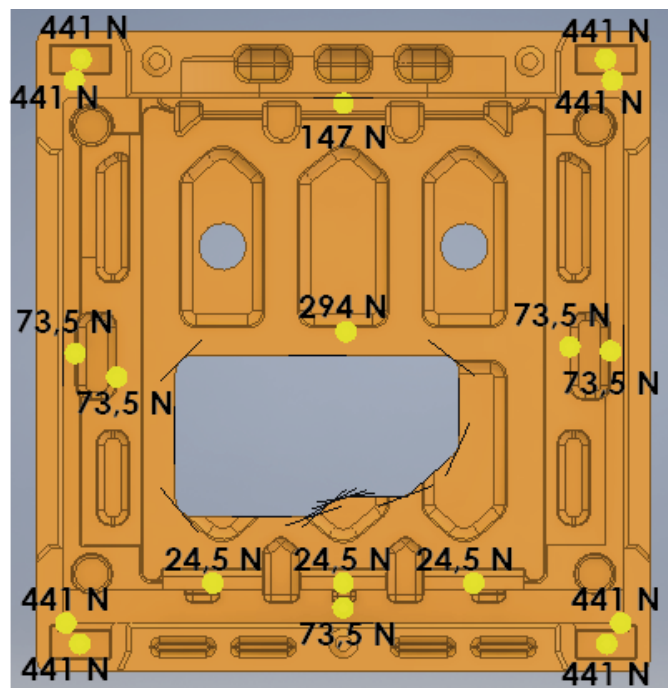


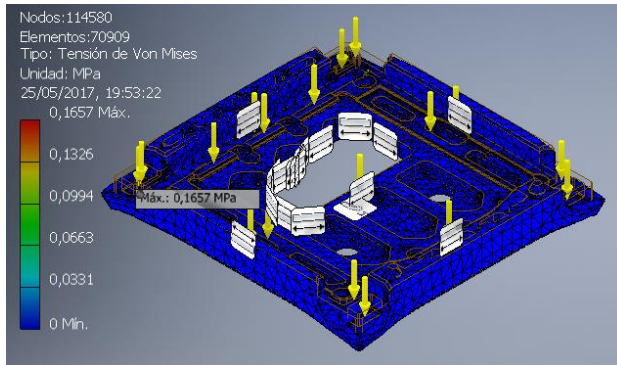
Fig 43. Fuerzas que se aplican en las superficies del embalaje de la lavadora con fondo

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

Resultados:

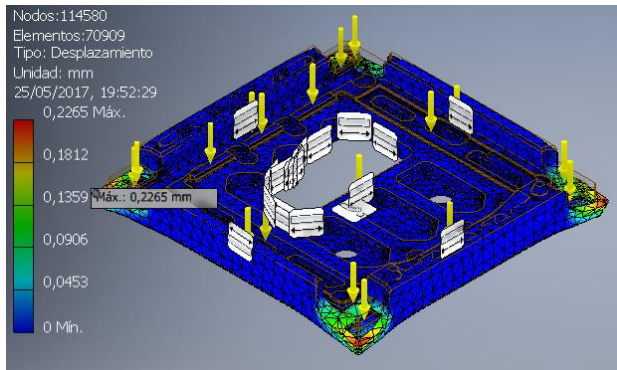
Malla por defecto: Nodos: 114580

Elementos: 70909



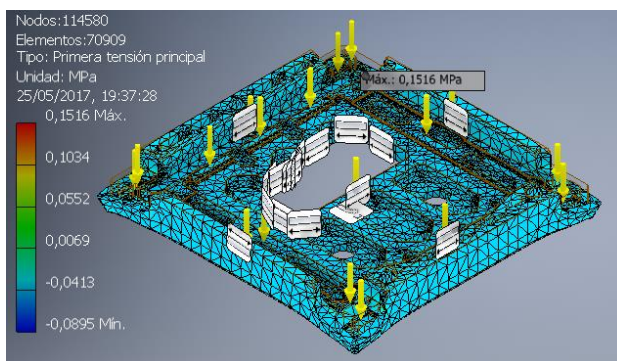
Tensión de Von Mises: 0,1657 MPa

Fig 44. Tensión de Von Mises 1



Desplazamiento máximo:
0,2265 mm

Fig 45. Desplazamientos 1



Primera tensión principal:
0,1516 MPa

Fig 46. Primera tensión principal 1

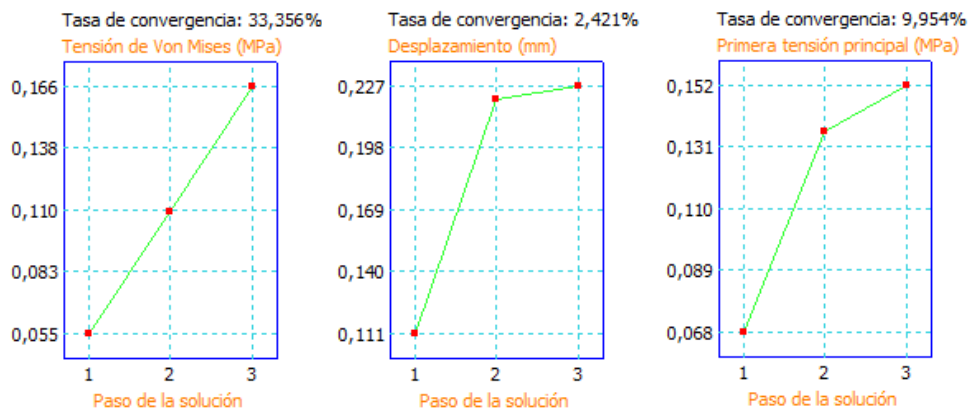


Fig 47. Tablas de convergencia 1

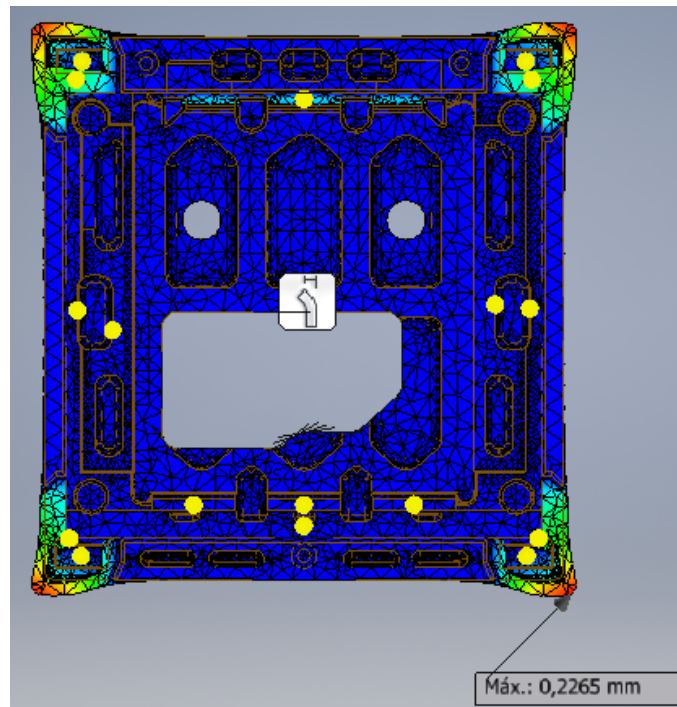


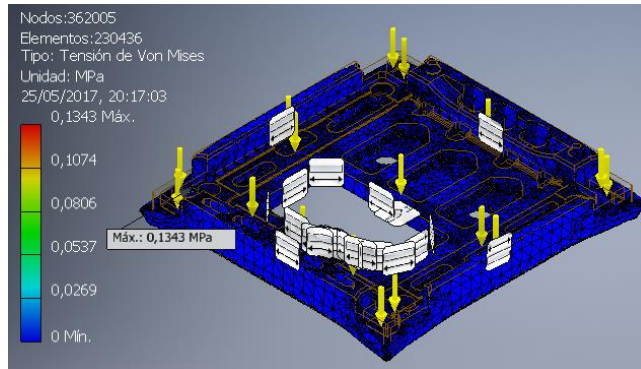
Fig 48. Vista superior de desplazamientos 1

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

Modificación de malla para obtener resultados más exactos

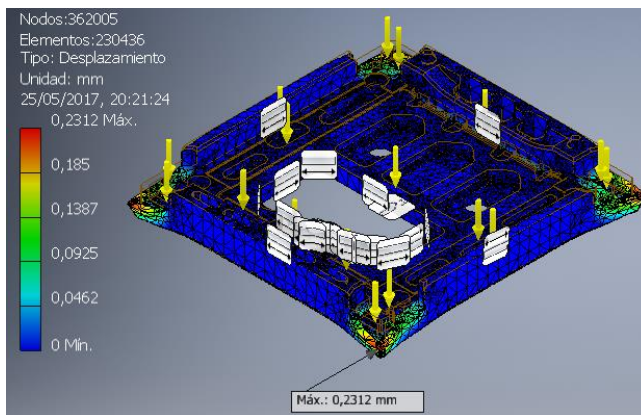
Nodos: 362005

Elementos: 230436



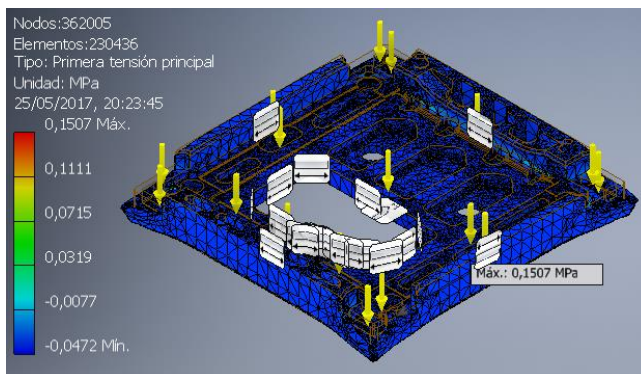
Tensión de Von Mises:
0,1343 MPa

Fig 49. Tensión de Von Mises 2



Desplazamiento máximo:
0,2312 mm

Fig 50. Desplazamientos 2



Primera tensión principal:
0,1507 MPa

Fig 51. Primera tensión principal 2

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

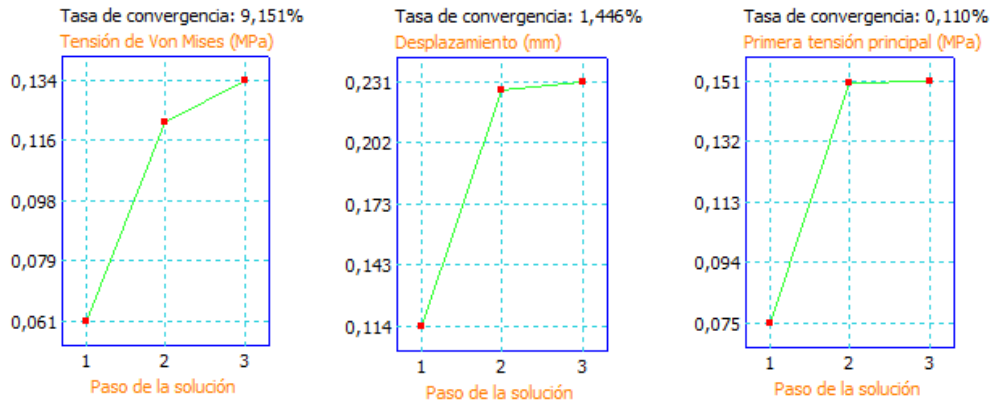


Fig 52. Tablas de convergencia 2

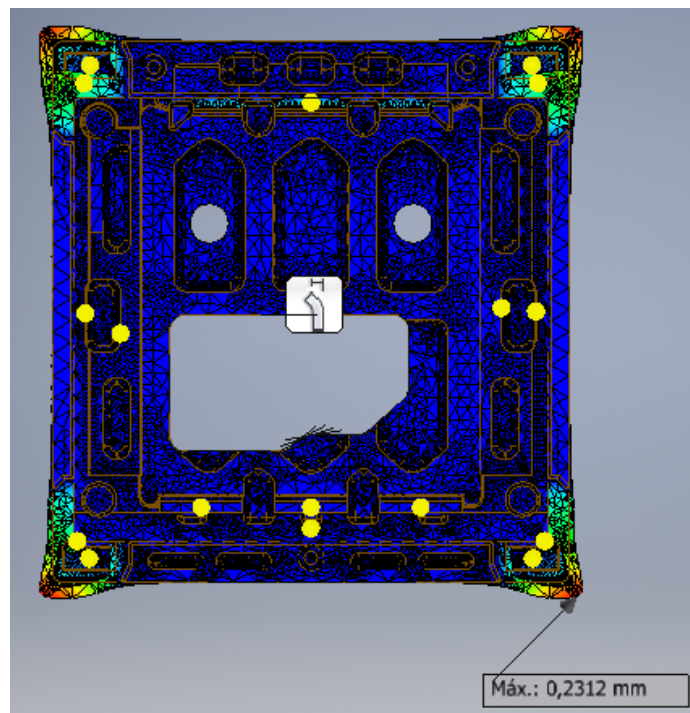


Fig 53. Vista superior de desplazamientos 2

Observaciones particulares:

Los porcentajes resultantes en las tasas de convergencia del último análisis son suficientemente bajos para considerar los resultados de las tensiones y desplazamientos como válidos sin necesidad de realizar un tercer análisis (Fig 52). Cuanto menor sea el porcentaje en la tasa de convergencia, más exactos son los resultados obtenidos.

Se puede observar en la imagen de la vista superior de desplazamientos (Fig 53), que estos se reparten de forma uniforme en las 4 esquinas del embalaje, lo cual lleva a concluir que aparentemente no se presenta posibilidad de vuelco al estar las 5 lavadoras apiladas.

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

ANÁLISIS ESTÁTICO DE EMBALAJE DE LAVADORA SIN FONDO

Material: EPS

Conductividad térmica: $3,5E-1$ con (m·K)

Calor específico: $1,21$ J/kg·k

Coefficiente de dilatación térmica: $70 \mu\text{m}/(\text{m}\cdot^{\circ}\text{C})$

Módulo de Young: $0,007$ GPa

Coefficiente de Poisson: $0,35$

Módulo cortante: $0,17$ MPa

Densidad: $0,025$ g/cm³

Resistencia a la tracción: $0,35$ MPa

Límite de elasticidad: $0,39$ MPa

Restricciones:

- Cara inferior fija
- Desplazamiento sólo en dirección vertical de las caras interiores del agujero del postizo. (Restricción de sin fricción).
- Desplazamiento sólo en dirección vertical de las caras interiores de la zona exterior del embalaje.

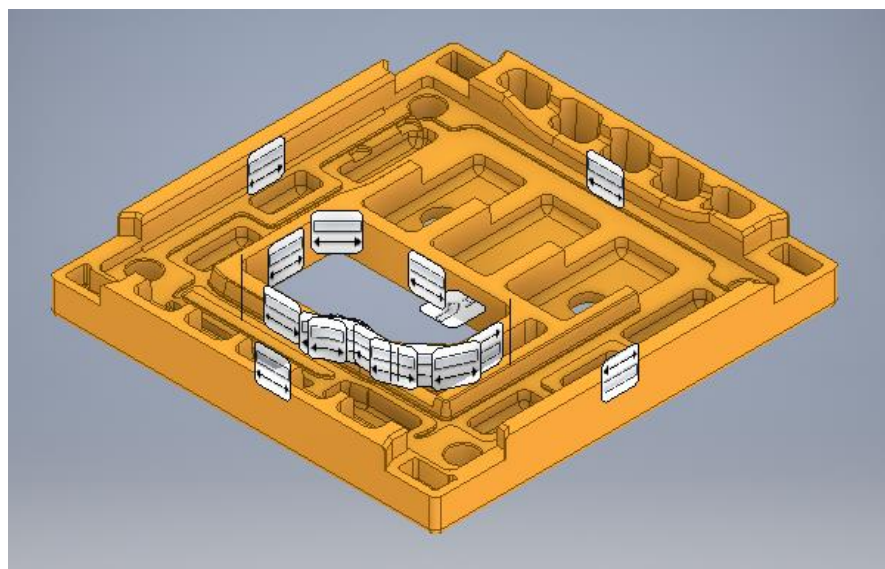


Fig 54. Restricciones de movimiento en el embalaje de lavadora sin fondo

Cargas:

> Se aplica en la zona de apoyos de la lavadora el peso de una de ellas.

$$80\text{kg} = 80 \cdot 9,8 = 784 \text{ N}$$

684 N en la superficie grande

184 N en la superficie pequeña

> Se aplica en las esquinas del embalaje la fuerza que ejercen 4 lavadoras sobre ellas, ya que, al estar apiladas, la fuerza que ejercen sobre la lavadora colocada debajo del todo las 4 restantes tiene efecto sobre las esquinas del embalaje, es decir, el peso se reparte entre los 4 soportes verticales que protegen las esquinas.

$$80 \cdot 4 = 320 \text{ kg}$$

$$320 \text{ kg} = 320 \cdot 9,8 = 3136 \text{ N}$$

$$3136/4 = 784 \text{ N en cada esquina}$$

En cada esquina hay dos superficies sobre las que aplicar fuerza:

$$784/2 = \underline{392 \text{ N}} \text{ en cada superficie}$$

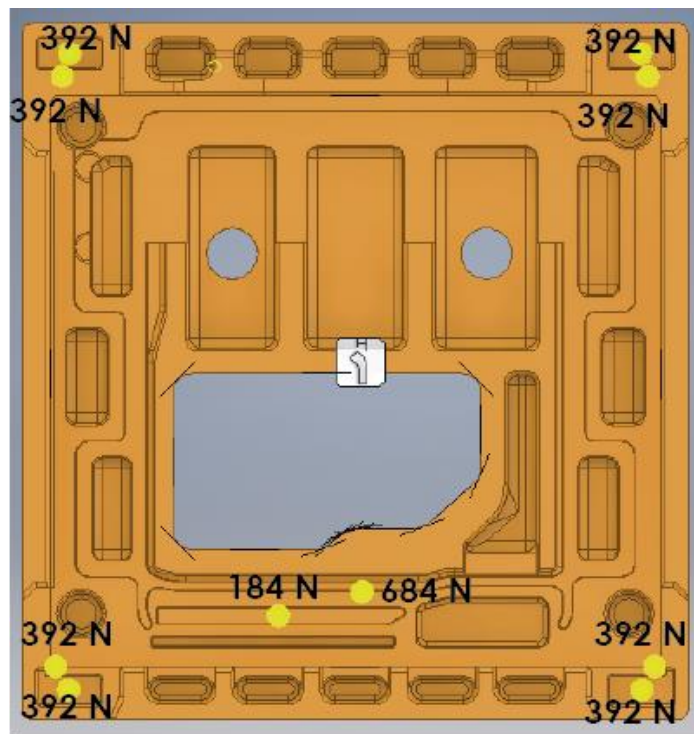


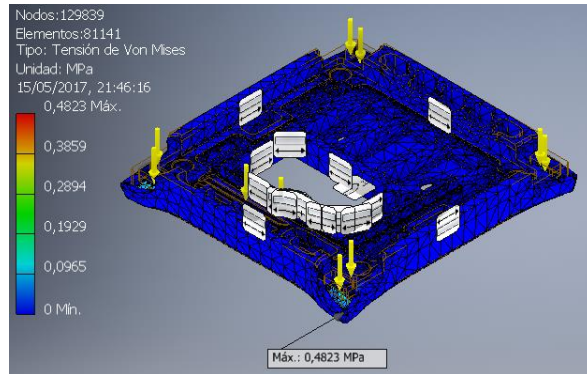
Fig 55. Fuerzas que se aplican en las superficies del embalaje de la lavadora sin fondo

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

Resultados:

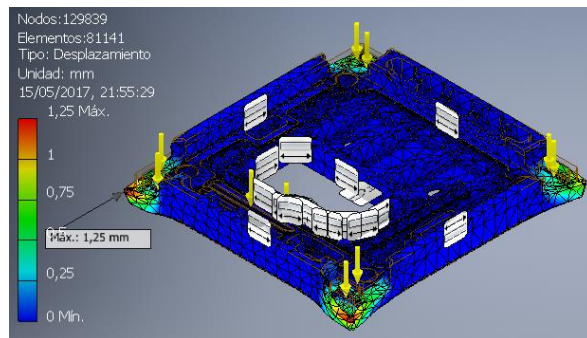
Malla por defecto: Nodos: 129839

Elementos: 81141



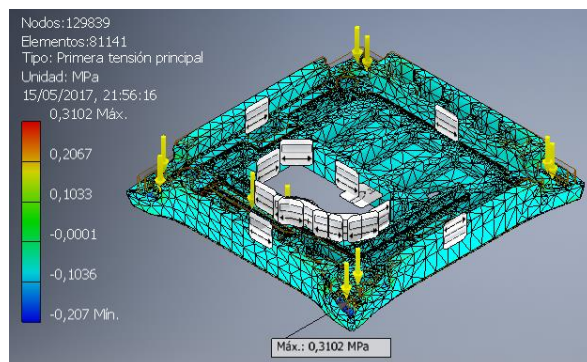
Tensión de Von Mises: 0,4823 MPa

Fig 56. Tensión de Von Mises 3



Desplazamiento máximo: 1,25 mm

Fig 57. Desplazamientos 3



Primera tensión principal: 0,3102 MPa

Fig 58. Primera tensión principal 3

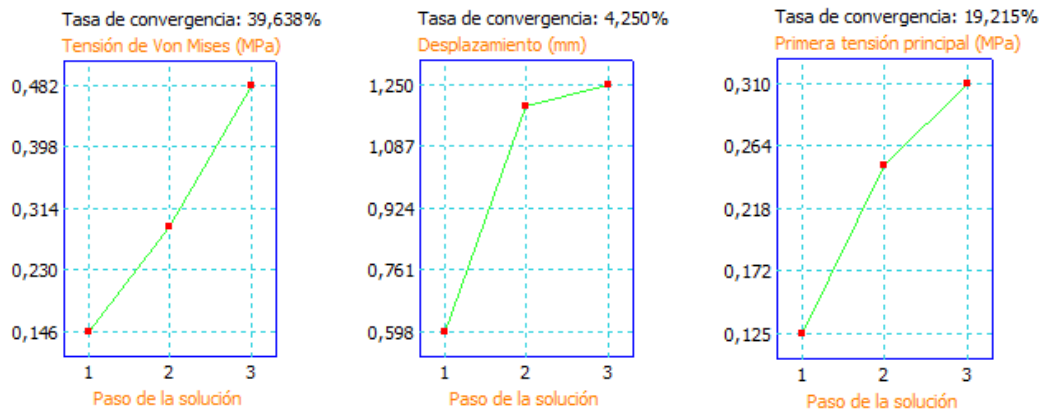


Fig 59. Tablas de convergencia 3

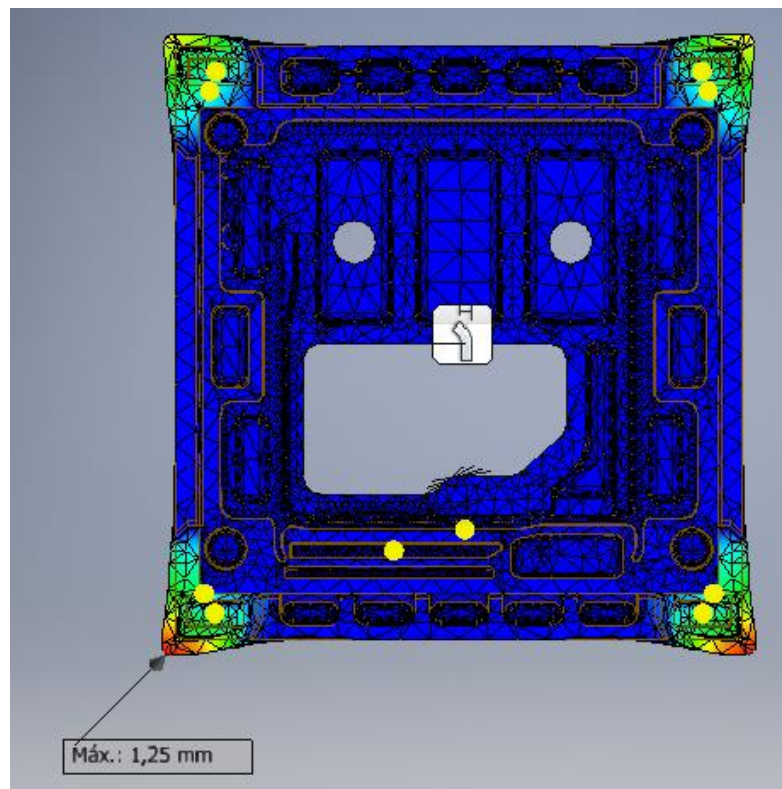


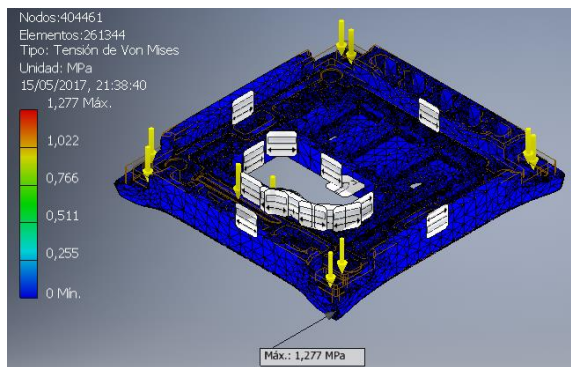
Fig 60. Vista superior de desplazamientos 3

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

Modificación de malla para obtener resultados más exactos

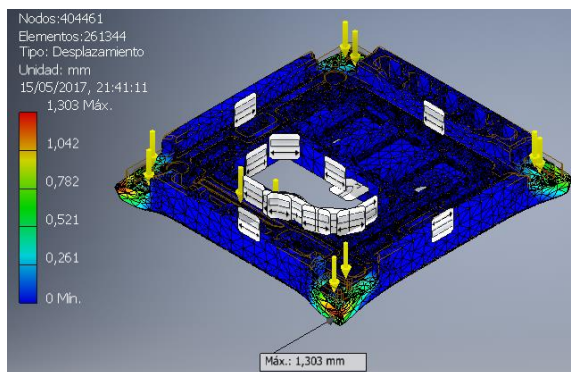
Nodos: 404461

Elementos: 26134



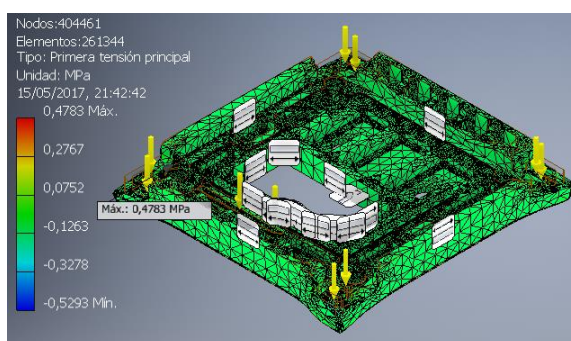
Tensión de Von Mises: 1,277 MPa

Fig 61. Tensión de Von Mises 4



Desplazamiento máximo: 1,303 mm

Fig 62. Desplazamientos 4



Primera tensión principal: 0,4783 MPa

Fig 63. Primera tensión principal 4

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

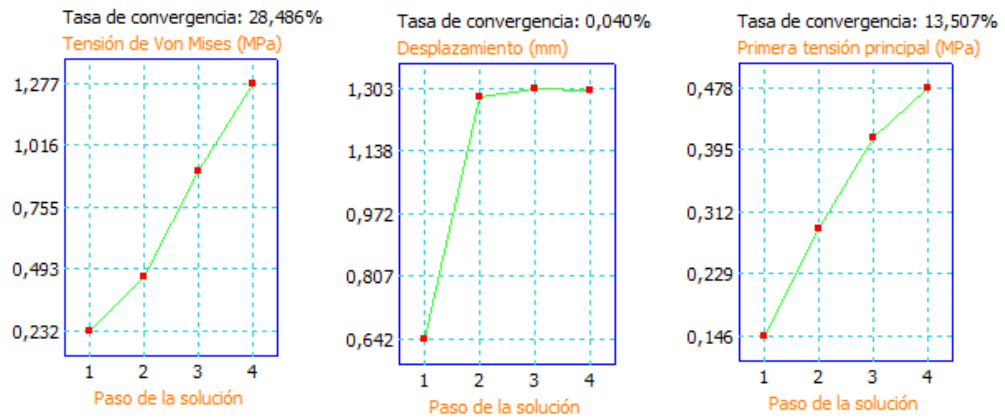


Fig 64. Tablas de convergencia 4

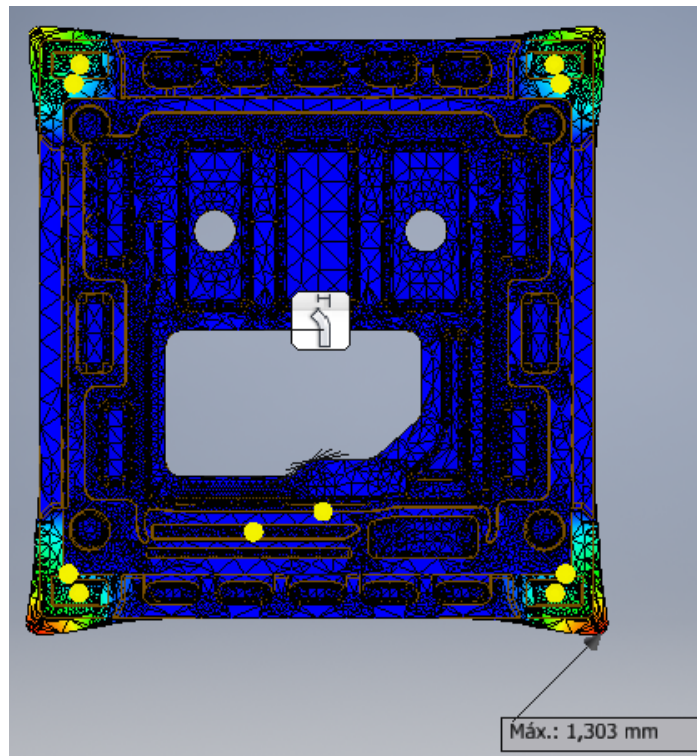
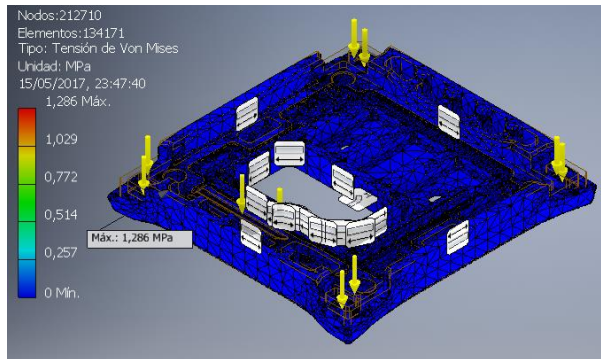


Fig 65. Vista superior de desplazamientos 4

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

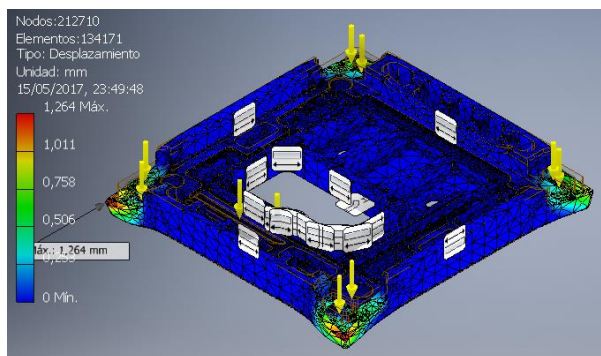
Nodos: 212710

Elementos: 134171



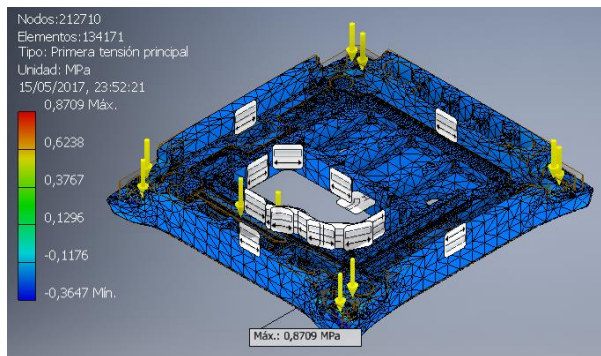
Tensión de Von Mises: 1,286 MPa

Fig 66. Tensión de Von Mises 5



Desplazamiento máximo: 1,264 mm

Fig 66. Desplazamientos 5



Primera tensión principal: 0,8709 MPa

Fig 67. Primera tensión principal 5

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

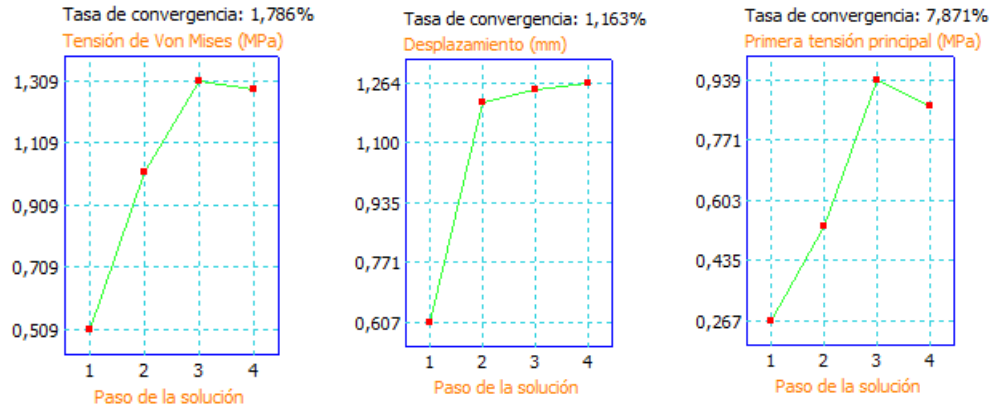


Fig 68. Tablas de convergencia 5

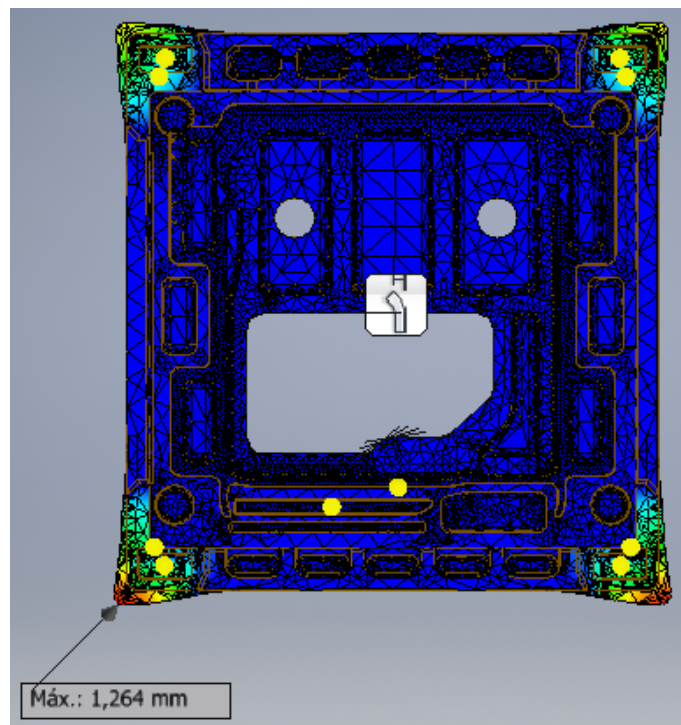


Fig 69. Vista superior de desplazamientos 5

Observaciones particulares:

Los porcentajes resultantes en las tasas de convergencia del último análisis son suficientemente bajos para considerar los resultados de las tensiones y desplazamientos como válidos (Fig 68). Cuanto menor sea el porcentaje en la tasa de convergencia, más exactos son los resultados obtenidos.

Se puede observar gracias a la imagen de la vista superior de los desplazamientos (Fig 69) que estos no están repartidos uniformemente en las 4 esquinas del embalaje, ya que son mayores en las esquinas de delante. Esto puede ser debido a que las zonas de apoyo no reparten el peso uniformemente, sobre todo a la hora de sujetar el motor de la lavadora, el cual no se encuentra en una zona central, sino que está desplazado respecto

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

del centro del embalaje. No se espera que esto pueda llegar a dar el problema de que la fila de lavadoras apiladas pueda volcar, ya que es un desplazamiento máximo muy pequeño, y en las esquinas opuestas se compensaría habiendo aproximadamente una diferencia de 0,6 mm.

ANÁLISIS ESTÁTICO DE EMBALAJE DISEÑADO

Material: EPS

Conductividad térmica: $3,5E-1$ con (m·K)

Calor específico: 1,21 J/kg·k

Coefficiente de dilatación térmica: $70 \mu\text{m}/(\text{m}\cdot^{\circ}\text{C})$

Módulo de Young: 0,007 GPa

Coef. Poisson: 0,35

Módulo cortante: 0,17 MPa

Densidad: $0,025 \text{ g}/\text{cm}^3$

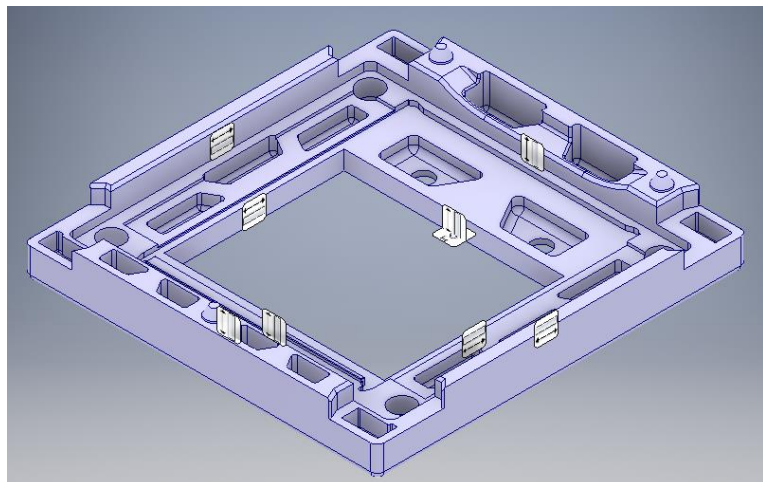
Resistencia a la tracción: 0,35 MPa

Límite de elasticidad: 0,39 MPa

Restricciones:

- Cara inferior fija
- Desplazamiento sólo en dirección vertical de las caras interiores del agujero del postizo. (Restricción de sin fricción).
- Desplazamiento sólo en dirección vertical de las caras interiores de la zona exterior del embalaje.

Fig 70. Restricciones de movimiento en el embalaje diseñado



Cargas:

> Se aplica en la zona de apoyos de la lavadora el peso de una de ellas. En el caso el nuevo embalaje el peso que debe soportar es el máximo, es decir, el de las lavadoras de 90 kg.

$$90\text{kg} = 90 \cdot 9,8 = 882 \text{ N}$$

En este embalaje hay una superficie central de apoyo y zonas de apoyo exteriores.

1/3 del peso total de la lavadora se aplica en la superficie central:

$$1/3 \cdot 882 = \underline{294 \text{ N}}$$

Los 2/3 restantes se aplican en las superficies exteriores:

$$882 - 294 = 588 \text{ N}$$

$$588/2 = \underline{294 \text{ N}}$$
 en la superficie exterior grande

Los 294 N restantes se aplican en las superficies laterales de apoyo y en el posicionador de delante:

- 2/3 en los laterales:

$$294 \cdot (2/3) = 196 \text{ N}$$

$$196/2 = \underline{98 \text{ N}}$$
 en cada una de las dos superficies

- 1/3 en el posicionador:

$$294 - 196 = \underline{98 \text{ N}}$$

> Se aplica en las esquinas del embalaje la fuerza que ejercen 4 lavadoras sobre ellas, ya que, al estar apiladas, la fuerza que ejercen sobre la lavadora colocada debajo del todo las 4 restantes tiene efecto sobre las esquinas del embalaje, es decir, el peso se reparte entre los 4 soportes verticales que protegen las esquinas.

$$90 \cdot 4 = 360 \text{ kg}$$

$$360 \text{ kg} = 360 \cdot 9,8 = 3528 \text{ N}$$

$$3528/4 = 882 \text{ N}$$
 en cada esquina

En cada esquina hay dos superficies sobre las que aplicar fuerza:

$$882/2 = \underline{441 \text{ N}}$$
 en cada superficie

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

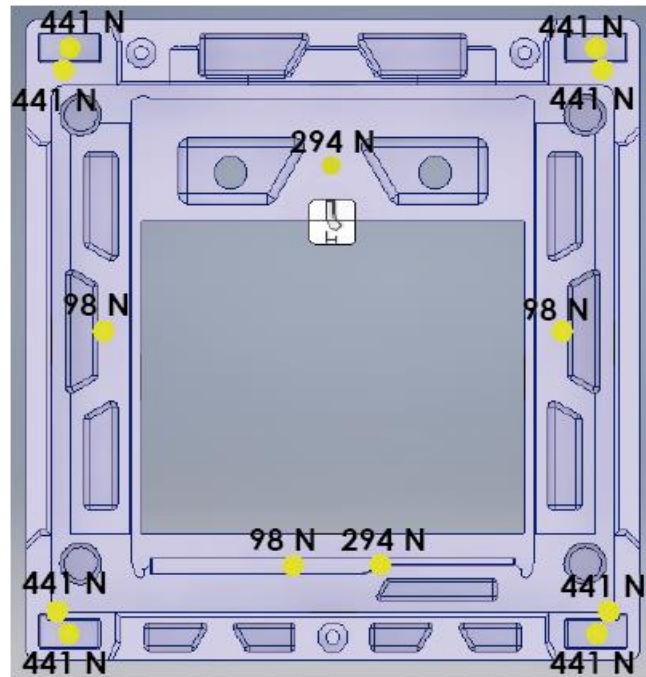
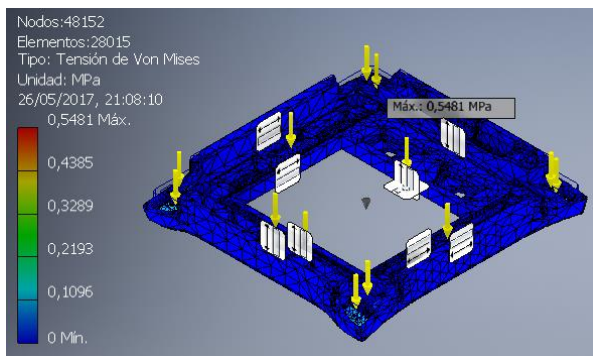


Fig 71. Fuerzas que se aplican en las superficies del embalaje de la lavadora sin fondo

Resultados:

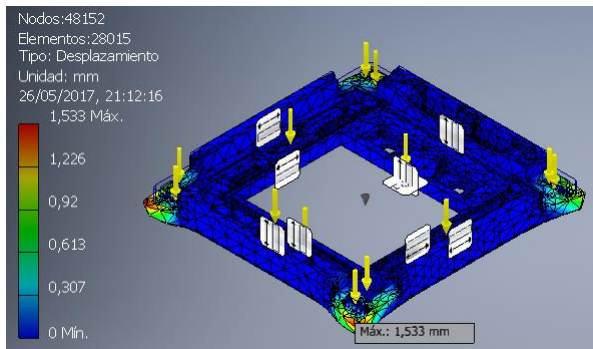
Malla por defecto: Nodos: 48152

Elementos: 28015



Tensión de Von Mises: 0,5481 MPa

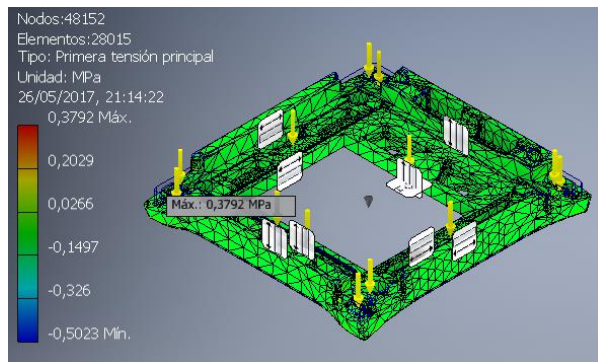
Fig 72. Tensión de Von Mises 6



Desplazamiento máximo: 1,533 mm

Fig 73. Desplazamientos 6

3. APLICACIÓN PRÁCTICA



Primera tensión principal:
0,3792 MPa

Fig 74. Primera tensión principal 6

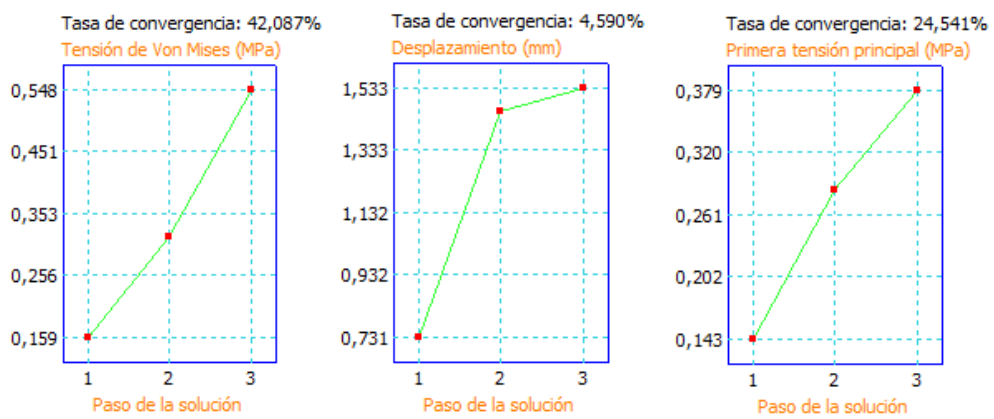


Fig 75. Tablas de convergencia 6

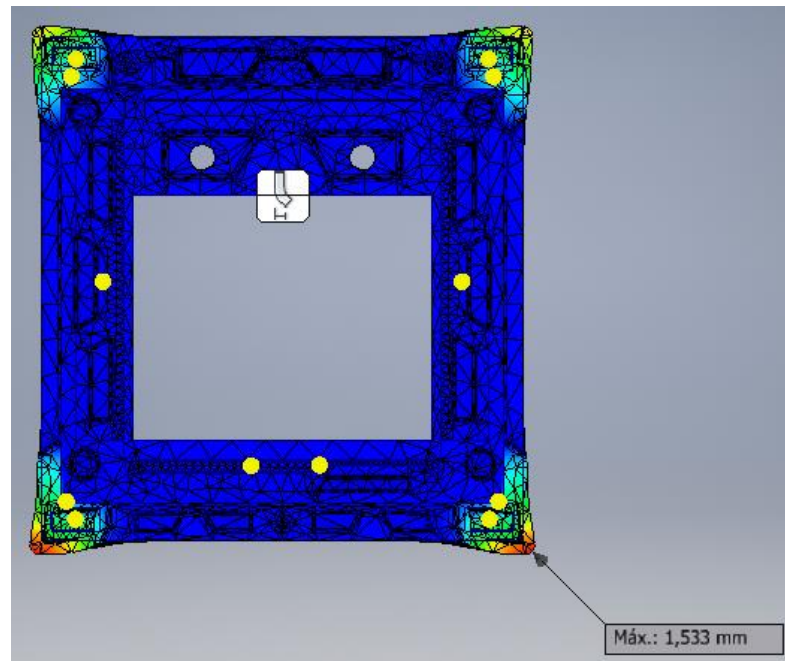


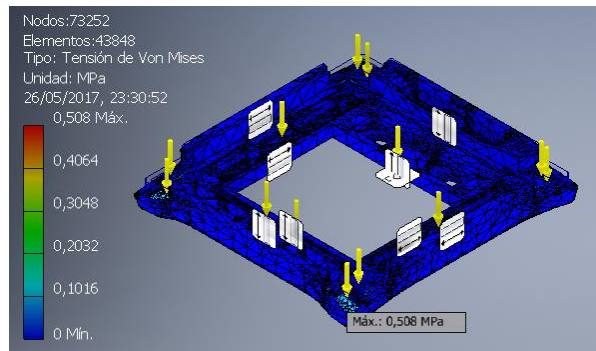
Fig 76. Vista superior de desplazamientos 6

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

Modificación de malla para obtener resultados más exactos

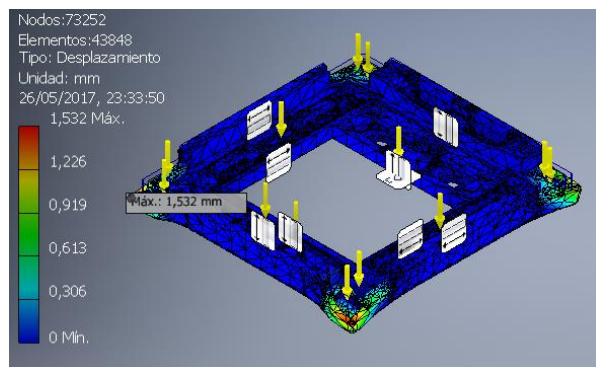
Nodos: 73252

Elementos: 43848



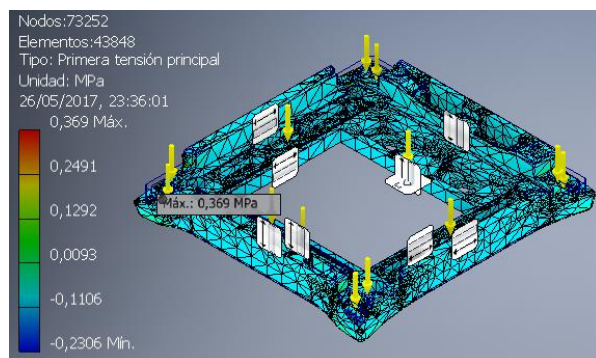
Tensión de Von Mises: 0,508 MPa

Fig 77. Tensión de Von Mises 7



Desplazamiento máximo: 1,532 mm

Fig 78. Desplazamientos 7



Primera tensión principal: 0,369 MPa

Fig 79. Primera tensión principal 7

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

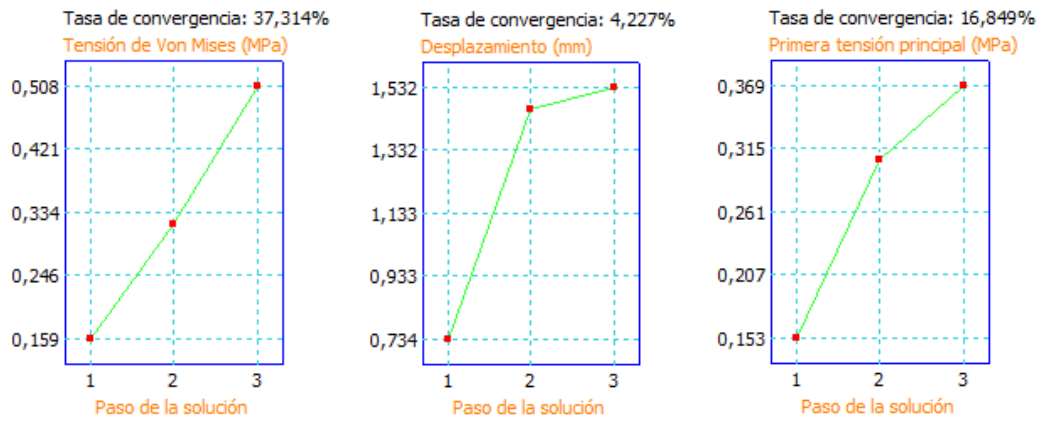


Fig 80. Tablas de convergencia 7

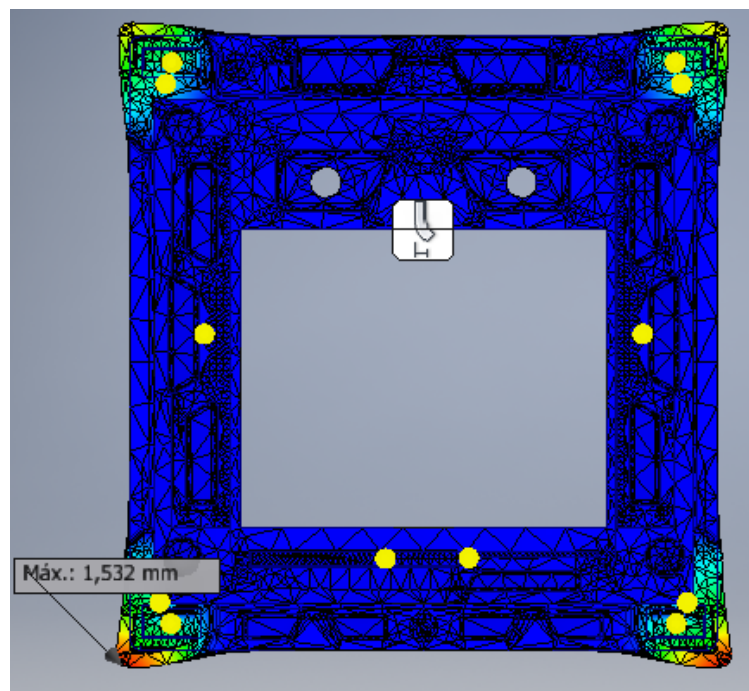
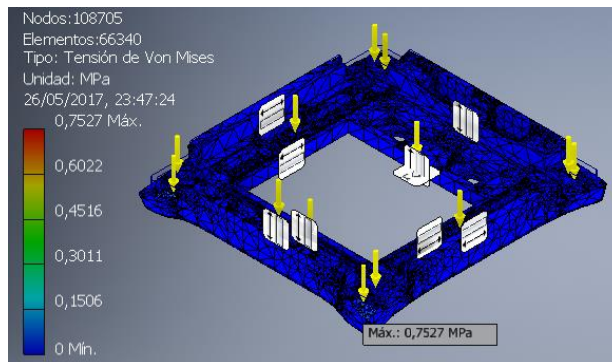


Fig 81. Vista superior de desplazamientos 7

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

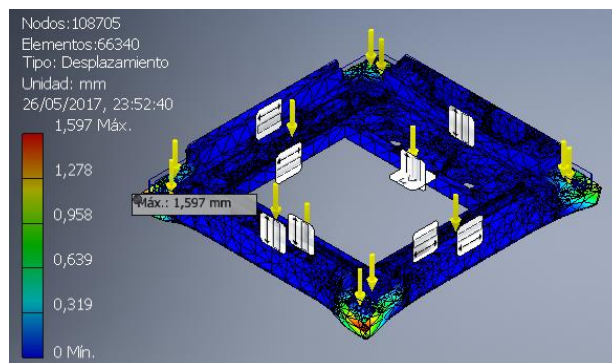
Nodos: 108705

Elementos: 66340



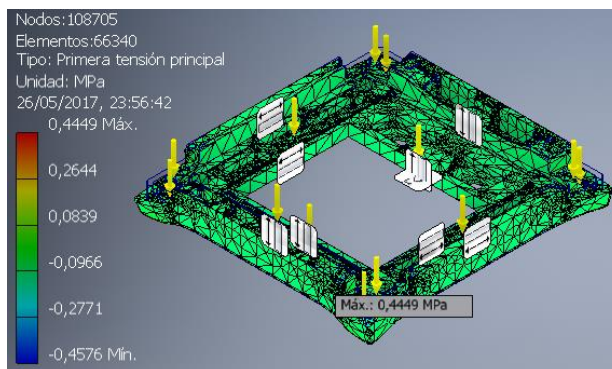
Tensión de Von Mises: 0,7527 MPa

Fig 82. Tensión de Von Mises 8



Desplazamiento máximo: 1,597 mm

Fig 83. Desplazamientos 8



Primera tensión principal: 0,4449 MPa

Fig 84. Primera tensión principal 8

3. APLICACIÓN PRÁCTICA



Fig 85. Tablas de convergencia 8

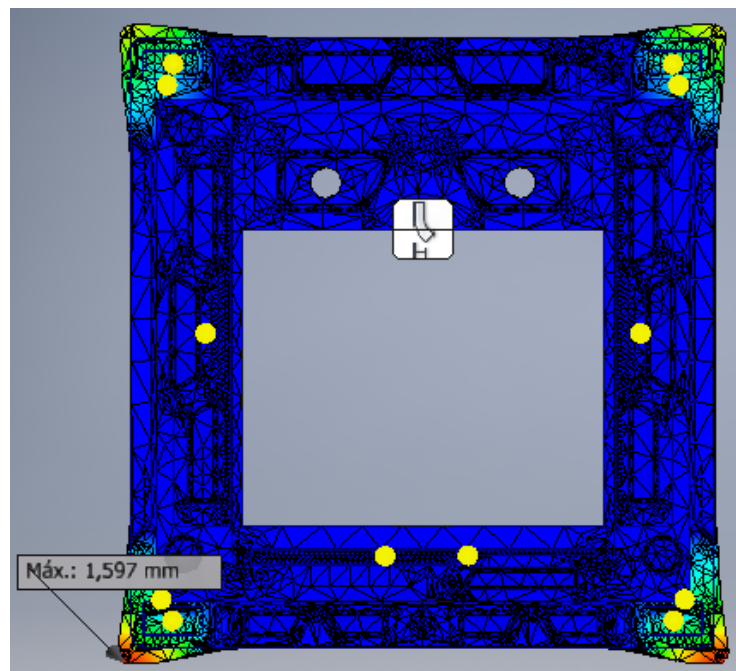


Fig 86. Vista superior de desplazamientos 8

Observaciones particulares:

Los porcentajes resultantes en las tasas de convergencia del último análisis son suficientemente bajos para considerar los resultados de las tensiones y desplazamientos como válidos (Fig 85). Cuanto menor sea el porcentaje en la tasa de convergencia, más exactos son los resultados obtenidos.

Se puede observar gracias a la imagen de la vista superior de los desplazamientos (Fig 86) que estos no están repartidos uniformemente en las 4 esquinas del embalaje, ya que son mayores en las esquinas de delante. Esto puede ser debido a que las zonas de apoyo no reparten el peso

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

uniformemente, sobre todo en el momento de proteger un modelo de lavadora sin base, ya que el motor no se encuentra situado en una zona centrada. No se espera que esto pueda llegar a dar el problema de que la fila de lavadoras apiladas pueda volcar, ya que es un desplazamiento máximo muy pequeño, y en las esquinas opuestas se compensaría habiendo aproximadamente una diferencia de 0,6 mm.

3.3.3.2. Análisis dinámicos

El segundo tipo de análisis de tensiones que se han realizado sobre los embalajes son dinámicos. En este caso, el embalaje junto con el peso de la lavadora debe soportar la caída libre desde cierta altura sin que el material sufra deformaciones permanentes. Se ha tomado el caso en el que la lavadora y el embalaje caen desde una altura de 0,5 m, y la fuerza que se aplicará en el embalaje es la de impacto por la caída.

Una vez expuesta la situación, se aplicará en la zona del centro (zona interior) del embalaje el peso de la lavadora correspondiente al mismo, de la de mayor peso en el caso del embalaje diseñado. La fuerza de impacto debida a la caída se aplicará en 5 casos diferentes y se hará una simulación para cada uno de los 5 lugares de aplicación: el suelo del embalaje y cada una de las 4 aristas del mismo. En el caso de las esquinas, el vector fuerza formará 45° con la dirección horizontal.

Esta fuerza de impacto que se va a aplicar en las simulaciones, es la que incide en el embalaje en el caso de que tuviera un sistema de amortiguación ideal, y viene dada por la siguiente fórmula:

$$F_{\text{impacto}} = (h / d) \cdot m \cdot g \quad [8]$$

- Donde:
- h = altura de caída
 - d = espesor del embalaje
 - m = masa de la lavadora
 - g = aceleración de la gravedad

ANÁLISIS DINÁMICO DE EMBALAJE DE LAVADORA CON FONDO

Material: EPS

Conductividad térmica: 3,5E-1 con (m·K)

Calor específico: 1,21 J/kg·k

Coeficiente de dilatación térmica: 70 $\mu\text{m}/(\text{m}\cdot^{\circ}\text{C})$

Módulo de Young: 0,007 GPa

Coeficiente de Poisson: 0,35

Módulo cortante: 0,17 MPa

Densidad: 0,025 g/cm^3

Resistencia a la tracción: 0,35 MPa

Límite de elasticidad: 0,39 MPa

Restricciones:

- Cara inferior sin fricción en los 5 casos de simulación. En los casos de aplicación de fuerza en las aristas, se aplica a estas también la restricción de sin fricción.
- Desplazamiento sólo en dirección vertical de las caras interiores del agujero del postizo. (Restricción de sin fricción).
- Desplazamiento sólo en dirección vertical de las caras interiores de la zona exterior del embalaje.

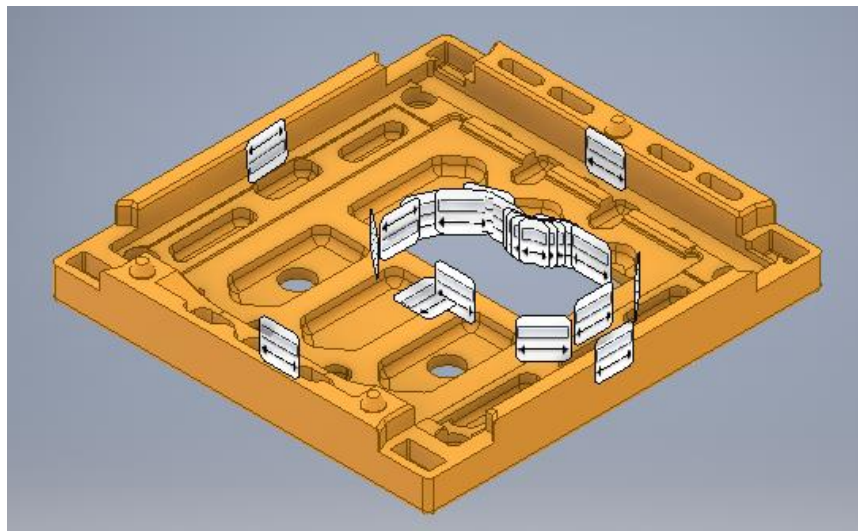


Fig 87. Restricciones de movimiento en el embalaje de lavadora con fondo análisis dinámico

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

Cargas:

>Se aplica en la zona de apoyos de la lavadora (zona interior del embalaje) el peso de una de ellas. El peso de este modelo es de 90 kg. La distribución de fuerzas será la misma que en el caso de los análisis estáticos.

$$90\text{kg} = 90 \cdot 9,8 = 882 \text{ N}$$

En este embalaje hay una superficie central de apoyo y zonas de apoyo exteriores.

1/3 del peso total de la lavadora se aplica en la superficie central:

$$1/3 \cdot 882 = \underline{294 \text{ N}}$$

Los 2/3 restantes se aplican en las superficies exteriores:

$$882 - 294 = 588 \text{ N}$$

Estos 588 N se repartirán en 4 zonas diferentes:

$$588/4 = 147 \text{ N en cada una de las 4 zonas}$$

Derecha e izquierda: 4 superficies

$$147 \cdot 2 = 294 \text{ N}$$

$$294/4 = \underline{73,5 \text{ N}} \text{ en cada una}$$

Delante: 4 superficies

$$147/2 = \underline{73,5 \text{ N}} \text{ en la superficie grande}$$

$$73,5/3 = \underline{24,5 \text{ N}} \text{ en cada una de las 3 superficies pequeñas}$$

Detrás: 1 superficie; 147 N

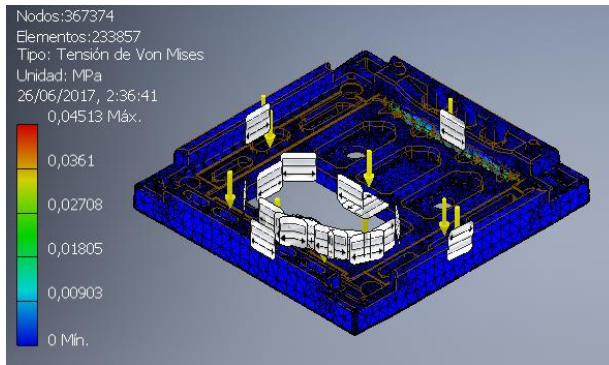
> En cada uno de los 5 casos expuestos anteriormente se aplica una fuerza de la siguiente magnitud:

$$F_{\text{impacto}} = (h / d) \cdot m \cdot g = (0,5/0,0345) \cdot 90 \cdot 9,8 = \underline{12782,61 \text{ N}}$$

CASO 1: Fuerza aplicada en el suelo del embalaje

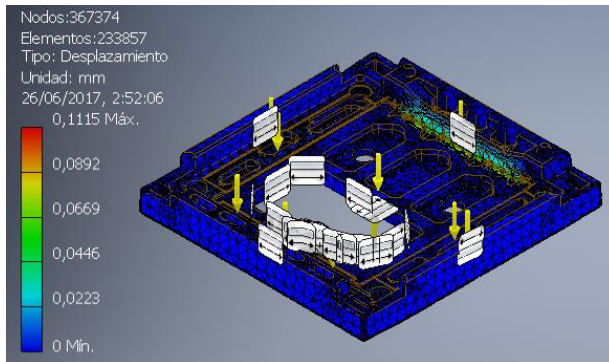
Nodos: 367374

Elementos: 233857



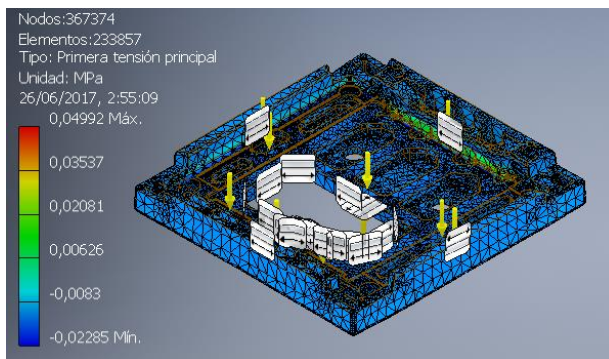
Tensión de Von Mises:
0,04513 MPa

Fig 88. Tensión de Von Mises 9



Desplazamiento máximo:
0,1115 mm

Fig 89. Desplazamientos 9



Primera tensión principal:
0,04992 MPa

Fig 90. Primera tensión principal 9

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

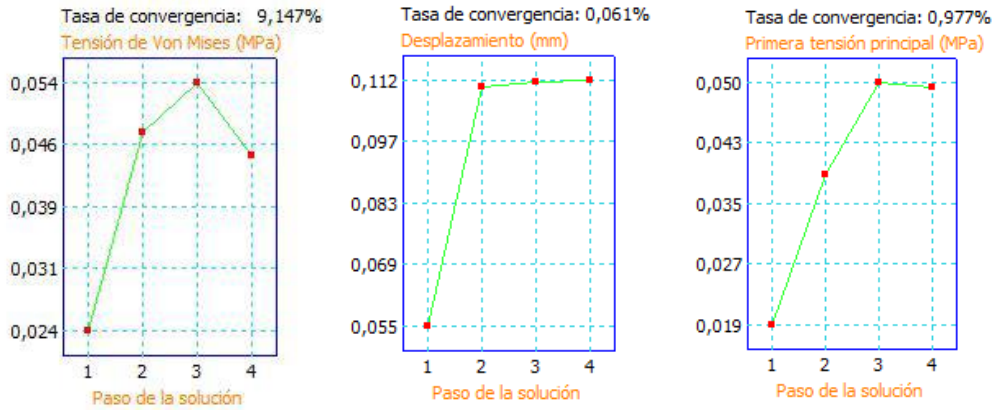
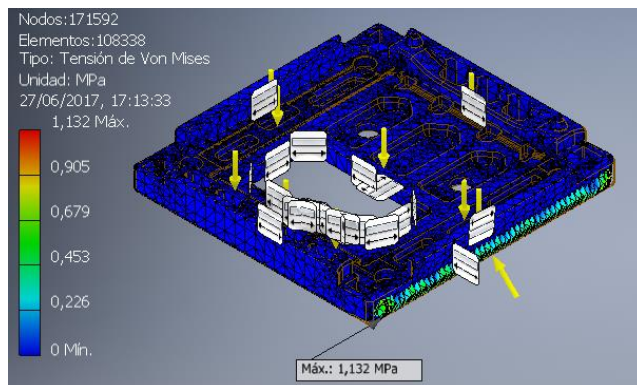


Fig 91. Tablas de convergencia 9

CASO 2: Fuerza aplicada en la arista 1 del embalaje

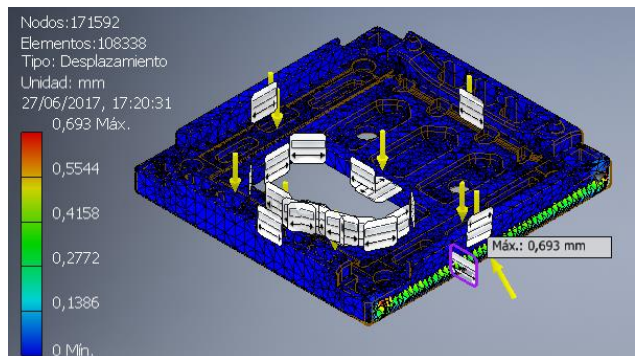
Nodos: 171592

Elementos: 108338



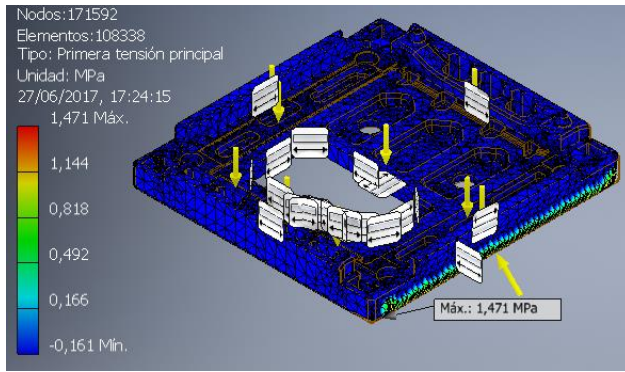
Tensión de Von Mises: 1,132 MPa

Fig 92. Tensión de Von Mises 10



Desplazamiento máximo: 0,693 mm

Fig 93. Desplazamientos 10



Primera tensión principal:
1,471 MPa

Fig 94. Primera tensión principal 10

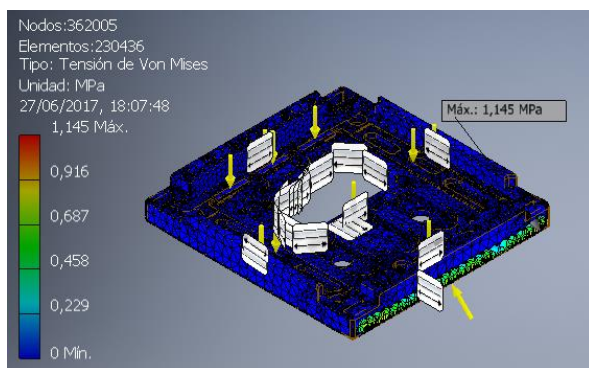


Fig 95. Tablas de convergencia 10

CASO 3: Fuerza aplicada en la arista 2 del embalaje

Nodos: 362005

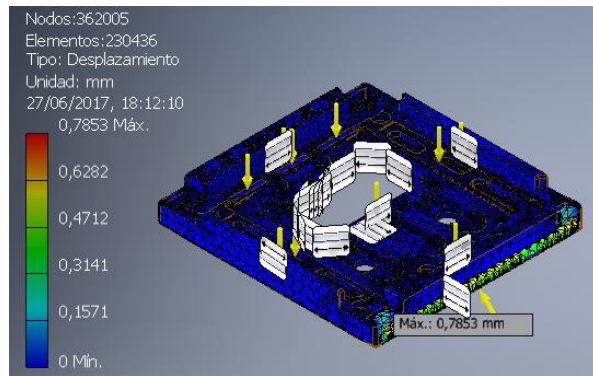
Elementos: 230436



Tensión de Von Mises: **1,145 MPa**

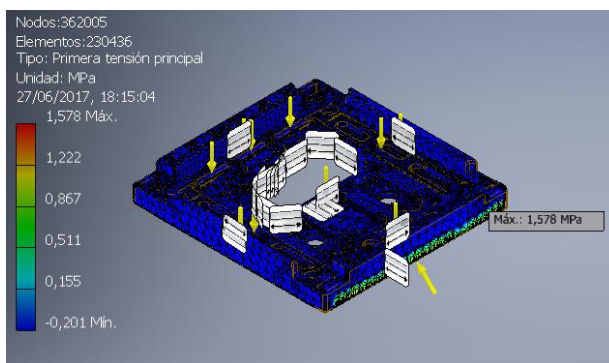
Fig 96. Tensión de Von Mises 11

3. APLICACIÓN PRÁCTICA



Desplazamiento máximo:
0,7853 mm

Fig 97. Desplazamientos 11



Primera tensión principal:
1,578 MPa

Fig 98. Primera tensión principal 11

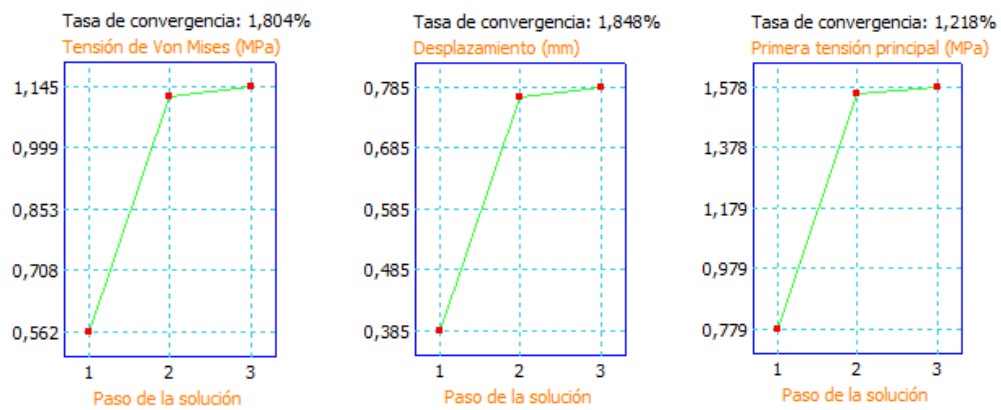
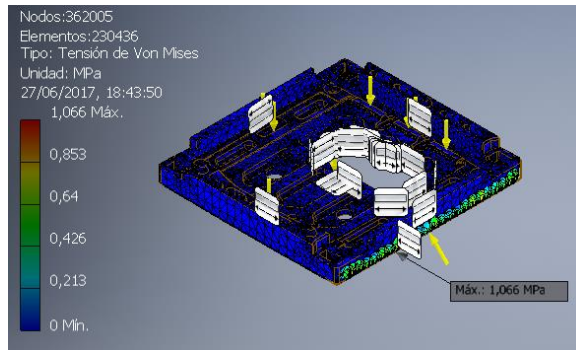


Fig 99. Tablas de convergencia 11

CASO 4: Fuerza aplicada en la arista 3 del embalaje

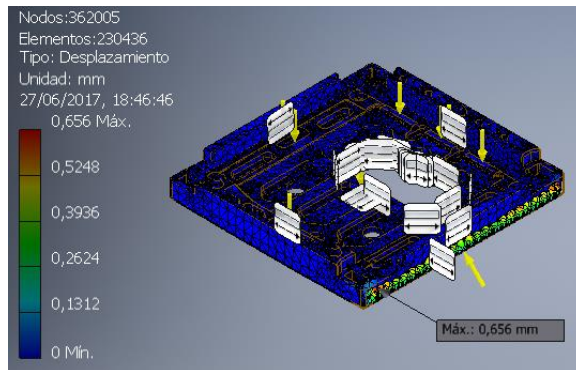
Nodos: 362005

Elementos: 230436



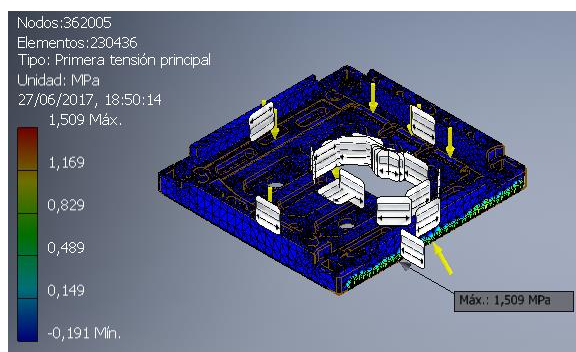
Tensión de Von Mises: 1,066 MPa

Fig 100. Tensión de Von Mises 12



Desplazamiento máximo: 0,656 mm

Fig 101. Desplazamientos 12



Primera tensión principal: 1,509 MPa

Fig 102. Primera tensión principal 12

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

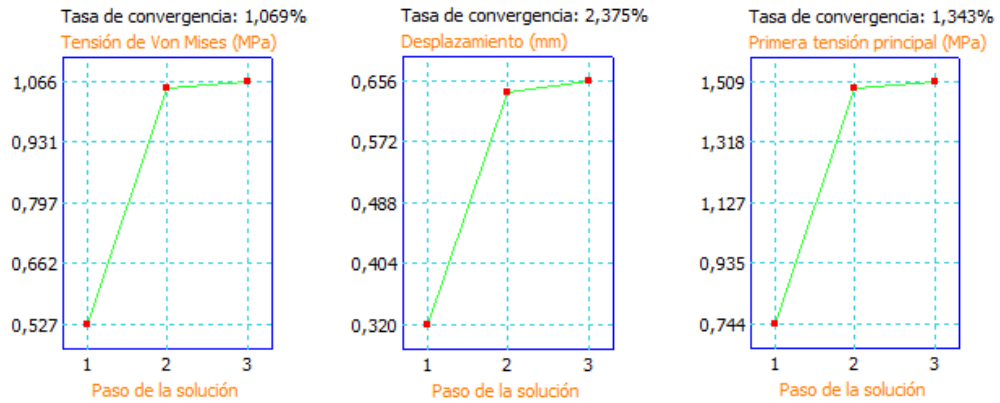
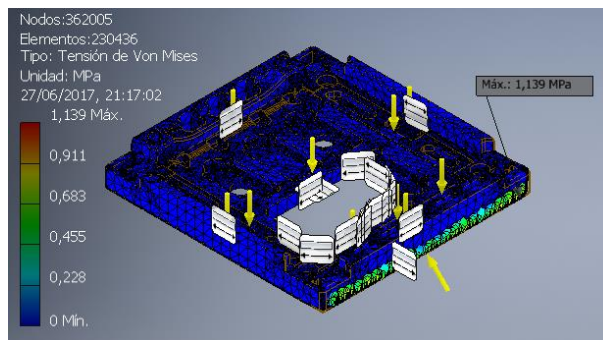


Fig 103. Tablas de convergencia 12

CASO 5: Fuerza aplicada en la arista 4 del embalaje

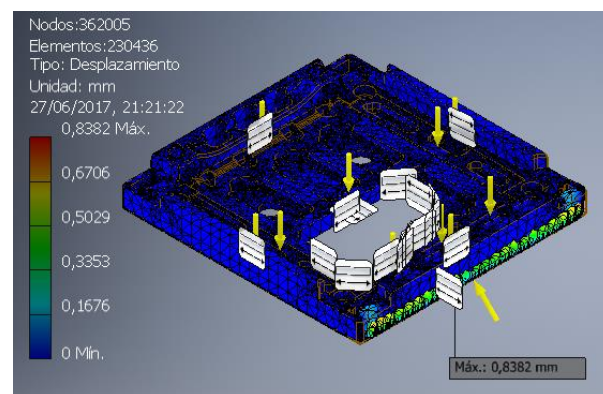
Nodos: 362005

Elementos: 230436



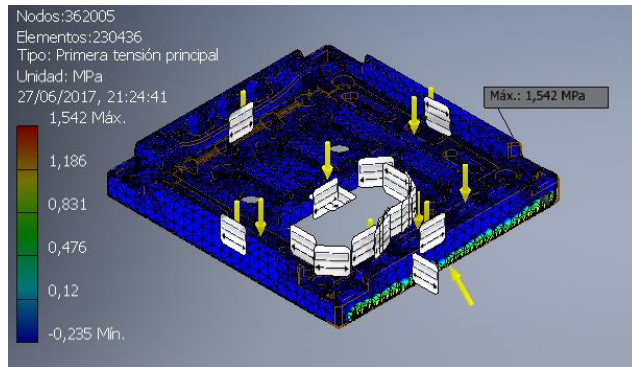
Tensión de Von Mises: 1,139 MPa

Fig 104. Tensión de Von Mises 13



Desplazamiento máximo: 0,8382 mm

Fig 105. Desplazamientos 13



Primera tensión principal:
1,542 MPa

Fig 106. Primera tensión principal 13

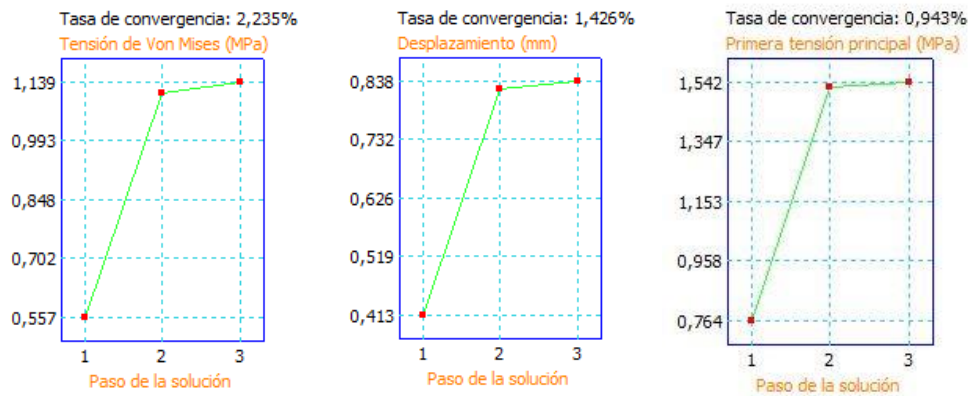


Fig 107. Tablas de convergencia 13

ANÁLISIS DINÁMICO DE EMBALAJE DE LAVADORA SIN FONDO

Material: EPS

Conductividad térmica: 3,5E-1 con (m·K)

Calor específico: 1,21 J/kgk

Coefficiente de dilatación térmica: 70 $\mu\text{m}/(\text{m}\cdot^{\circ}\text{C})$

Módulo de Young: 0,007 GPa

Coefficiente de Poisson: 0,35

Módulo cortante: 0,17 MPa

Densidad: 0,025 g/cm^3

Resistencia a la tracción: 0,35 MPa

Límite de elasticidad: 0,39 MPa

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

Restricciones:

- Cara inferior sin fricción en los 5 casos de simulación. En los casos de aplicación de fuerza en las aristas, se aplica a estas también la restricción de sin fricción.
- Desplazamiento sólo en dirección vertical de las caras interiores del agujero del postizo. (Restricción de sin fricción).
- Desplazamiento sólo en dirección vertical de las caras interiores de la zona exterior del embalaje.

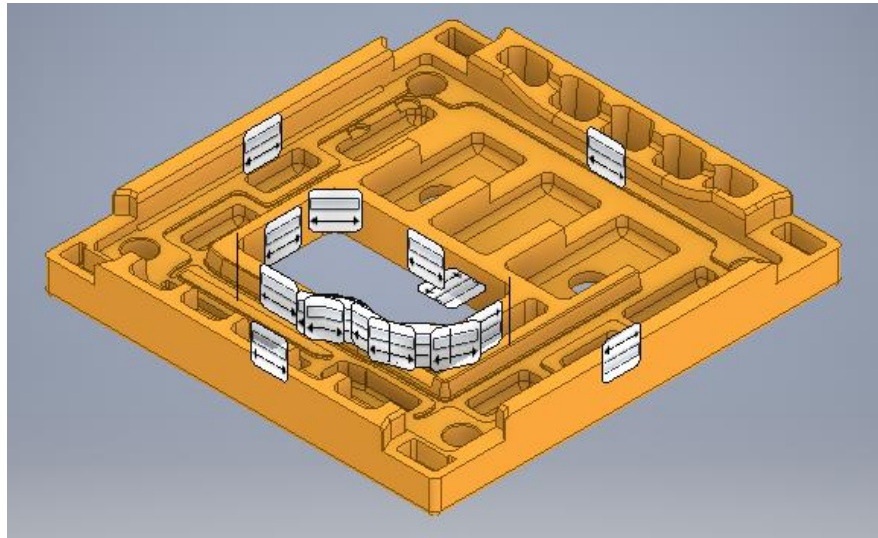


Fig 108. Restricciones de movimiento en el embalaje de lavadora sin fondo análisis dinámico

Cargas:

>Se aplica en la zona de apoyos de la lavadora el peso de una de ellas. El peso de este modelo es de 90 kg. La distribución de fuerzas será la misma que en el caso de los análisis estáticos.

$$80\text{kg} = 80 \cdot 9,8 = 784 \text{ N}$$

684 N en la superficie grande

184 N en la superficie pequeña

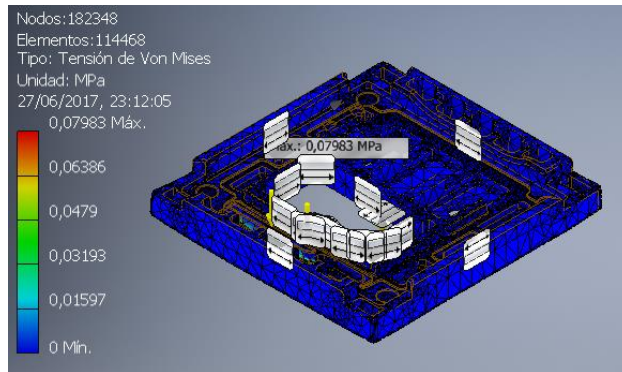
> En cada uno de los 5 casos expuestos anteriormente se aplica una fuerza de la siguiente magnitud:

$$F_{\text{impacto}} = (h / d) \cdot m \cdot g = (0,5/0,0345) \cdot 80 \cdot 9,8 = \underline{\underline{11362,32 \text{ N}}}$$

CASO 1: Fuerza aplicada en el suelo del embalaje

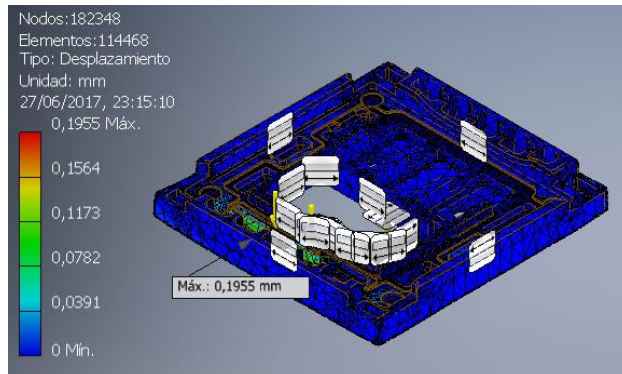
Nodos: 182348

Elementos: 114468



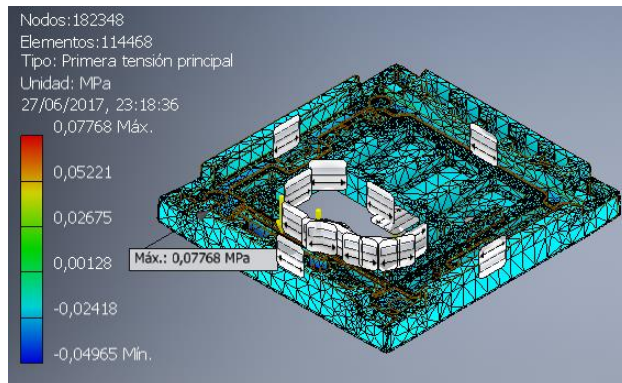
Tensión de Von Mises:
0,07983 MPa

Fig 109. Tensión de Von Mises 14



Desplazamiento máximo:
0,1995 mm

Fig 110. Desplazamientos 14



Primera tensión principal:
0,07768 MPa

Fig 111. Primera tensión principal 14

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

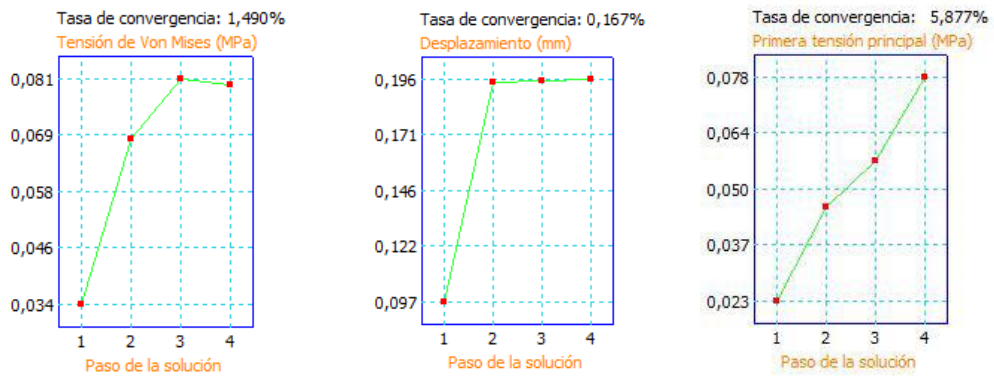
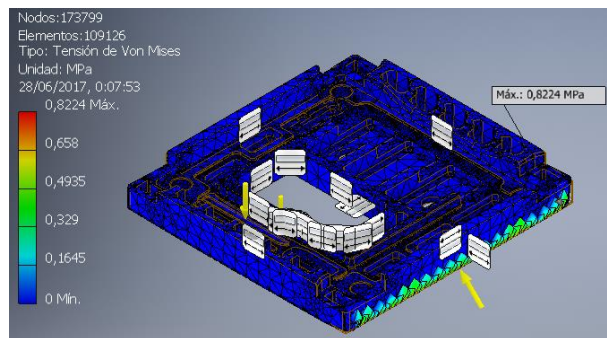


Fig 112. Tablas de convergencia 14

CASO 2: Fuerza aplicada en la arista 1 del embalaje

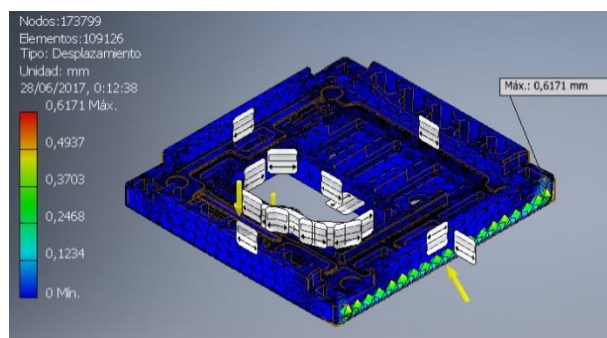
Nodos: 173799

Elementos: 109126



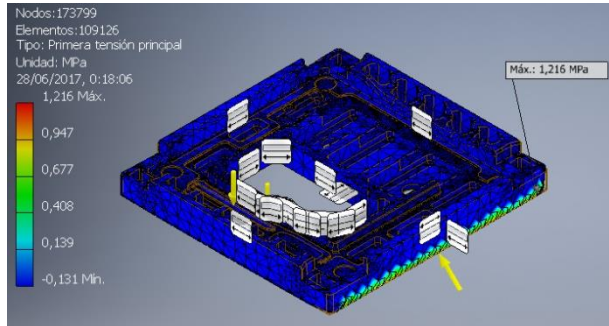
Tensión de Von Mises: 0,8224 MPa

Fig 113. Tensión de Von Mises 15



Desplazamiento máximo: 0,6171 mm

Fig 114. Desplazamientos 15



Primera tensión principal:
1,216 MPa

Fig 115. Primera tensión principal 15

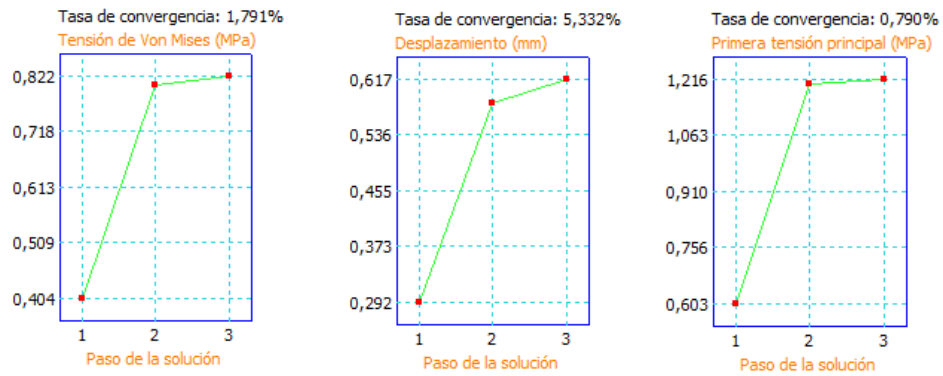
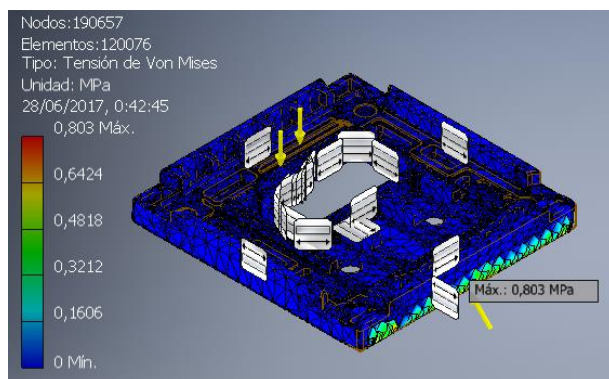


Fig 116. Tablas de convergencia 15

CASO 3: Fuerza aplicada en la arista 2 del embalaje

Nodos: 367374

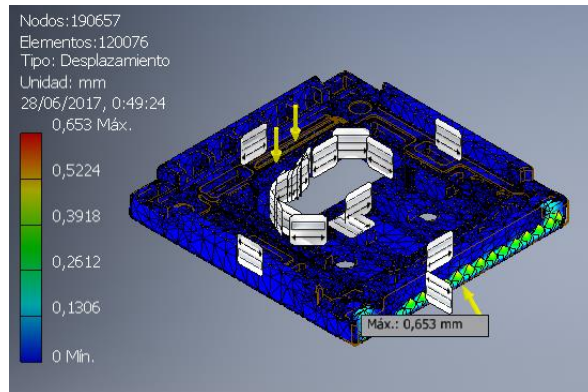
Elementos: 233857



Tensión de Von Mises: **0,803 MPa**

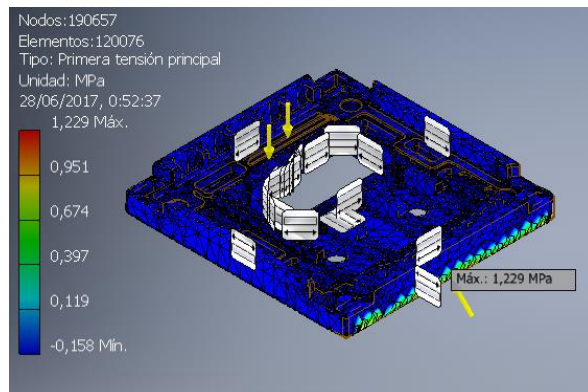
Fig 117. Tensión de Von Mises 16

3. APLICACIÓN PRÁCTICA



Desplazamiento máximo: 0,653 mm

Fig 118. Desplazamientos 16



Primera tensión principal: 1,229 MPa

Fig 119. Primera tensión principal 16

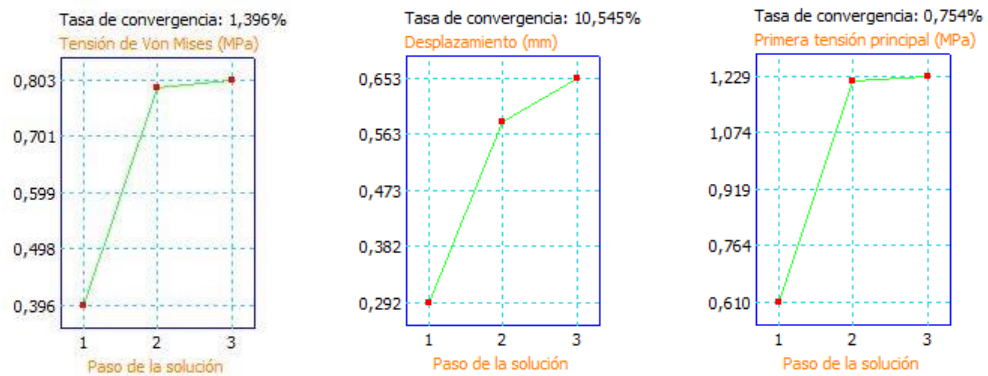
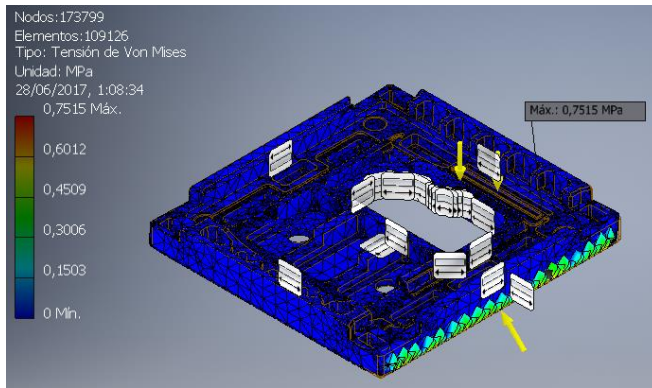


Fig 120. Tablas de convergencia 16

CASO 4: Fuerza aplicada en la arista 3 del embalaje

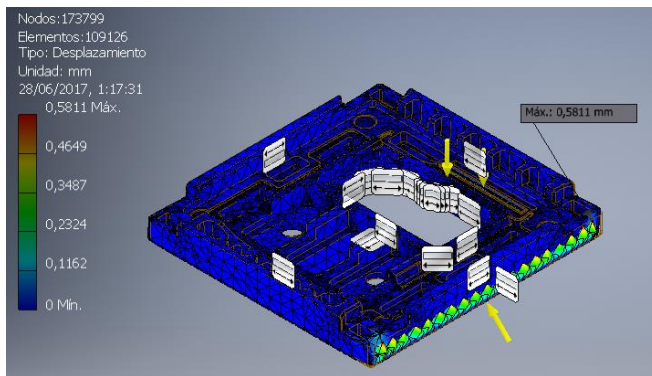
Nodos: 173799

Elementos: 109126



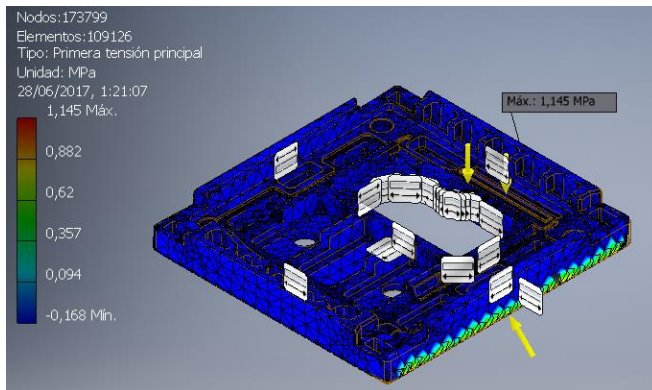
Tensión de Von Mises:
 0,7515 MPa

Fig 121. Tensión de Von Mises 17



Desplazamiento máximo:
 0,5811 mm

Fig 122. Desplazamientos 17



Primera tensión principal:
 1,145 MPa

Fig 123. Primera tensión principal 17

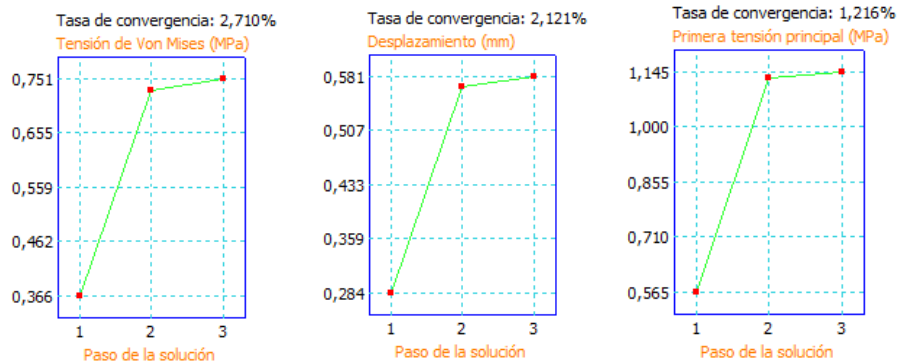


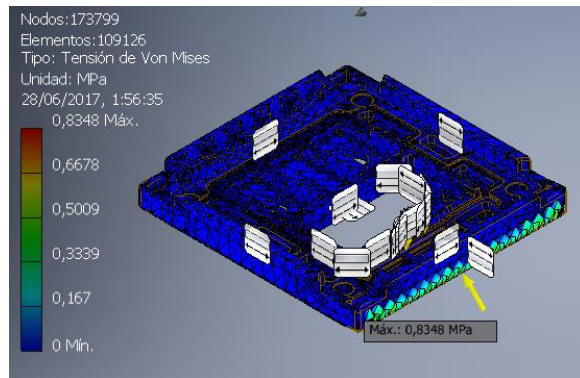
Fig 124. Tablas de convergencia 17

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

CASO 5: Fuerza aplicada en la arista 4 del embalaje

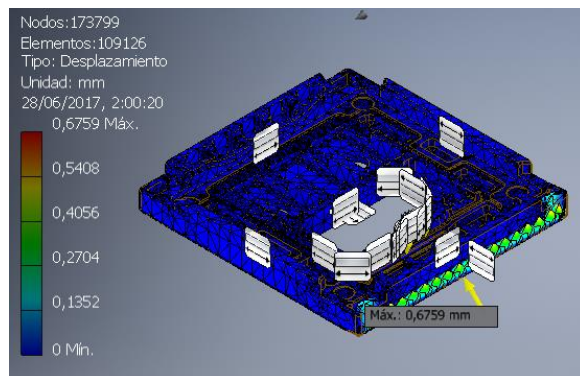
Nodos: 173799

Elementos: 109126



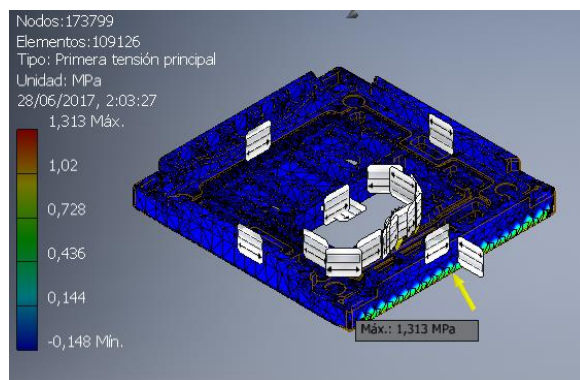
Tensión de Von Mises: 0,8348 MPa

Fig 125. Tensión de Von Mises 18



Desplazamiento máximo: 0,6759 mm

Fig 126. Desplazamientos 18



Primera tensión principal: 1,313 MPa

Fig 127. Primera tensión principal 18

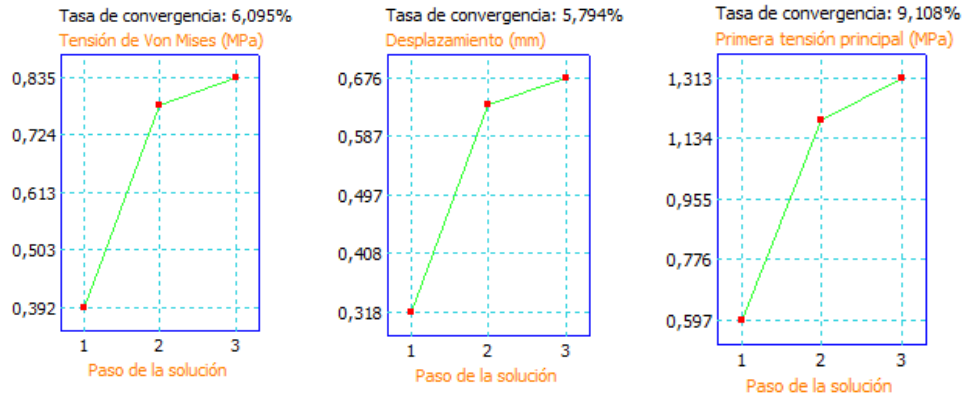


Fig 128. Tablas de convergencia 18

ANÁLISIS DINÁMICO DE EMBALAJE DISEÑADO

Material: EPS

Conductividad térmica: 3,5E-1 con (m·K)

Calor específico: 1,21 J/kg·k

Coeficiente de dilatación térmica: 70 $\mu\text{m}/(\text{m}\cdot^{\circ}\text{C})$

Módulo de Young: 0,007 GPa

Coef. Poisson: 0,35

Módulo cortante: 0,17 MPa

Densidad: 0,025 g/cm^3

Resistencia a la tracción: 0,35 MPa

Límite de elasticidad: 0,39 MPa

Restricciones:

- Cara inferior sin fricción en los 5 casos de simulación. En los casos de aplicación de fuerza en las aristas, se aplica a estas también la restricción de sin fricción.
- Desplazamiento sólo en dirección vertical de las caras interiores del agujero del postizo. (Restricción de sin fricción).
- Desplazamiento sólo en dirección vertical de las caras interiores de la zona exterior del embalaje.

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

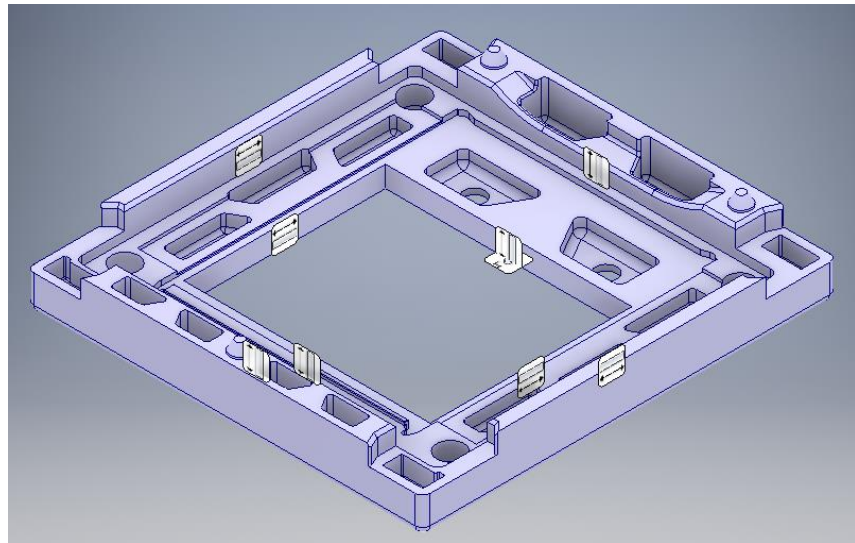


Fig 129. Restricciones de movimiento en el embalaje diseñado análisis dinámico

Cargas:

>Se aplica en la zona de apoyos de la lavadora el peso de una de ellas. En el caso el nuevo embalaje el peso que debe soportar es el máximo, es decir, el de las lavadoras de 90 kg. La distribución de fuerzas será la misma que en el caso de los análisis estáticos.

$$90\text{kg} = 90 \cdot 9,8 = 882 \text{ N}$$

En este embalaje hay una superficie central de apoyo y zonas de apoyo exteriores.

1/3 del peso total de la lavadora se aplica en la superficie central:

$$1/3 \cdot 882 = \underline{294 \text{ N}}$$

Los 2/3 restantes se aplican en las superficies exteriores:

$$882 - 294 = 588 \text{ N}$$

$$588/2 = \underline{294 \text{ N}}$$
 en la superficie exterior grande

Los 294 N restantes se aplican en las superficies laterales de apoyo y en el posicionador de delante:

- 2/3 en los laterales:

$$294 \cdot (2/3) = 196 \text{ N}$$

$$196/2 = \underline{98 \text{ N}}$$
 en cada una de las dos superficies

- 1/3 en el posicionador:

$$294 - 196 = \underline{98 \text{ N}}$$

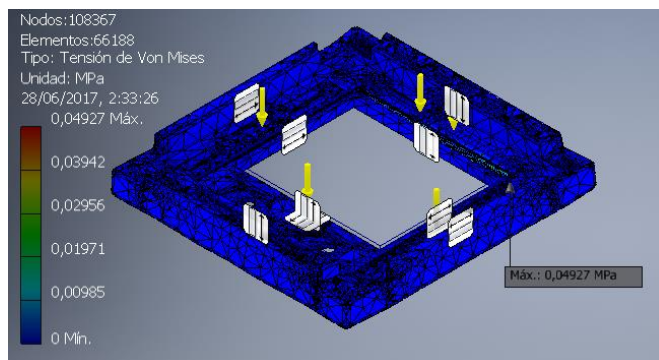
> En cada uno de los 5 casos expuestos anteriormente se aplica una fuerza de la siguiente magnitud:

$$F_{\text{impacto}} = (h / d) \cdot m \cdot g = (0,5/0,0345) \cdot 90 \cdot 9,8 = \underline{12782,61 \text{ N}}$$

CASO 1: Fuerza aplicada en el suelo del embalaje

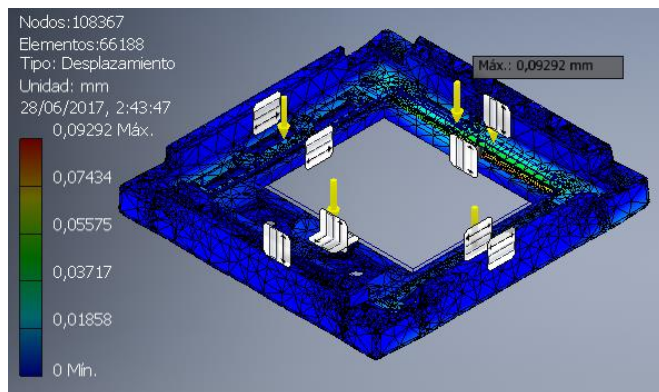
Nodos: 108367

Elementos: 66188



Tensión de Von Mises:
0,04927 MPa

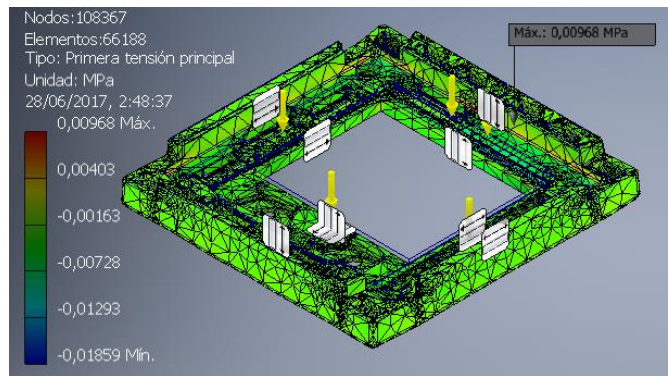
Fig 130. Tensión de Von Mises 19



Desplazamiento máximo:
0,09292 mm

Fig 131. Desplazamientos 19

3. APLICACIÓN PRÁCTICA



Primera tensión principal:
0,00968 MPa

Fig 132. Primera tensión principal 19

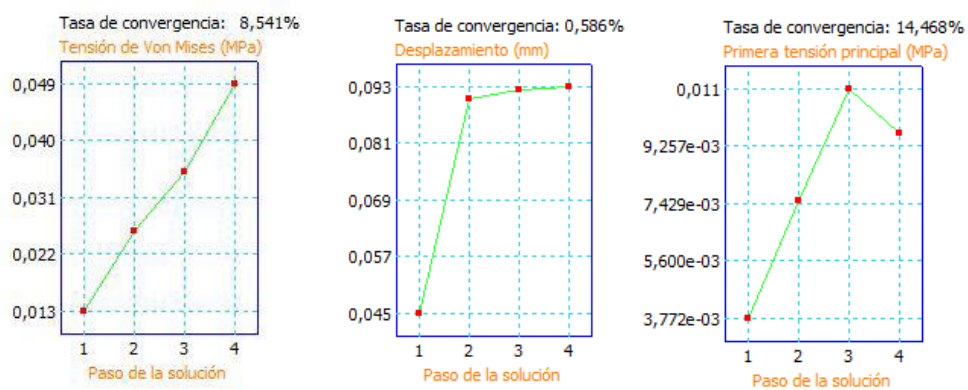
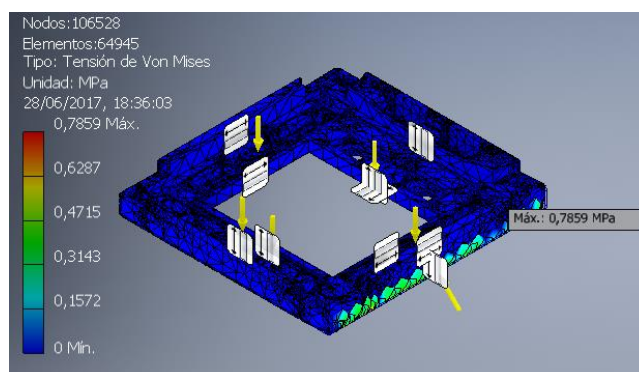


Fig 133. Tablas de convergencia 19

CASO 2: Fuerza aplicada en la arista 1 del embalaje

Nodos: 106528

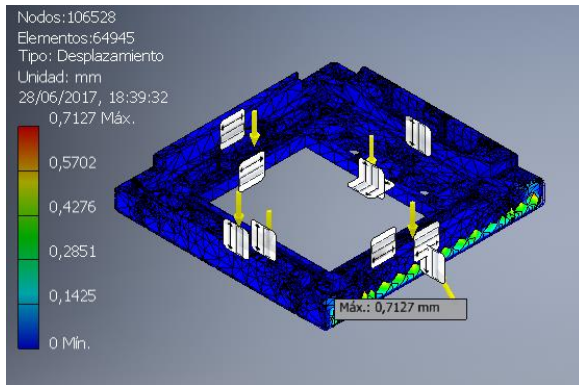
Elementos: 64945



Tensión de Von Mises:
0,7859 MPa

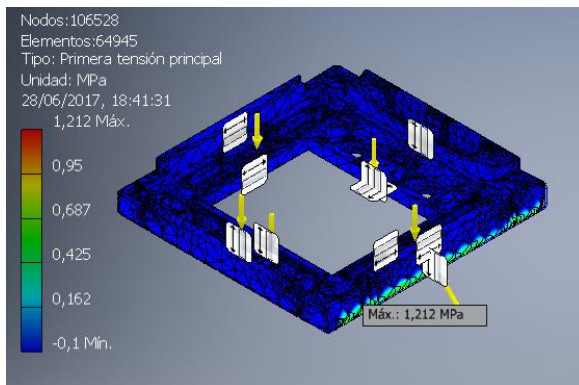
Fig 134. Tensión de Von Mises 20

3. APLICACIÓN PRÁCTICA



Desplazamiento máximo: 0,7127 mm

Fig 135. Desplazamientos 20



Primera tensión principal: 1,212 MPa

Fig 136. Primera tensión principal 20

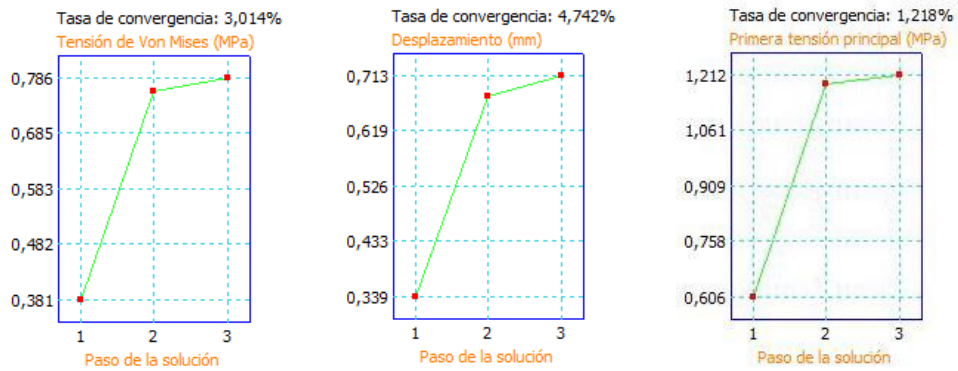


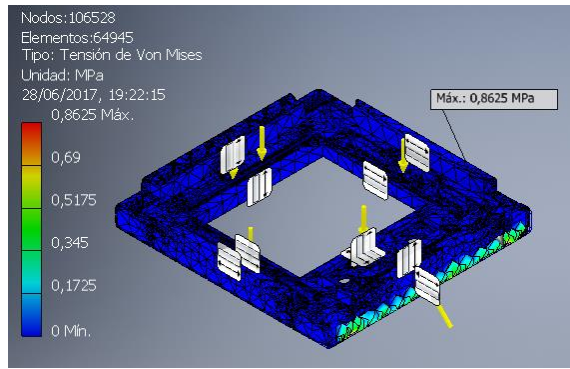
Fig 137. Tablas de convergencia 20

CASO 3: Fuerza aplicada en la arista 2 del embalaje

Nodos: 106528

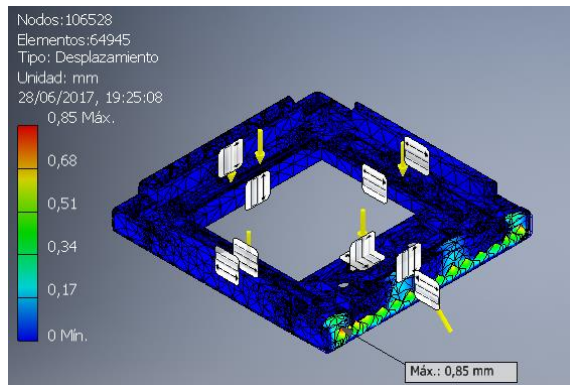
Elementos: 64945

3. APLICACIÓN PRÁCTICA



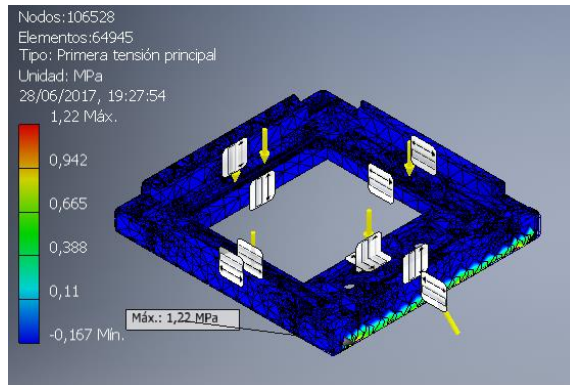
Tensión de Von Mises: 0,8625 MPa

Fig 138. Tensión de Von Mises 21



Desplazamiento máximo: 0,85 mm

Fig 139. Desplazamientos 21



Primera tensión principal: 1,22 MPa

Fig 140. Primera tensión principal 21

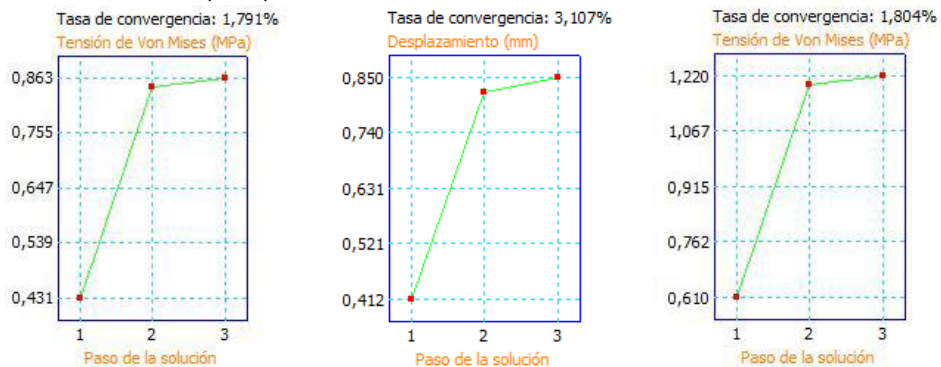
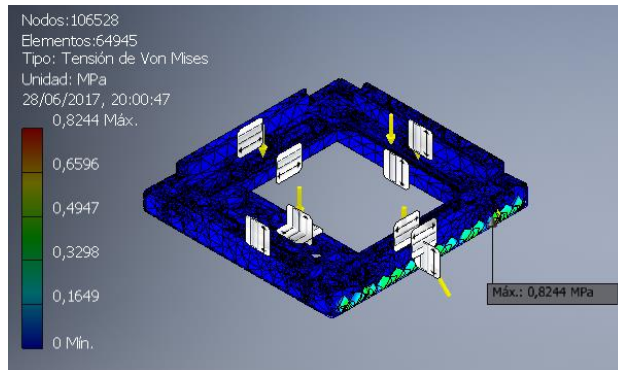


Fig 141. Tablas de convergencia 21

CASO 4: Fuerza aplicada en la arista 3 del embalaje

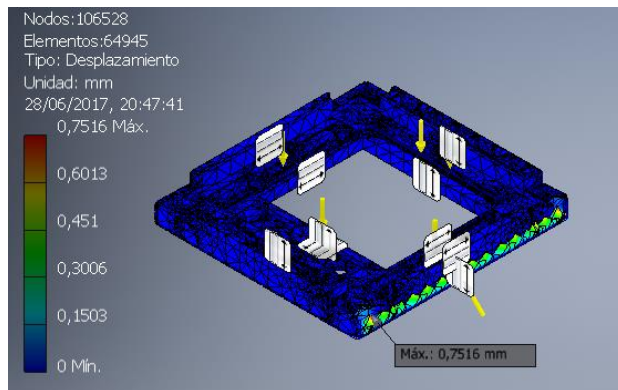
Nodos: 106528

Elementos: 64945



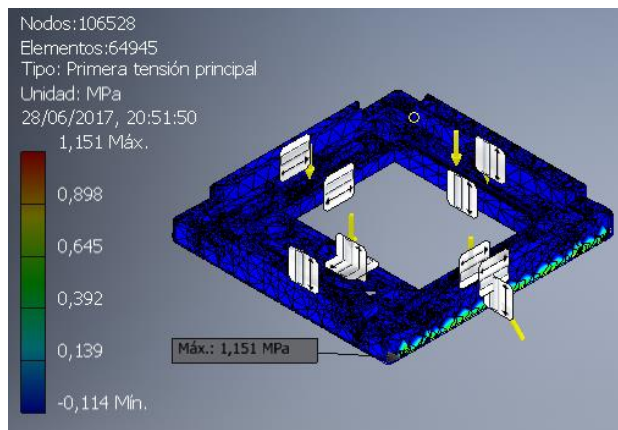
Tensión de Von Mises: 0,8244 MPa

Fig 142. Tensión de Von Mises 22



Desplazamiento máximo: 0,7516 mm

Fig 143. Desplazamientos 22



Primera tensión principal: 1,151 MPa

Fig 144. Primera tensión principal 22

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

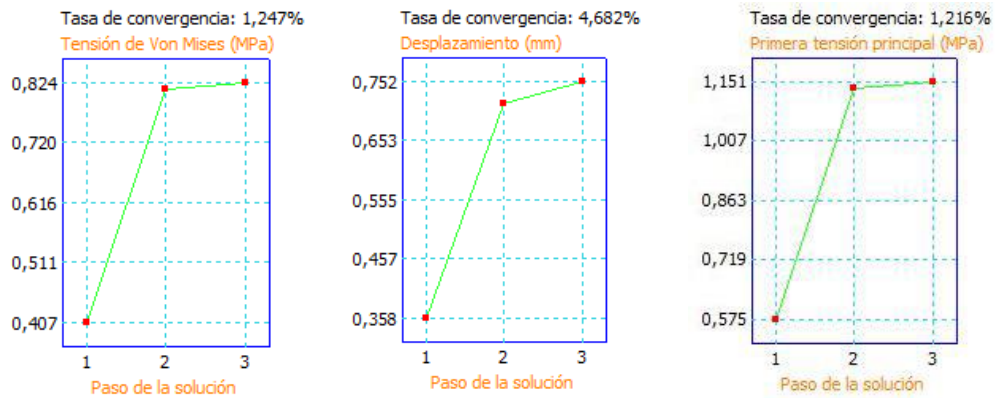
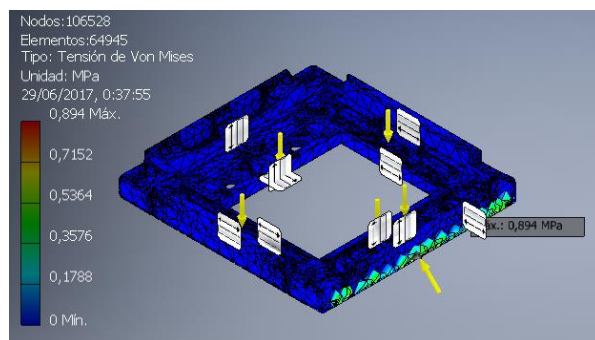


Fig 145. Tablas de convergencia 22

CASO 5: Fuerza aplicada en la arista 4 del embalaje

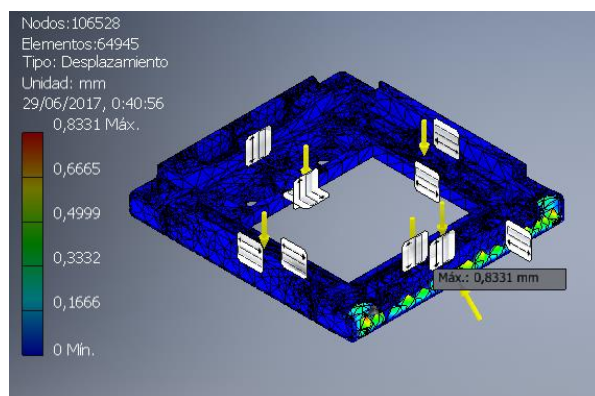
Nodos: 106528

Elementos: 64945



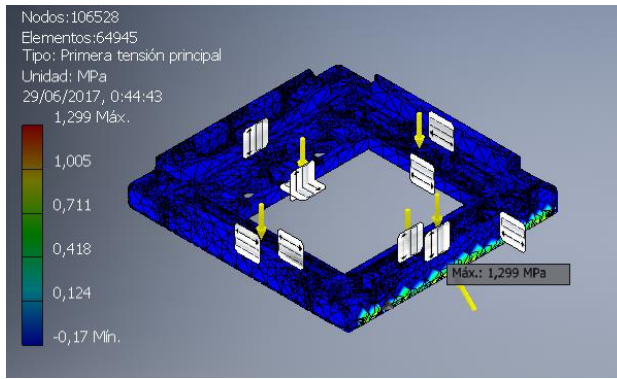
Tensión de Von Mises: 0,894 MPa

Fig 146. Tensión de Von Mises 23



Desplazamiento máximo: 0,8331 mm

Fig 147. Desplazamientos 23



Primera tensión principal:
1,299 MPa

Fig 148. Primera tensión principal 23

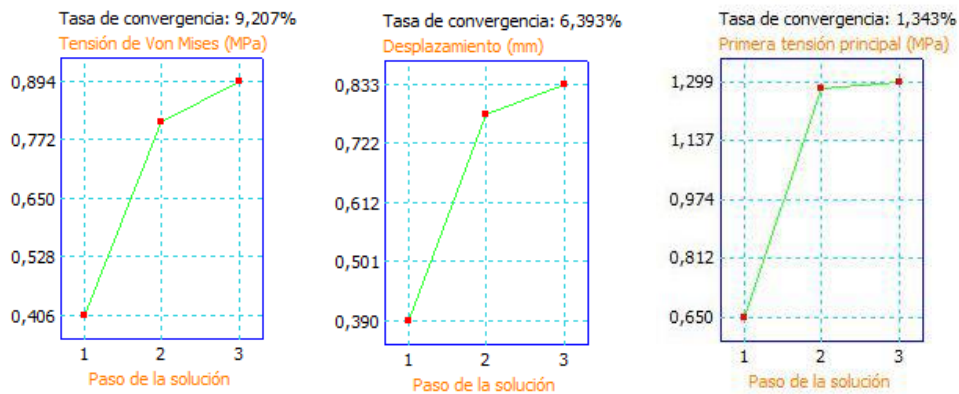


Fig 149. Tablas de convergencia 23

3.3.4. CONCLUSIONES DE LOS ANÁLISIS

Una vez obtenidos resultados válidos en los análisis de tensiones, se van a presentar una serie de tablas con los mismos, para de esta forma determinar si el nuevo diseño de embalaje es válido como propuesta.

CONCLUSIONES DE LOS ANÁLISIS ESTÁTICOS

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos en los análisis estáticos de los tres embalajes:

	Tensión de Von Mises	Desplazamiento máx	1ª Tensión principal
Embalaje de lavadora sin base	1,286 MPa	1,264 mm	0,8709 MPa
Embalaje de lavadora con base	0,1353 MPa	0,2312 mm	0,1507 MPa
Embalaje diseñado	0,7527 MPa	1,597 mm	0,4449 MPa

Tabla 2. Resultados obtenidos en los análisis estáticos de los embalajes

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

Tal y como se ha comentado en las observaciones particulares, los 5 embalajes apilados no tienen riesgo de volcar en ninguno de los 3 casos.

Se puede concluir que ninguno de los dos embalajes existentes plastifica, ya que, tal y como se ha explicado en el apartado 3.3.2, al comparar la tensión de Von Mises con el módulo de Young del EPS, ninguno de los embalajes tiene un valor de tensión mayor que el módulo (el módulo de Young es de 7 MPa). Lo mismo ocurre con el embalaje diseñado, y esto lleva a dar un paso más adelante para que la propuesta pueda ser aceptada.

Por último, se observa que los valores de la tensión de Von Mises y de la primera tensión principal del embalaje diseñado están entre los valores resultantes de los embalajes ya existentes, lo cual es aceptable. El valor del desplazamiento del embalaje diseñado es aproximadamente 0,3 mm mayor que el valor de desplazamiento máximo más grande de los dos embalajes existentes, pero esto no supone un problema, ya que este resultado puede ser debido a que en los análisis, la superficie de aplicación de fuerzas en el nuevo embalaje es menor que la superficie de aplicación en las otras dos piezas.

CONCLUSIONES DE LOS ANÁLISIS DINÁMICOS

En las siguientes tablas se muestran los resultados obtenidos en los análisis dinámicos de los tres embalajes:

EMBALAJE CON FONDO	Tensión de Von Mises	Desplazamiento máx	1ª Tensión principal
Caso 1	0,04513 MPa	0,1115 mm	0,04992 MPa
Caso 2	1,132 MPa	0,693 mm	1,471 MPa
Caso 3	1,145 MPa	0,7853 mm	1,578 MPa
Caso 4	1,066 MPa	0,656 mm	1,509 MPa
Caso 5	1,139 MPa	0,8382 mm	1,542 MPa

Tabla 3. Resultados obtenidos en los análisis dinámicos del embalaje de lavadora con fondo

EMBALAJE SIN FONDO	Tensión de Von Mises	Desplazamiento máx	1ª Tensión principal
Caso 1	0,07983 MPa	0,1995 mm	0,07768 MPa
Caso 2	0,8224 MPa	0,6171 mm	1,216 MPa
Caso 3	0,803 MPa	0,653 mm	1,229 MPa
Caso 4	0,7515 MPa	0,5811 mm	1,145 MPa
Caso 5	0,8348 MPa	0,6759 mm	1,313 MPa

Tabla 4. Resultados obtenidos en los análisis dinámicos del embalaje de lavadora sin fondo

EMBALAJE DISEÑADO	Tensión de Von Mises	Desplazamiento máx	1ª Tensión principal
Caso 1	0,04927 MPa	0,09292 mm	0,00968 MPa
Caso 2	0,7859 MPa	0,7127 mm	1,212 MPa
Caso 3	0,8625 MPa	0,85 mm	1,22 MPa
Caso 4	0,8244 MPa	0,7516 mm	1,151 MPa
Caso 5	0,894 MPa	0,8331 mm	1,299 MPa

Tabla 5. Resultados obtenidos en los análisis dinámicos del embalaje diseñado

Los porcentajes de las tablas de convergencia de los análisis dinámicos son lo suficientemente bajos como para considerar los resultados obtenidos como válidos.

Se puede observar como en ninguno de los 3 casos el material sufre deformaciones permanentes debidas al impacto, es decir, no plastifica. Esto se concluye porque ninguna de las tensiones de Von Mises de las tablas supera el módulo de Young del EPS (7 MPa). Por tanto, el embalaje diseñado es aceptable en este aspecto.

En el caso de los análisis dinámicos, se puede ver que los resultados obtenidos para el embalaje diseñado son semejantes a los de los embalajes existentes, por lo tanto en el caso de impacto desde una altura de 0,5 m, el nuevo embalaje cumple con las características mecánicas necesarias para su correcto funcionamiento.

Como conclusión global de las simulaciones, la nueva propuesta de embalaje puede funcionar correctamente cuando se somete a las tensiones habituales, y por lo tanto puede sustituir a los dos embalajes ya existentes para embalar tanto el modelo de lavadora con fondo como el modelo de lavadora sin fondo.

3.4. DISEÑO DEFINITIVO

Para terminar con este capítulo, se van a presentar a continuación una serie de imágenes en las que se puede ver la propuesta definitiva de embalaje junto con los dos postizos incorporados. De esta manera, se muestra de una forma muy visual el embalaje diseñado completo y las dos opciones que presenta esta nueva propuesta.

OPCIÓN DE EMBALAJE PARA MODELO DE LAVADORA CON FONDO

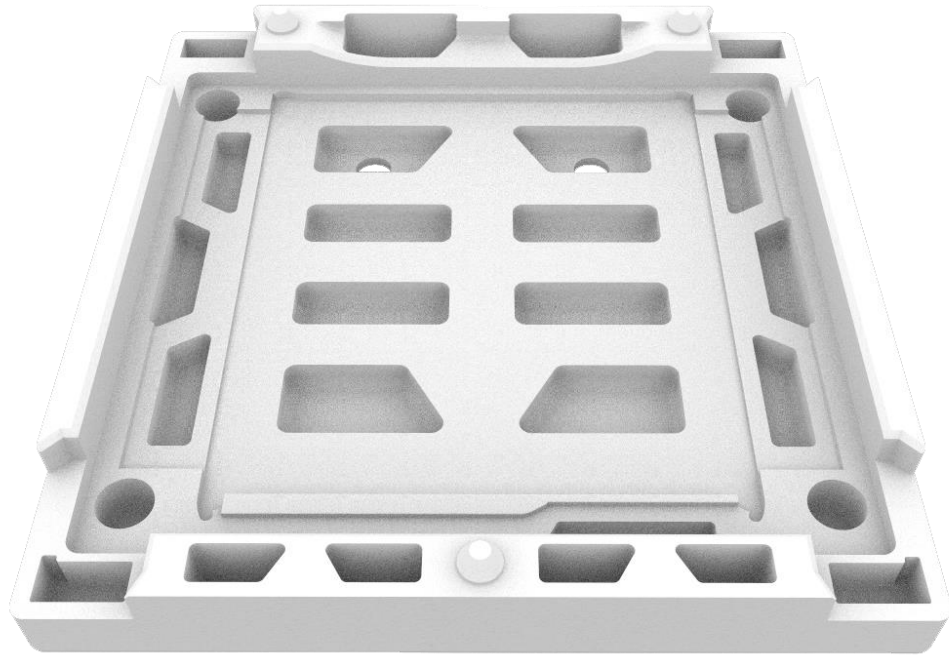


Fig 150. Embalaje diseñado para modelo de lavadora con fondo 1

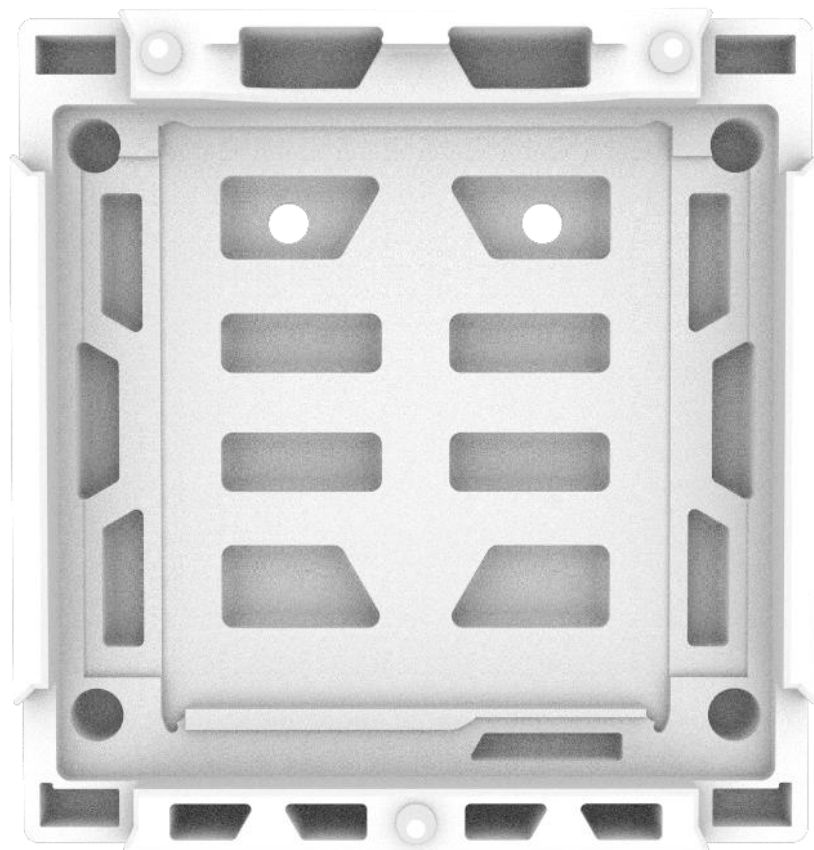


Fig 151. Embalaje diseñado para modelo de lavadora con fondo 2

OPCIÓN DE EMBALAJE PARA MODELO DE LAVADORA SIN FONDO

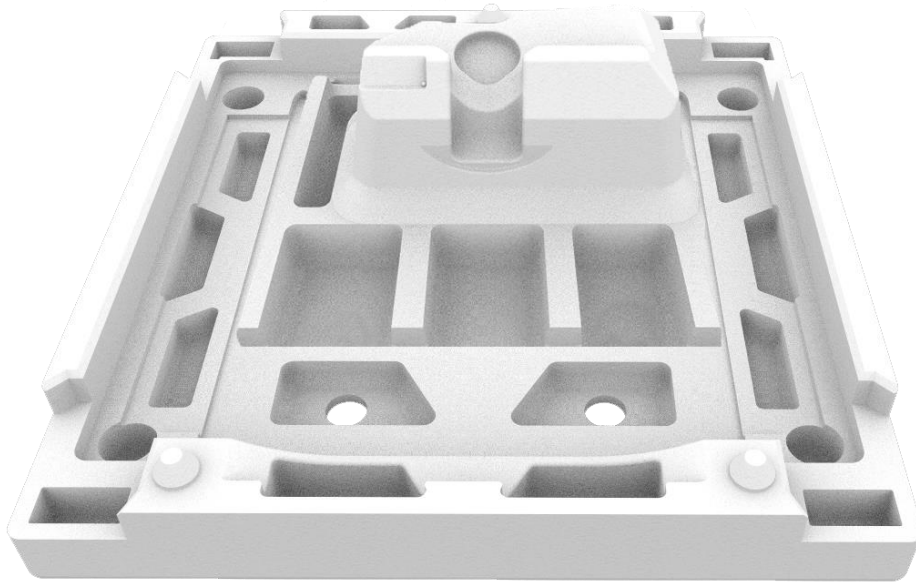


Fig 152. Embalaje diseñado para modelo de lavadora sin fondo 1

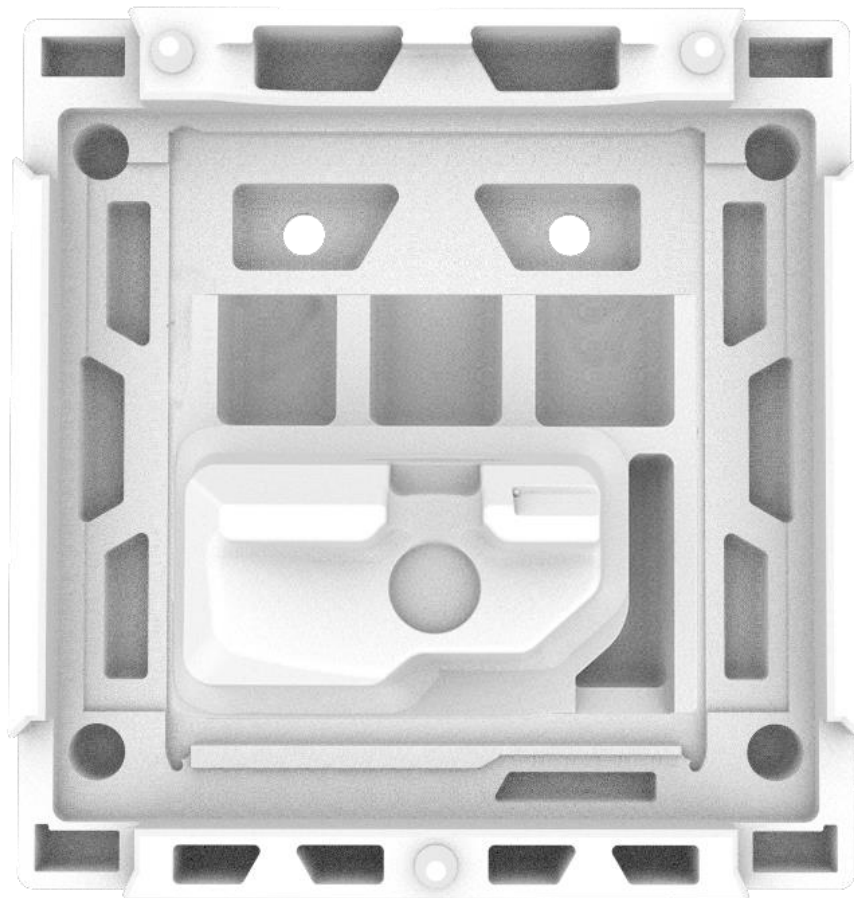


Fig 153. Embalaje diseñado para modelo de lavadora sin fondo 2

CAPÍTULO 4

Análisis de costes

4.1. Coste de los dos embalajes existentes.....	115
4.1.1. Coste de fabricación.....	115
4.1.2. Costes generales.....	117
4.1.3. Coste total.....	117
4.1.4. Precio unitario.....	117
4.2. Coste del nuevo embalaje.....	117
4.2.1. Coste de fabricación.....	118
4.2.2. Costes generales.....	119
4.2.3. Coste total.....	119
4.2.4. Precio unitario.....	119

En este capítulo se va a llevar a cabo un análisis del coste que supone la fabricación de los dos embalajes existentes, para después hacer lo mismo con el embalaje diseñado. Gracias a esto se podrá ver cómo afecta al coste la sustitución de los embalajes viejos por el nuevo.

4.1. COSTE DE LOS DOS EMBALAJES EXISTENTES

En primer lugar se va a calcular el coste de los dos embalajes ya existentes. El coste total será el coste del número de piezas entre los dos modelos que se esperan fabricar en un determinado período de tiempo, y el coste unitario será el coste de cada pieza. Se asume que las piezas se fabrican en una misma máquina cambiando el molde.

En este caso, el coste se va a calcular para el número de piezas de embalaje que se producen en un turno de 8 horas diarias durante un año. Se supondrá que las dos piezas de embalaje gastan la misma cantidad de material y que el precio es el mismo. Dicho esto, una vez calculado el coste total se obtendrá el coste unitario por pieza.

Para calcular las piezas que se fabrican en un año, hay que tener en cuenta que se trabajan 222 días de 365, por tanto el número de turnos de trabajo será de 222 turnos. Cada uno de los turnos dura 8 horas, pero teniendo en cuenta los descansos se tendrán en cuenta 7 horas y 30 minutos de trabajo:

$$7h \text{ y } 30 \text{ mins} = 7 \cdot 3600 + 30 \cdot 60 = 27000 \text{ segundos en cada turno}$$

En 222 turnos por año:

$$27000 \cdot 222 = 5994000 \text{ segundos de trabajo en un año}$$

El tiempo de fabricación de una pieza es de 1 minuto (60 segundos):

$$5994000 / 60 = 99900 \text{ piezas por año}$$

4.1.1. COSTE DE FABRICACIÓN

El coste de fabricación de las piezas es la suma del coste de material, la mano de obra y la maquinaria.

MATERIAL

La cantidad de material que necesita cada pieza para su fabricación viene dada por:

$$\text{Cantidad de material} = \text{masa} + (\text{masa} \cdot 6)/100$$

4. ANÁLISIS DE COSTES

Masa	Cantidad de material	Coste materia prima	Total
1,3146 kg	1,3935 kg/pieza	1,5 €/kg	2,1 €/pieza

Tabla 6. Coste de materia prima

El coste de material por pieza es de 2,1 €.

Para fabricar 99900 piezas, el coste de material será:

$$99900 \cdot 2,0903 = 209790 \text{ €}$$

MANO DE OBRA

- Mano de obra directa (m.o.d.)

El operario trabaja 222 días al año, y cobra 8 € por cada hora de trabajo. Trabajando 8 horas al día, el salario diario será de 64 €. En un año:

$$64 \cdot 222 = 14208 \text{ € al año}$$

- Mano de obra indirecta (m.o.i.)

Se consideran los costes de mano de obra indirecta un 20% de m.o.d.

$$0,2 \cdot 14208 = 2841,60 \text{ € al año}$$

MAQUINARIA

Se da por supuesto que las máquinas para inyección ya se tienen, por tanto los costes de maquinaria son aquellos asociados al molde. Se considerará que no existe amortización.

Concepto	Precio/ud	Cantidad	Total
Molde	25000 €	2	50000 €
Fungibles neumáticos	850 €	1	850 €
Inyectores	150 €	24	3600 €

Tabla 7. Coste de maquinaria

El coste total de maquinaria es por lo tanto de **54450 €**.

COSTE TOTAL DE FABRICACIÓN

El coste de fabricación es:

$$C_{\text{fabricación}} = 209790 + 14208 + 2841,60 + 54450 = 281289,60 \text{ €}$$

4.1.2. COSTES GENERALES

Dentro de los costes generales se incluyen la energía, el mantenimiento de las instalaciones, los gastos generales de servicios, seguridad, seguros...etc. Suponen el 20% de la suma de los costes de mano de obra directa y de mano de obra indirecta:

$$\text{Costes generales} = 0,2 \cdot (14208 + 2841,60) = 3409,92 \text{ €}$$

4.1.3. COSTE TOTAL

El coste total de las piezas fabricadas en un año, es la suma de los costes de fabricación y los generales, asumiendo que no hay ningún beneficio económico empresarial declarable.

$$\text{Coste total} = 281289,60 + 3409,92 = 284699,52 \text{ €}$$

4.1.4. PRECIO UNITARIO

El precio unitario de cada pieza será el coste total de las piezas fabricadas en un año entre el número de piezas fabricadas en un año:

$$\text{Precio unitario} = 284699,52 / 99900 = \underline{2,85 \text{ €}} \text{ cada pieza}$$

4.2. COSTE DEL NUEVO EMBALAJE

El coste total del nuevo embalaje será el precio del número de piezas entre ambos modelos que se espera fabricar en un determinado período de tiempo, y el coste unitario será el coste de cada pieza. Se asume que las piezas se fabrican en una misma máquina cambiando el postizo del molde.

En este caso, el coste se va a calcular para el número de piezas de embalaje que se producen en un turno de 8 horas diarias durante un año. Se supondrá que las dos piezas de embalaje gastan la misma cantidad de material y que el precio es el mismo. Dicho esto, una vez calculado el coste total se obtendrá el coste unitario por pieza.

Al igual que en el caso anterior, para calcular las piezas que se fabrican en un año, hay que tener en cuenta que se trabajan 222 días de 365, por tanto el número de turnos de trabajo será de 222 turnos. Cada uno de los turnos dura 8 horas, pero teniendo en cuenta los descansos se tendrán en cuenta 7 horas y 30 minutos de trabajo:

$$7h \text{ y } 30 \text{ mins} = 7 \cdot 3600 + 30 \cdot 60 = 27000 \text{ segundos en cada turno}$$

4. ANÁLISIS DE COSTES

En 222 turnos por año:

$$27000 \cdot 222 = 5994000 \text{ segundos de trabajo en un año}$$

El tiempo de fabricación de una pieza es de 1 minuto (60 segundos):

$$5994000 / 60 = 99900 \text{ piezas por año}$$

4.1.1. COSTE DE FABRICACIÓN

El coste de fabricación de las piezas es la suma del coste de material, la mano de obra y la maquinaria.

MATERIAL

La cantidad de material que necesita cada pieza viene dado por:

$$\text{Cantidad de material} = \text{masa} + (\text{masa} \cdot 6)/100$$

Masa	Cantidad de material	Coste materia prima	Total
1,1904 kg	1,2618 kg/pieza	1,5 €/kg	1,89 €/pieza

Tabla 8. Coste de materia prima

El coste de material por pieza es de 1,89 €.

Para fabricar 99900 piezas, el coste de material será:

$$99900 \cdot 1,89 = \mathbf{188811 \text{ €}}$$

MANO DE OBRA

- Mano de obra directa (m.o.d.)

El operario trabaja 222 días al año, y cobra 8 € por cada hora de trabajo. Trabajando 8 horas al día, el salario diario será de 64 €. En un año:

$$64 \cdot 222 = \mathbf{14208 \text{ € al año}}$$

- Mano de obra indirecta (m.o.i.)

Se consideran los costes de mano de obra indirecta un 20% de m.o.d.

$$0,2 \cdot 14208 = \mathbf{2841,60 \text{ € al año}}$$

MAQUINARIA

Se da por supuesto que las máquinas para inyección ya se tienen, por tanto los costes de maquinaria son aquellos asociados al molde. Se considerará que no existe amortización.

Concepto	Precio/ud	Cantidad	Total
Molde	25000 €	1	25000 €
Postizo	6000 €	2	12000 €
Fungibles neumáticos	850 €	1	850 €
Inyectores	150 €	24	3600 €

Tabla 9. Coste de maquinaria

El coste total de maquinaria es por lo tanto de **41450 €**.

COSTE TOTAL DE FABRICACIÓN

El coste de fabricación es:

$$C_{\text{fabricación}} = 188811 + 14208 + 2841,6 + 41450 = 247310,60 \text{ €}$$

4.1.2. COSTES GENERALES

Dentro de los costes generales se incluyen la energía, el mantenimiento de las instalaciones, los gastos generales de servicios, seguridad, seguros...etc. Suponen el 20% de la suma de los costes de mano de obra directa y de mano de obra indirecta:

$$\text{Costes generales} = 0,2 \cdot (14208 + 2841,6) = 3409,92 \text{ €}$$

4.1.3. COSTE TOTAL

El coste total de las piezas fabricadas en un año, es la suma de los costes de fabricación y los generales, asumiendo que no hay ningún beneficio económico empresarial declarable.

$$\text{Coste total} = 247310,60 + 3409,92 = 250720,52 \text{ €}$$

4.1.4. PRECIO UNITARIO

El precio unitario de cada pieza será el coste total de las piezas fabricadas en un año entre el número de piezas fabricadas en un año:

$$\text{Precio unitario} = 250720,52 / 99900 = \underline{2,51 \text{ €}} \text{ por cada pieza}$$

4. ANÁLISIS DE COSTES

Tras realizar este análisis de costes, se comprueba que el nuevo embalaje reduce los costes en la siguiente cantidad:

$$2,85 - 2,51 = \underline{\underline{0,34 \text{ €}}}$$

CAPÍTULO 5

Estudio económico

5.1. Análisis temporal.....	125
5.2. Costes del personal.....	125
5.3. Costes de material amortizable.....	125
5.4. Costes de material no amortizable.....	127
5.5. Coste total del proyecto.....	127

En este capítulo se va a llevar a cabo un estudio económico de los costes que ha supuesto realizar este proyecto.

5.1. ANÁLISIS TEMPORAL

En la tabla que se muestra a continuación, se ha calculado el número de horas que se han empleado en la realización del proyecto, presentando cada actividad y el tiempo que ha llevado realizarla.

ACTIVIDAD	HORAS
Planteamiento de tareas	12
Documentación y lectura	42
Modelado 3D Catia	50
Planteamiento de simulaciones	20
Cálculos para simulaciones	10
Realización de simulaciones	40
Análisis de resultados	10
Análisis de costes	10
Estudio económico	15
Organización de memoria	15
Escritura de memoria	60
Presentación	20
TOTAL	304

Tabla 10. Horas empleadas en la realización del proyecto

El número de horas totales es de 304 horas.

5.2. COSTES DEL PERSONAL

El coste de personal se obtiene multiplicando el coste por cada hora de trabajo por el número de horas totales que se han empleado en la realización del proyecto.

CONCEPTO	GRADUADO
Coste por hora de trabajo	22,60 €
Número de horas trabajadas	304
TOTAL	6870,40 €

Tabla 11. Costes de personal

5.3. COSTES DE MATERIAL AMORTIZABLE

El coste de amortización de un bien consiste en la depreciación que sufre dicho bien pasado un tiempo después de su compra. Los costes de material amortizable en este caso serán aquellos generados por el precio amortizable del material que se pierde durante la realización del proyecto.

5. ESTUDIO ECONÓMICO

En la siguiente tabla se presenta el material que se ha empleado para la realización de este proyecto y que es amortizable, junto con sus precios de compra.

MATERIAL	IMPORTE
Ordenador portátil	700 €
Sistema operativo	150 €
Software Microsoft Office 2010	250 €
Software Catia V5	1000 €
Software Autodesk Inventor Professional 2017	600 €
Software KeyShot 6 64	400 €

Tabla 12. Precio de compra del material

Para continuar con el cálculo del coste de material amortizable, se expone una tabla en la que se muestran los años de amortización de cada uno de los materiales y el coste de amortización de los mismos en cada año. Este coste de amortización será igual al precio de compra dividido entre los años de amortización del material correspondiente.

MATERIAL	TIEMPO DE AMORTIZACIÓN (AÑOS)	COSTE DE AMORTIZACIÓN POR AÑO
Ordenador portátil	5	140 €
Sistema operativo	2	75 €
Software Microsoft Office 2010	2	125 €
Software Catia V5	1	1000 €
Software Autodesk Inventor Professional 2017	1	600 €
Software KeyShot 6 64	1	400 €

Tabla 13. Coste de material amortizable por año

En la última de las tablas de este apartado, se calcula el coste de amortización de cada material y el total en función del número de horas que se han empleado para la realización de este proyecto.

El procedimiento para calcular el coste de amortización en función de las horas es el siguiente:

Un año tiene 365 días = $365 \cdot 24 = 8760$ horas

Poniendo como ejemplo el caso del ordenador portátil, en un año el coste es de 140 €. Las 304 horas empleadas en el proyecto suponen un 3,47% de las horas totales de un año. Por tanto el coste durante las horas del proyecto es:

$$140 \cdot 0,0347 = 4,86 \text{ €}$$

MATERIAL	COSTE DE AMORTIZACIÓN DURANTE EL PROYECTO
Ordenador portátil	4,86 €
Sistema operativo	2,6 €
Software Microsoft Office 2010	4,34 €
Software Catia V5	34,7 €
Software Autodesk Inventor Professional 2017	20,82 €
Software KeyShot 6 64	13,88 €
TOTAL	81,20 €

Tabla 14. Costes de material amortizable durante el proyecto

5.4. COSTES DE MATERIAL NO AMORTIZABLE

El material no amortizable es aquel que no tiene valor residual una vez que se ha pagado. En este caso se considera coste de material no amortizable la cantidad invertida en desplazamientos necesarios para la realización del proyecto. Esta cantidad asciende hasta **100 €**.

5.5. COSTE TOTAL DEL PROYECTO

El coste total que ha supuesto la realización del proyecto es igual a la suma de todos los costes calculados anteriormente:

$$\text{Coste total} = 6870,40 + 81,20 + 100 = \underline{\underline{7051,60 \text{ €}}}$$

CAPÍTULO 6

Conclusiones y líneas futuras

6.1. Conclusiones del proyecto.....	131
6.2. Líneas futuras.....	132

6.1. CONCLUSIONES DEL PROYECTO

Tras la realización y explicación de este trabajo, se van a sacar una serie de conclusiones sobre el mismo. En primer lugar, las conclusiones tienen que ver con los objetivos propuestos al inicio del proyecto.

El primero de los objetivos propuestos era que el embalaje encajara correctamente en los dos modelos diferentes de lavadoras. Este objetivo está cumplido, ya que el embalaje diseñado se adapta tanto al modelo de lavadora con fondo como al modelo de lavadora sin fondo. Además de tener una parte del embalaje con geometría común, las mayores diferencias entre los dos modelos de embalaje se han solventado mediante el diseño de postizos que se pueden incorporar a esta geometría común.

Como segundo objetivo, se proponía diseñar un embalaje que tuviera las mismas características mecánicas que los dos embalajes ya existentes. Se expuso que todo embalaje debe superar una serie de simulaciones y ensayos mecánicos antes de empezar a ser fabricado, ya que se debe asegurar que soportará los esfuerzos a los que va a ser sometido durante su ciclo de vida. En este trabajo se han realizado las simulaciones oportunas tanto para los embalajes existentes como para el nuevo embalaje, y se ha comprobado que la nueva propuesta de embalaje tiene unas características mecánicas similares a los embalajes existentes.

El siguiente objetivo que se planteaba era que la nueva propuesta de embalaje debía suponer una reducción en los costes de fabricación con respecto a los dos embalajes existentes. Para conseguir este objetivo se propone esta unificación de los dos embalajes existentes, de forma que mediante la incorporación de postizos no sea necesaria la compra de dos moldes, si no de uno solo. Gracias al capítulo 4 (análisis de costes), se ha podido comprobar que con la propuesta de incorporación de los postizos, el coste del nuevo embalaje se reduce con respecto al coste de los embalajes originales.

El último de los objetivos propuestos planteaba la incorporación de algún elemento estético al nuevo diseño, para que de esta forma se diferencie de otros embalajes comunes. Para cumplir con este objetivo se han incorporado al embalaje diseñado vaciados con formas que recuerdan al logotipo de la marca fabricante de las lavadoras, y de esta forma el embalaje queda diferenciado de otros embalajes existentes en el mercado.

En el comienzo del capítulo 3 de este proyecto (aplicación práctica), se presentaba un pliego de condiciones con una serie de requisitos que debía cumplir la nueva propuesta de embalaje. Estas condiciones se han tenido en

6. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

cuenta durante todo el desarrollo del diseño, y en el resultado final se ven cumplidas.

A la hora de diseñar algo innovador es muy importante la documentación y observación de las características de otros diseños existentes en el mercado. Esta importancia se ha podido ver durante todo el proceso de diseño del nuevo embalaje, ya que se han conseguido características nuevas gracias a la observación detallada de todas las características de los embalajes ya existentes.

Por último, se puede sacar también como conclusión del proyecto la importancia que tienen hoy en día los softwares informáticos para desarrollar nuevos diseños, ya que se han utilizado a lo largo de todo este proceso, tanto para el diseño 3D de elementos como para los análisis de tensiones de los embalajes.

6.2. LÍNEAS FUTURAS

En el caso de este proyecto concreto, se propone como línea futura continuar con la propuesta del nuevo embalaje hasta llevar a cabo su fabricación. Para ello, en primer lugar se deberían hacer una serie de ensayos de tensiones reales en los embalajes ya existentes, comprobando así que los resultados coinciden con los obtenidos en las simulaciones de tensiones. El siguiente paso debe ser construir un prototipo del nuevo diseño, y realizar el mismo tipo de ensayos de tensiones sobre él. De esta forma se podría comprobar que también en casos reales los resultados son similares para los dos embalajes existentes y la nueva propuesta. Una vez realizados los ensayos, se puede proceder al diseño del embalaje para que pueda ser fabricado mediante moldeo por inyección, para su posterior producción.

Con respecto a otros casos que pueden surgir similares al de estos embalajes, la línea futura que se propone es continuar indagando en las posibilidades que ofrece la incorporación de postizos en los moldes, ya que se pueden reducir significativamente los costes de fabricación gracias a ellos.

CAPÍTULO 7

Bibliografía

7.1. De carácter académico.....	137
7.2. Guías.....	137
7.3. Páginas web.....	137
7.4. Bibliografía de imágenes.....	139

7.1. DE CARÁCTER ACADÉMICO

- [1] Oficia Técnica, curso 2016-2017. Proyecto Técnico II.
- [2] Diseño Mecánico, curso 2016-2017. Análisis de tensión.
- [3] Diseño Mecánico, curso 2016-2017. Aplicación práctica del método de los elementos finitos.
- [4] Resistencia de Materiales, curso 2015-2016. Apuntes para una breve introducción a la resistencia de materiales y temas relacionados.
- [5] Envase y embalaje, curso 2015-2016. Envase y embalaje, Introducción.
- [6] Envase y embalaje, curso 2015-2016. Envase y embalaje, Envases metálicos.
- [7] Envase y embalaje, curso 2015-2016. Envase y embalaje, Papel.

7.2. GUÍAS

- [8] Información Técnica Styropor, BASF, (2001), Ludwigshafen, Alemania.
- [9] Guía 1. Soluciones con Aislamiento de Poliestireno expandido (2008). Madrid, España.
- [10] Itene (2007). Guía práctica de diseño de envases y embalajes para la distribución de productos. Recuperado el 26/05/2017.

<http://www.itene.com/rs/810/d112d6ad-54ec-438b-9358-4483f9e98868/f8b/filename/guia-diseno-envases-embalajes.pdf>

7.3. PÁGINAS WEB

- [11] Slideshare, (2011). Historia de envase y embalaje. Recuperado el 9/03/2017.

<https://es.slideshare.net/katiahf/historia-de-envases-y-embalaje>

- [12] Servicolor Iberia (2016). Historia del embalaje. Recuperado el 9/03/2017.

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

7. BIBLIOGRAFÍA

[13] É Packaging, Revistas Énfasis (2012). Retos de la industria del envase y embalaje. Recuperado el 2/04/2017.

<http://www.packaging.enfasis.com/articulos/64255-retos-la-industria-del-envase-y-embalaje>

[14] 3D Cad Portal (2017). Autodesk Inventor. Recuperado el 22/06/2017

<http://www.3dcadportal.com/autodesk-inventor.html>

[15] Autodesk Knowledge Network, (2014). Autodesk Inventor: Primera tensión principal. Recuperado el 24/06/2017

<https://knowledge.autodesk.com/es/support/inventor-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2015/ESP/Inventor-Help/files/GUID-8C3D24BC-D259-40D6-9543-6032B1B9B360-htm.html>

[16] Gestipolis (2001). Envase, empaque y embalaje de productos. Recuperado el 13/05/2017.

<https://www.gestipolis.com/envase-empaque-y-embalaje-de-productos/>

[17] Blogspot (2012). Diseño de envase y embalaje. Clasificación de los envases. Recuperado el 13/05/2017.

<http://disenodeenvasesyembalajes.blogspot.com.es/2012/01/los-envases-se-clasifican-segun.html>

[18]] Blogspot (2012). Diseño de envase y embalaje. Funciones del envase. Recuperado el 13/05/2017.

<http://disenodeenvasesyembalajes.blogspot.com.es/2011/10/funciones-del-envase.html>

[19] Slideshare (2013). Empaque y embalaje – Plástico. Recuperado el 1/06/2017

<https://fr.slideshare.net/AlvaroGomez11/empaque-embalajeplastico>

[20] Embamat (2017). Relleno y acolchado. Embalajes para rellenar, acolchar y bloquear. Recuperado el 6/05/2017

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

[21] NEFAB (2013). Espumas. Recuperado el 11/06/2017

<http://www.solucionesembalaje.es/Embalaje-espumas.php>

[22] ABC Pack (2016). ¿Qué es el EPS? Poliestireno expandido – EPS. Recuperado el 18/06/2017

<http://www.abc-pack.com/enciclopedia/que-es-el-eps-el-poliestireno-expandido-eps/>

[23] Formas recicladas (2015). El corcho blanco se recicla. Recuperado el 23/06/2017

<http://www.corchoblanco.com/quees.htm>

[24] Privarsa (2017). Qué es el moldeo por inyección de plástico. Recuperado el 22/06/2017

<https://www.privarsa.com.mx/moldeo-por-inyeccion-de-plastico/>

7.4. BIBLIOGRAFÍA DE IMÁGENES

[25] Plástico reciclado. Símbolo de PET. Recuperado el 3/05/2017

<http://plasticoreciclado.es/wp-content/uploads/2012/08/PET-tereftalato-de-poli-etileno.gif>

[26] Vector portal. Símbolo de HDPE. Recuperado el 3/05/2017

http://www.vectorportal.com/img_novi/hdpe2_6851.jpg

[27] Vector portal. Símbolo de LDPE. Recuperado el 3/05/2017

http://www.vectorportal.com/img_novi/ldpe4_6852.jpg

[28] Pixabay. Símbolo de PVC. Recuperado el 3/05/2017

https://pixabay.com/p-98856/?no_redirect

[29] Vector portal. Símbolo de PP. Recuperado el 3/05/2017

http://www.vectorportal.com/img_novi/pp5_6860.jpg

[30] Pixabay. Símbolo de PS. Recuperado el 3/05/2017

https://pixabay.com/p-98859/?no_redirect

7. BIBLIOGRAFÍA

[31] Ecestaticos. Imagen de plástico con burbujas. Recuperado el 10/05/2017

<http://5www.ecestaticos.com/imagestatic/clipping/eb5/814/eb5814a0ed874b37262b047378ef2ec0/el-plastico-de-burbujas-se-renueva-con-una-version-mejorada-que-ya-no-explota.jpg?mtime=1435861259>

[32] Alicdn. Imagen de bolsas de aire. Recuperado el 10/05/2017

<https://ae01.alicdn.com/kf/HTB1u5JyRVXXXXXnaXXXq6xXFXXR/15pcs-Clear-Plastic-Bubble-Column-Bag-Shockproof-Air-font-b-inflatable-b-font-for-font-b.jpg>

[33] Mundopak. Imagen de perfiles de espuma de polietileno. Recuperado el 8/06/2017

http://www.mundopak.com/media/catalog/product/cache/1/image/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/0/0/006_perfiles_de_espuma_14.jpg

[34] Aliimg. Imagen de espuma de polipropileno. Recuperado el 8/06/2017

http://i00.i.aliimg.com/img/pb/561/513/397/397513561_482.jpg

[35] Embamat. Imagen de espuma de poliuretano. Recuperado el 8/06/2017

<http://www.embamat.eu/assets/img/products/PROTECCION-INTERIOR-espuma/espuma-embalaje-poliuretano.jpg>

[36] IPackaging. Imagen de espuma de poliestireno. Recuperado el 8/06/2017

<http://ipackaging.es/wp-content/uploads/2015/06/embalaje-flexible-00001.jpg>

[37] Picaronablog. Imagen de EPS. Recuperado el 19/06/2017

<http://www.picaronablog.com/wp-content/uploads/porexpan-telcel-corcho-blanco.jpg>

[38] Taracell. Imagen de cajas de EPS. Recuperado el 19/06/2017

<https://www.taracell.com/assets/gallery/23/86.jpg>

[39] Images sstatic. Imagen de perlas de poliestireno sin expandir. Recuperado el 20/06/2017

<https://images.sstatic.com/eps-expandido-poliestireno-perlas-3001137z3-112114138.jpg>

[40] Images sstatic. Imagen de perlas de poliestireno expandidas.
Recuperado el 20/06/2017

<https://images.sstatic.com/eps-expandido-poliestireno-perlas-3001138z2-11284541.jpg>

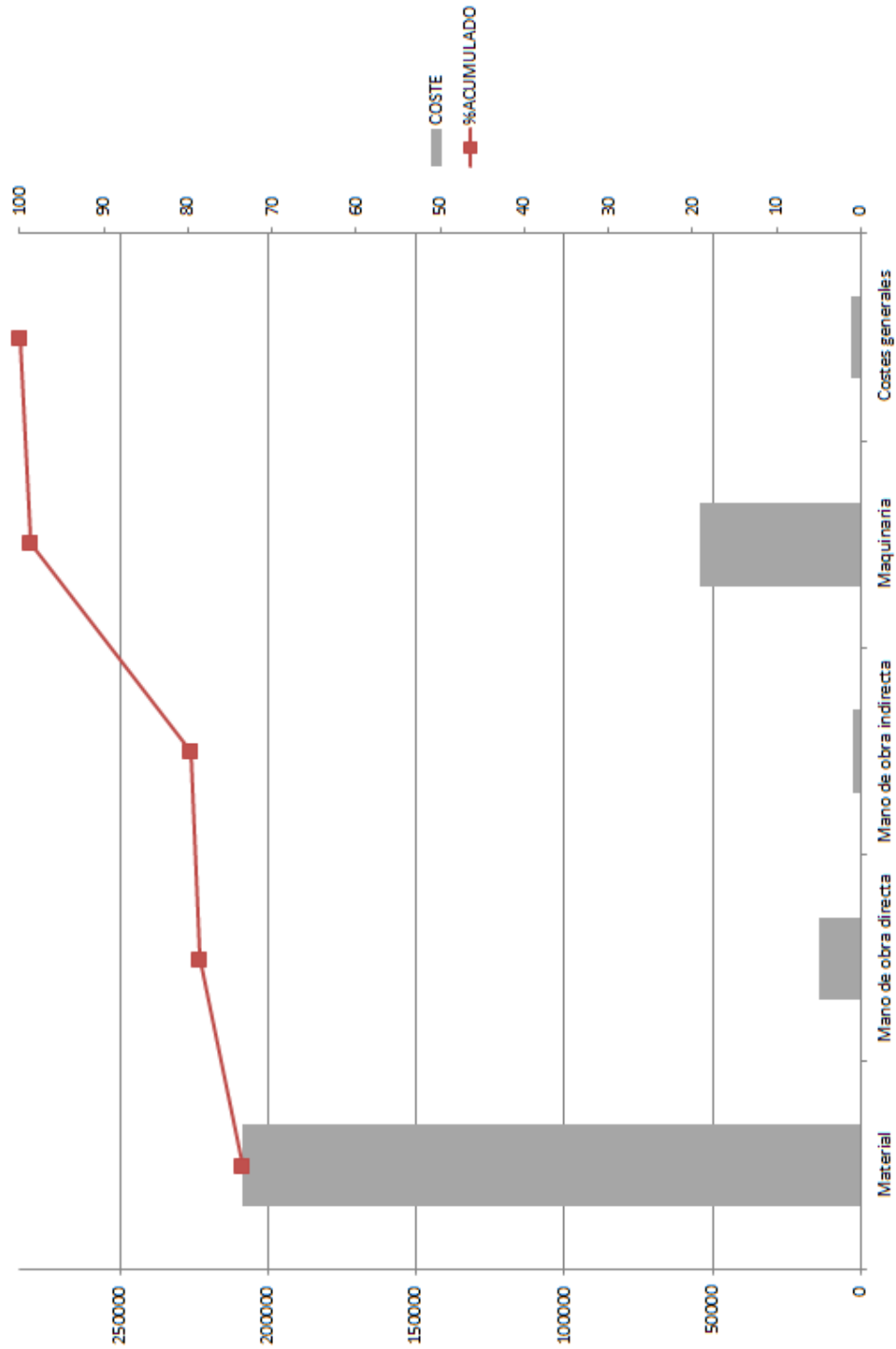
ANEXOS

ANEXO I: Diagramas de Pareto análisis de costes.....	145
ANEXO II: Diagrama de Pareto estudio económico.....	147
ANEXO III: Diagrama de Gantt.....	148

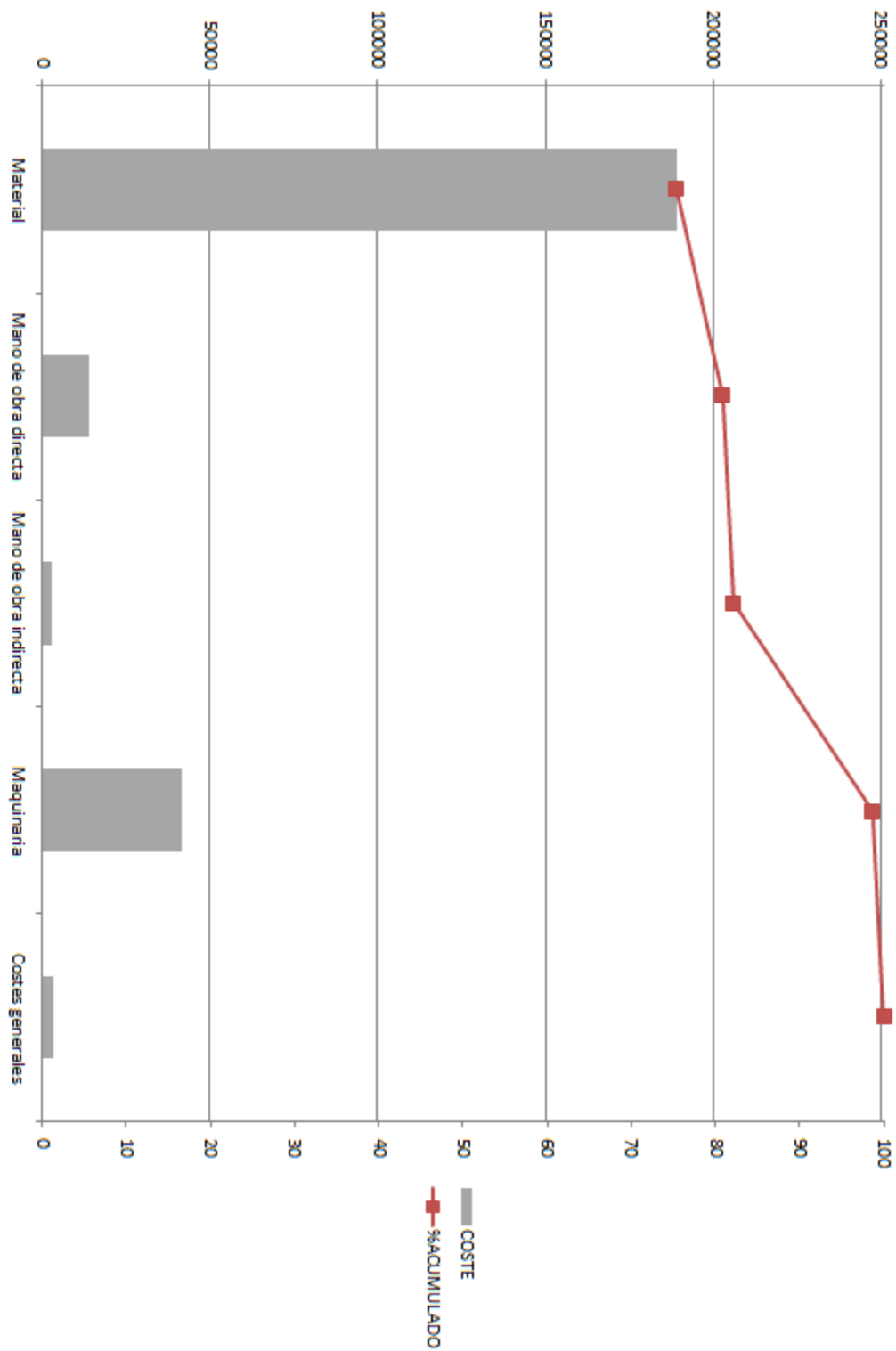
ANEXO I

DIAGRAMAS DE PARETO DE ANÁLISIS DE COSTES

1. DIAGRAMA DE PARETO DE COSTE DE LOS DOS EMBALAJES EXISTENTES

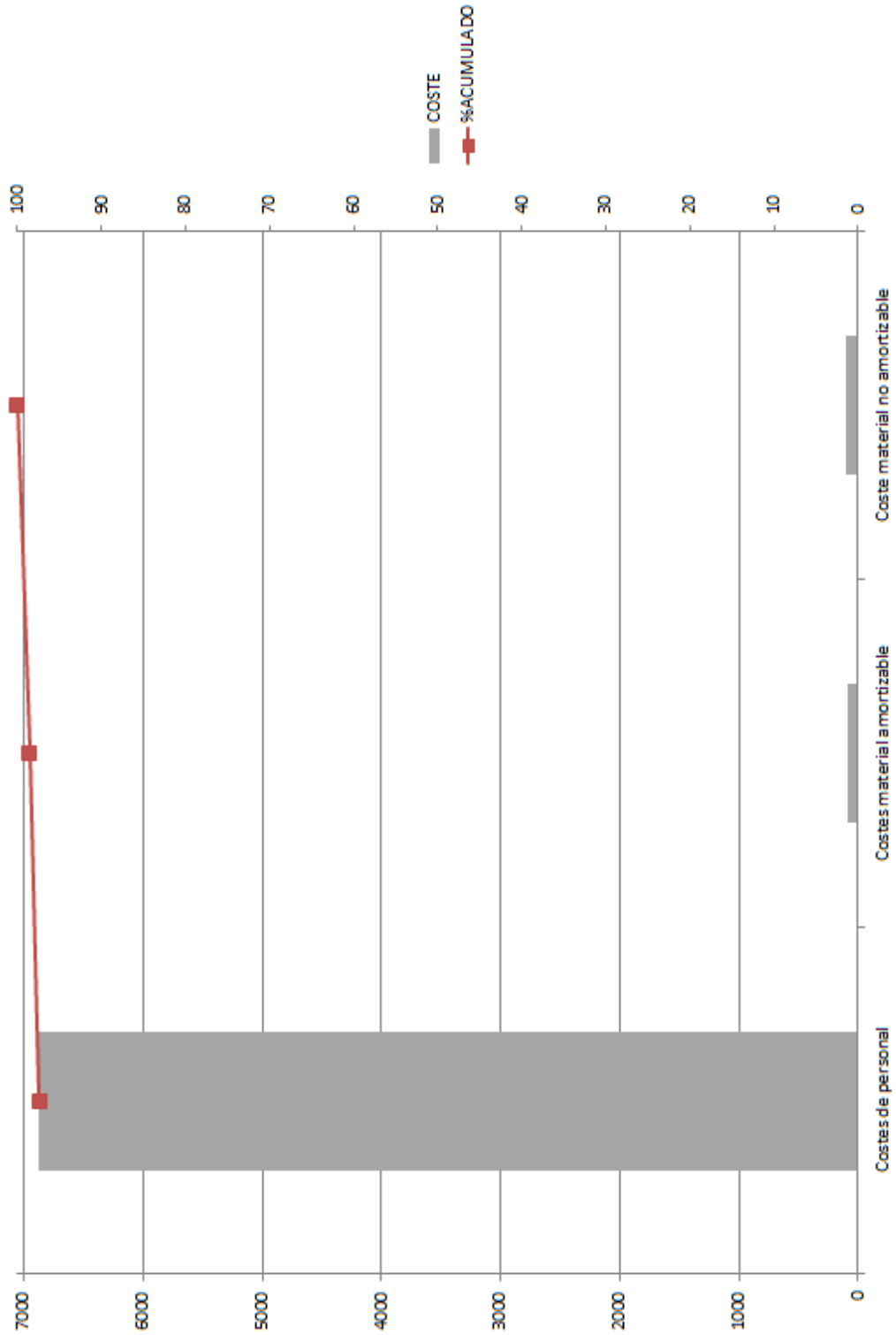


1. DIAGRAMA DE PARETO DE COSTE DEL NUEVO EMBALAJE



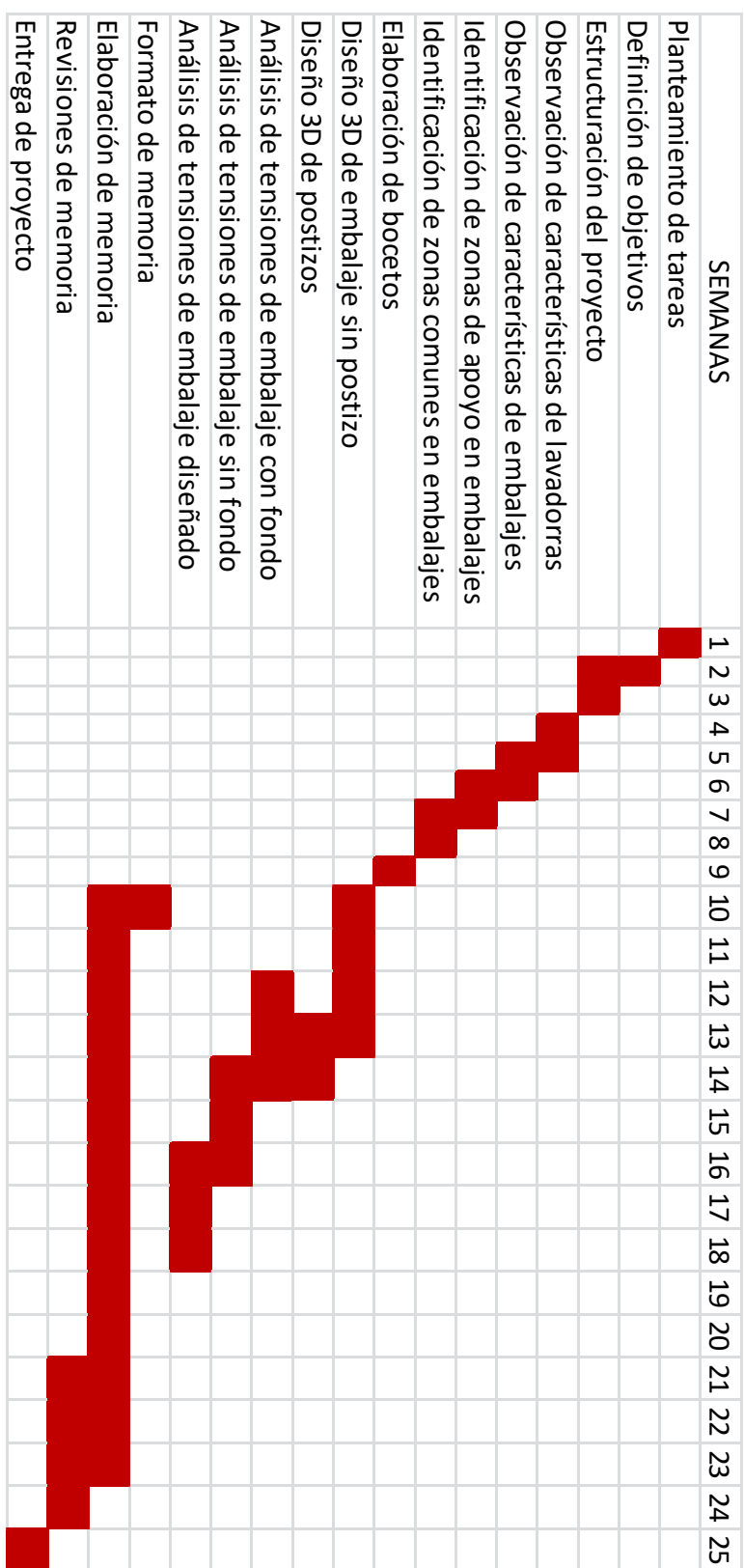
ANEXO II

DIAGRAMA DE PARETO ESTUDIO ECONÓMICO



ANEXO III

DIAGRAMA DE GANTT



VALLADOLID, JULIO DE 2017

Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto

Trabajo de Fin de Grado

Fdo. Isabel Megido Domínguez



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**