

# **Desarrollo de un envase ligero semi-rígido**

*Autores:*

*Manel Bertomeu, Managing Director, Barcelona Institute of Packaging BIP*

*Guillermo Reyes, Prof. Titular, Jefe del Dpto. de Ingeniería Industrial IQS*

*Andrés García, Prof. Titular Departamento de Ingeniería Industrial IQS*

*Ferran López, Prof. Asociado Departamento de Ingeniería Industrial IQS*



## Introducción

Uno de los grandes retos de la industria de los productos de gran consumo es reducir el residuo de envase que genera. Este problema se hace patente de una manera especial en el acondicionamiento de productos líquidos. La manera más directa de afrontar este reto es reducir la tara de los envases y reducir el volumen en su valorización final. Esta actuación tiene dos vertientes muy claras:

- Una de económica por los ahorros importantes que se producen en los costos de producción al reducir los materiales de fabricación y aumentar el ciclo de producción.
- La otra medioambiental, consecuencia de la misma reducción de material, al disminuir la utilización de polímeros tanto de origen fósil como renovable. La tasa medioambiental queda reducida proporcionalmente con la ventaja económica que representa.

Esta reducción de la tara del envase se debe de hacer eligiendo criterios científicos por las repercusiones y consecuencias que puede tener tanto a nivel de la resistencia del envase como de criterios de uso. Para alcanzar niveles interesantes de reducción se tienen que incidir profundamente desde el diseño hasta la selección de materiales para su fabricación.

El trabajo que aquí se presenta describe las actividades para conseguir disminuir considerablemente el peso de un envase semi-rígido a partir del desarrollo de un sistema estructural para aumentar la rigidez del envase, compensado de esta manera la disminución de la tara.

El estudio se hizo desde el Barcelona Institute of Packaging (BIP) gracias a la subvención destinada a incentivar los planes de actuación de los agentes TECNIO de la agencia de ayuda a la empresa Catalana ACCIÓ (resolución con número de expediente TECCOL11-1-0001).

Los participantes en el proyecto tenían la impresión de que se podía mejorar el diseño de envases semirrígidos para hacerles más resistentes a sollicitaciones mecánicas. Esta mejora en el diseño debía conducir a una reducción en los espesores de pared y, por tanto, a la cantidad de material utilizado en su fabricación. Se identificaron mejoras de diseño con las que se esperaba conseguir el objetivo planteado: reducir un 20% la tara del envase. Las posibles mejoras eran:

1. Eliminar zonas de debilitamiento por forma geométrica y concentradoras de tensiones.
2. Disminuir lo más posible la altura del envase para hacerlo menos esbelto y, por tanto, más resistente al pandeo.
3. Aumentar el módulo elástico del material.
4. Utilizar elementos rigidizadores que aumentaran la resistencia.

En el trabajo se utilizaron numerosas herramientas de Product Lifecycle Management (PLM) incluidas las de diseño, modelado, prototipado rápido y fabricación asistida por ordenador.

## Elección del envase objeto de estudio

Inicialmente se disponía de muy poca información para decidir el peso objetivo. Se tenía que encontrar un envase objetivo para cuantificar el valor inicial. Se decidió estudiar un grupo de envases de 750ml. de volumen. Se ensayaron envases de distribución usual en el consumo sometiénolas a un esfuerzo de compresión en una máquina de ensayos universal con los accesorios necesarios para ensayo de pandeo. Se escogieron envases que cumplieran mayoritariamente la recomendación de las dimensiones de módulos para botellas en Europa. Algunos de los envases sometidos a la comparación son los que aparecen en la siguiente figura.



Fig. 1. Envases escogidos para la comparación. Códigos A, B, C, D, Y, F según la orden de la imagen.

Después de ensayar los envases y establecer relaciones de resistencia, tara del envase y volumen se decidió que el peso objetivo para plantear la reducción podría ser 41,7g.

## Propuesta de mejora al diseño de envases tradicionales

Un envase semirrígido, tipo botella, es un elemento estructuralmente esbelto debido a la relación de su altura con la sección resistente a la carga. Para optimizar elementos esbeltos sometidos a cargas de compresión hay que prestar especial atención al pandeo. Estudiadas las posibilidades para mejorar el comportamiento del envase a pandeo se vio que no hay mucho margen para reducir la altura, pues está condicionada por el módulo del envase y el volumen a envasar. Tampoco hay mucho margen para aumentar el módulo elástico si se pretende que el envase sea viable económicamente. Para este tipo de productos se suelen utilizar materiales

establecidos por su resistencia mecánica, sus propiedades físico-químicas y su precio; como el PET o el HDPE.

Se aprovechó al máximo el diseño de la geometría, eliminando debilitadores como cambios bruscos de sección, radios de redondeo agudos, entregas generosas, etc. También se aumentó gradualmente la dimensión de la sección transversal a medida que se avanza desde el cuello hasta el fondo. De esta manera no sólo se podía reducir la altura del envase, sino que también se podía hacer más estable para el proceso de llenado.

Con los primeros diseños se hicieron simulaciones apoyadas en modelos calculados mediante elementos finitos. Primero se hizo una ingeniería inversa al envase con mejor relación tara/resistencia y tara/volumen. A partir de la ingeniería inversa se hizo un modelo CAD (Computer Aided Design) tridimensional. Con el modelo CAD se generó el modelo CAE (Computer Aided Engineering) con el que modelar virtualmente el comportamiento a pandeo; tanto del envase de referencia como del nuevo diseño. Los resultados de esta primera fase fueron muy esperanzadores, pero se veía que era necesario mejorar la propuesta para conseguir el objetivo inicial.



Fig. 2. Modelos CAD del envase de referencia (izquierda) y del nuevo diseño (derecha).

Se decidió hacer un prototipo funcional del envase aprovechando las capacidades de Fabricación Aditiva instaladas en los laboratorios del Departamento de Ingeniería Industrial de la IQS School of Engineering. Allí hay instalado un sistema de fabricación por Fused Deposition Modelling (FDM) Fortus 400 de Stratasys. Se fabricaron prototipos del envase de referencia y del nuevo envase, se ensayaron y se correlacionaron los resultados con los de los cálculos numéricos para ajustar el modelo.



Fig. 3. Sistema de fabricación Fortus 400mc, de Stratasys (izquierda) y fabricación de prototipos en Policarbonato (derecha).

Teniendo mayor control sobre las variables de diseño se decidió aumentar la rigidez del envase propuesto añadiendo elementos estructurales a los que se llamó Differential Steps (DS).



Fig. 4 Diseño final con rigidizadores estructurales (DS).

Después de varias iteraciones se llegó a un resultado muy prometedor que se pudo validar incluso con prototipos físicos fabricados por FMD.



Fig. 5. Prototipos del envase de referencia y los nuevos diseños.

Al comparar los resultados de la experimentación con los prototipos se vio que el nuevo diseño era muy favorable comparado con el envase de referencia. Con esta perspectiva se decidió fabricar un molde para fabricar una serie cero. Se escogió el proceso de extrusión-soplado para poder regular de manera más flexible y barata la tara del envase



Fig. 6. Molde piloto y uno de los envases fabricados en él.

### **Validación de los envases del nuevo diseño**

Una vez fabricadas varias familias de envases con taras que oscilaban aproximadamente entre los 29 y los 40 gr se procedió a su ensayo a pandeo. En la comparativa de valores experimentales se vio que los resultados eran mejores que los esperados. Los envases más ligeros cumplieron los requerimientos de ensayo a la

compresión, soportando cargas cercanas a los 140 N. El ahorro en la tara del envase de nuevo diseño, respecto del de referencia, es de aproximadamente 31%.

### **Estudio aproximado del impacto ambiental**

Una vez asegurado el éxito del diseño se hizo un análisis aproximado del impacto ambiental. El estudio se hizo suponiendo que el envase se fabricaba en Europa, con un transporte de 1000 km. durante la fabricación, envasado y distribución. Se consideró el fin de vida del producto teniendo en cuenta el material utilizado y las tazas de reciclado de costumbre.

Como era de esperar, se vio que la tara del envase era el factor predominante en el consumo energético, la huella de carbono generada, y el consumo de agua. Comparando el envase tradicional con el nuevo se podría ahorrar, con los parámetros de ese estudio ambiental, un 20% en la huella de carbono generada y un 31% en el consumo energético.

### **Conclusiones**

Es posible optimizar el diseño de envases semi-rígido para reducir su tara, mejorando el diseño estructural.

La reducción en la tara de envases semirrígidos, usualmente de gran consumo, puede tener una incidencia relevante en el ahorro de energía y el impacto ambiental de la industria del envase y el embalaje. 🌍

*Julio de 2013.*