



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA


ETSI Aeroespacial y Diseño Industrial

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeroespacial
y Diseño Industrial

Estudio integral, mejora y homologación a través de
herramientas CAD/CAE de un envase para perfume.

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Diseño y Fabricación Integrada Asistidos
por Computador

AUTOR/A: Orengo Belenguer, Alicia

Tutor/a: Solano García, Lorenzo

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024

Resumen.

El presente trabajo tiene como objeto el análisis, evaluación y rediseño de un envase para perfume, gracias a la aplicación de los conocimientos técnicos adquiridos tanto en los estudios del Máster Universitario en Diseño y Fabricación Integrada Asistidos por Computador como a través de la experiencia en la empresa RNB cosméticos.

Partiendo de un diseño formal y conceptual previo, se realiza un análisis exhaustivo para estudiar los cambios necesarios a realizar para conseguir un producto viable. A partir de esto, se estudia en profundidad el proceso de fabricación del envase y sus componentes, lo que permite hacer una estimación del presupuesto e impacto ambiental de su cadena productiva. Además, se verifica y homologa el producto a través de determinados cálculos analíticos y simulaciones CAE del modelo 3D.

Por último, se realizan los planos, pliego de condiciones y especificaciones técnicas en detalle de cada componente, recogiendo y ampliando toda la información recabada en la fase de desarrollo del producto.

Palabras clave.

Envase; botella; tapón; bomba; viabilidad; homologación; calidad; análisis CAD/CAE; fabricación; compatibilidad; funcionalidad; dimensión; normativa; componente; material; proceso.

Índice

1.	Objeto	7
2.	Alcance y exclusiones	7
FASE 1. CONCEPTO.		9
3.	Diseño conceptual inicial	9
4.	Descripción detallada inicial de los componentes	11
FASE 2. ESTUDIO.		14
5.	Estudio funcional.....	14
6.	Normativa y seguridad.....	17
7.	Estudio dimensional de los componentes.....	18
7.1.	Botella	19
7.2.	Cierre (tapón).....	27
8.	Principales materiales y procesos de fabricación.....	32
8.1.	Plástico.....	32
8.2.	Vidrio.....	42
8.3.	Aluminio	49
9.	Proceso de envasado y acondicionado.....	53
FASE 3. DESARROLLO		56
10.	Requisitos del diseño	56
10.1.	De funcionalidad	58
10.2.	De normativa y seguridad	59
10.3.	De fabricación.....	60
10.4.	De llenado y acondicionado	60
10.5.	De transporte	61
10.6.	Requisitos estéticos.....	62
11.	Rediseño/modificaciones modelo.....	63
11.1	Posibilidad de fabricación	63
11.2.	Estandarización.....	64
11.3.	Mejora estanqueidad y merma.....	65
11.4.	Sistema de cierre	70
11.5.	Capacidad, determinación del fill point	73
11.6.	Facilitación del moldeo y desmoldeo.....	75
11.7.	Mejoras de cara al proceso industrial	77
12.	Homologación del producto mediante simulaciones CAE.....	79
12.1.	Hipótesis de trabajo	82

12.2.	Simulaciones y análisis.....	84
12.3.	Conclusiones.....	90
13.	Presupuesto e impacto ambiental.....	90
13.1.	Costes fabricación componentes.....	91
13.2.	Costes envasado y acondicionado envase.....	93
13.3.	Otros costes asociados.....	94
13.4.	Presupuesto final e impacto ambiental.....	94
14.	Análisis de riesgos.....	96
FASE 4. RESULTADO FINAL.....		97
15.	Planos.....	97
16.	Valoración económica.....	104
17.	Pliego de condiciones.....	105
17.1.	Alcance e introducción.....	105
17.2.	Condiciones legales.....	106
17.3.	Condiciones facultativas.....	106
17.4.	Condiciones técnicas.....	108
18.	Conclusiones.....	113
Bibliografía.....		114

Tabla de ilustraciones

Ilustración 1. Diseño conceptual inicial. Elaboración propia.	9
Ilustración 2. Identidad de marca. Elaboración propia.....	10
Ilustración 3. Logo serigrafiado. Elaboración propia.	10
Ilustración 4. Línea de perfumes. Elaboración propia.	10
Ilustración 5. Componentes iniciales envase. Elaboración propia.	11
Ilustración 6. Botella inicial. Elaboración propia.	11
Ilustración 7. Cuello botella. Elaboración propia.....	12
Ilustración 8. Tapón inicial. Elaboración propia.....	12
Ilustración 9. Pulverizador. Imagen extraída de stocksmetic.com.....	13
Ilustración 10. Calibre nivel de llenado. Extraído de www.at2e.mx.....	15
Ilustración 11. Tabla de contenido etiquetas. Martín Gil, E. (2020)	17
Ilustración 12. Partes de una botella. Extraído de www.ecoembesthecircularcampus.com	19
Ilustración 13. Partes de un cuello de rosca. Extraído de tapasytapas.com.....	20
Ilustración 14. Cuellos estandarizados. Extraído de tapasytapas.com.....	20
Ilustración 15. Cuello de un aerosol. Extraído de spanish.alibaba.com.....	21
Ilustración 16. Dimensiones FEA. Elaboración propia.....	21
Ilustración 17. Cuellos normalizados FEA. Extraída de www.studocu.com.....	22
Ilustración 18. Relación inclinación hombros-resistencia a la carga. Extraído de RNB cosméticos.	22
Ilustración 19. Dimensionado zona de etiquetado. Extraído de Rnb cosméticos.	23
Ilustración 20. Ratios envases, indicador estabilidad. Extraído de RNB Cosméticos.....	24
Ilustración 21. Ensayo en una mesa inclinada. Extraído de RNB cosméticos.	24
Ilustración 22. Resistencia a colapso. Elaboración propia.	25
Ilustración 23. Envase con nervios y cambios de sección. Extraído de efeagro.co	25
Ilustración 24. Fondo convexo envases de vidrio. Extraído de www.iprofesional.com.....	26
Ilustración 25. Tipos de sellado. Obtenido de RNB cosméticos.	27
Ilustración 26. Tipos de perfil de rosca. Obtenido de RNB Cosméticos.	28
Ilustración 27. Dimensiones cruce de tolerancia. Obtenido de RNB cosméticos.	28
Ilustración 28. Cruces de tolerancia Dext y Dint. Obtenido de RNB cosméticos.	29
Ilustración 29. Cruce tolerancia altura. Obtenido de RNB cosméticos	29
Ilustración 30. Embocadura reducida. Obtenido de RNB cosméticos.	30
Ilustración 31. Tipos de zona de contacto. Obtenido de RNB cosméticos.	30
Ilustración 32. Tipos de tapones según dosificación. Extraído de RNB cosméticos.....	31
Ilustración 33. Tipos de anclaje funda interior-exterior. Obtenido de RNB cosméticos....	31
Ilustración 34. Equipo de Inyección. Obtenido de Área de Ingeniería de los Procesos de Fabricación. UPV.	34
Ilustración 35. Etapas del proceso de extrusión-soplado. Extraído de Rnb cosméticos. .	34
Ilustración 36. Extrusión del parison. Extraída de RNB cosméticos.	35
Ilustración 37. Proceso de centrado del parison y cierre del molde. Extraída de RNB cosméticos.	36
Ilustración 38. Introducción de las punteras en el molde. Extraída de RNB cosméticos. .	36
Ilustración 39. Proceso de soplado (Gómez Correa, 2021)	36
Ilustración 40. Programación del parison. Obtenido de RNB Cosméticos.....	37
Ilustración 41. Desbardado y desmoldeo (Gómez Correa, 2021).....	37
Ilustración 42. Moldes para extrusión-soplado (Gómez Correa, 2021).	37

Ilustración 43. Maquina inyectora. Extraído de total-manufacturing.com.....	38
Ilustración 44. Unidad de Inyección. Obtenido de total-manufacturing.com/.....	38
Ilustración 45. Cilindro de plastificación. Obtenido de rua.ua.es.	39
Ilustración 46. Partes del husillo. Obtenido de RNB cosméticos.	40
Ilustración 47. Unidad de cierre. Extraído de total-manufacturing.com.....	40
Ilustración 48. Tipos de sistemas de cierre hidráulico. Obtenido de rua.ua.es.....	41
Ilustración 49. Ciclo de inyección. Obtenido de rua.ua.es	41
Ilustración 50. Estructura del cristal vs vidrio. Extraído de www.conasi.eu	42
Ilustración 51. Preparación materia prima. Extraído de es.verallia.com	43
Ilustración 52. Fusión de la materia prima. Extraído de es.verallia.com	44
Ilustración 53. Proceso de fusión. Obtenido de WiseGen.....	44
Ilustración 54. Proceso de moldeado del vidrio. Extraído de es.verallia.com	44
Ilustración 55. Proceso de moldeo. Obtenido de WiseGen.	45
Ilustración 56. Formación de la gota de vidrio. Obtenido de RNB.	45
Ilustración 57. Sistema de prensado-soplado. Extraído de RNB Cosméticos.....	46
Ilustración 58. Sistema de soplado-soplado. Extraído de RNB cosméticos.	46
Ilustración 59. Recocido envase. Obtenido de WiseGen.....	47
Ilustración 60. Horno de recocido. Extraído de es.verallia.com.....	47
Ilustración 61. Inspección de calidad automatizada. Extraído de es.verallia.com.....	48
Ilustración 62. Laminación del aluminio. Extraído de villaltacanmakingmachinery.com .	50
Ilustración 63. Troquelado del aluminio. Extraído de latasdebebidas.org	50
Ilustración 64. Proceso de embutición profunda. Extraído de www.ampcometal.com....	51
Ilustración 65. Proceso de tratamiento de la superficie. Extraído de latasdebebidas.org	51
Ilustración 66. Proceso de fabricación de aluminio. Extraído de canbody-makingline.com	51
.....	51
Ilustración 67. Proceso de embutición. Extraído de es.wikipedia.org	52
Ilustración 68. Tensiones generadas en la embutición. Extraído de es.wikipedia.org	52
Ilustración 69. Esquema proceso. Elaboración propia.....	53
Ilustración 70. Envasadora EKO. Extraído de RNB cosméticos.....	54
Ilustración 71. Salida de la sala blanca. Extraído de RNB cosméticos.	55
Ilustración 72. Colocación manual del tapón. Extraído de RNB cosméticos.	55
Ilustración 73. Ciclo de vida de un envase cosmético. Extraído de	
www.cosmeticlatam.com.....	56
Ilustración 74. Identidad de marca. Elaboración propia.....	62
Ilustración 75. Tapón sin normalizar y tapón normalizado. Elaboración propia.	64
Ilustración 76. Bomba comercial. Extraído de www.stocksmetic.com	65
Ilustración 77. Par de apriete. Obtenido de quizizz.com	65
Ilustración 78. Modelado de la bomba. Elaboración propia.	66
Ilustración 79. Medición D para cruce de tolerancias. Elaboración propia.	66
Ilustración 80. Medición H para cruce de tolerancias. Elaboración propia.	67
Ilustración 81. Cruce bomba-cuello envase. Elaboración propia.	68
Ilustración 82. Anillo cuello. Elaboración propia	68
Ilustración 83. Caña, tipos de corte, merma. Obtenido de RNB cosméticos.....	68
Ilustración 84. Altura interna botella. Elaboración propia.	69
Ilustración 85. Medición largo de caña. Elaboración propia.	70
Ilustración 86. Caña, final en cola de pez. Elaboración propia.	70
Ilustración 87. Tapón enfundado. Elaboración propia.....	71
Ilustración 88. Componentes tapón. Elaboración propia.....	71

Ilustración 89. Mediciones cruce tapón-bomba. Elaboración propia.....	72
Ilustración 90. Modificaciones tapón. Elaboración propia.	72
Ilustración 91. Zona de contacto tapón-bomba. Elaboración propia.	73
Ilustración 92. Determinación de la OFC. Elaboración propia.	73
Ilustración 93. Fill point a 121,5ml. Elaboración propia.	74
Ilustración 94. Ángulos de acuerdo y curvas suavizadas. Elaboración propia.	75
Ilustración 95. Línea de partición molde. Elaboración propia.....	76
Ilustración 96. Ángulo de desmoldeo. Elaboración propia.	76
Ilustración 97. Eliminación del agujero pasante. Elaboración propia.....	77
Ilustración 98. Redistribución de espesores. Elaboración propia.	77
Ilustración 99. Fondo convexo. Elaboración propia.	78
Ilustración 100. Fill Point centrado. Elaboración propia.....	78
Ilustración 101. Anillo centrador cuello envase. Elaboración propia.	79
Ilustración 102. Instrumento medición resistencia a la carga vertical. Obtenido de at2e.mx.....	80
Ilustración 103. Probador presión interna. Obtenido de atrya.com.mx.....	81
Ilustración 104. Máquina de prueba de impacto. Obtenido de directindustry.es.....	81
Ilustración 105. Procesos de envasado que presionan el cuello. Obtenido de dellatoffola.com.	82
Ilustración 106. Modelo simplificado. Elaboración propia.	82
Ilustración 107. Mallado. Elaboración propia.	83
Ilustración 108. Cargas y condiciones de contorno. Elaboración propia.....	83
Ilustración 109. Medición área. Elaboración propia.....	84
Ilustración 110. Subcaso 1-Desplazamiento. Elaboración propia.	84
Ilustración 111. Subcaso 1-Tensión VonMises. Elaboración propia.....	85
Ilustración 112. Subcaso 2-Desplazamiento. Elaboración propia.	86
Ilustración 113. Subcaso 2 -Tension Von Mises. Elaboración propia.	86
Ilustración 114. Aumento radio de acuerdo. Elaboración propia.	87
Ilustración 115. Subcaso 2 - tensiones reducidas. Elaboración propia.	87
Ilustración 116. Subcaso 3 -2000N. Elaboración propia.	88
Ilustración 117. Subcaso 3 -2220N. Elaboración propia.	88
Ilustración 118. Subcaso 3 -2230N. Elaboración propia.	89
Ilustración 119. Carga de rotura tras modificación. Elaboración propia.	89
Ilustración 120. Objetivos Agenda 21. Obtenido de comunidadism.es.....	95

1. Objeto

El presente trabajo tiene como objeto principal o general conseguir que un envase para perfume, que se encuentra inicialmente en estado conceptual, sea fabricable, automatizable y viable en su conjunto. Todo esto gracias a la aplicación de los conocimientos técnicos adquiridos tanto en los estudios del Máster Universitario en Diseño y Fabricación Integrada Asistidos por Computador como a través de la experiencia en la empresa RNB cosméticos.

Por tanto, otro objetivo general de este proyecto sería, gracias a las modificaciones que se realicen en el diseño inicial (obtenidas a partir de diversos análisis y estudios) conseguir que el envase cumpla con la normativa relacionada y pase los ensayos de homologación con éxito. Se busca que estos cambios o modificaciones realizadas en el diseño inicial siempre se realicen intentando cumplir unos requisitos determinados, no solo de normativa, funcionales, del proceso de producción y dimensionales, sino también estéticos, para mantener la esencia de la idea inicial.

Como objetivo particular, se busca estudiar en profundidad los procesos de fabricación y materiales empleados, así como el proceso de procesado del producto final, analizando los procesos de envasado y acondicionado. Esto deriva en otro objetivo general, escoger gracias al estudio previo comentado, el material y proceso de fabricación adecuado para el diseño.

Continuando con los objetivos particulares de este proyecto, se busca emplear herramientas CAD/CAE para realizar los ensayos de homologación del envase mediante el análisis de elementos finitos. Otro objetivo sería realizar en detalle los planos con tolerancias y el pliegue de condiciones y especificaciones técnicas de cada componente.

Además, se tiene el objetivo de conseguir un diseño final que permita unos riesgos bajos y una optimización alta, así como un bajo impacto ambiental, permitiendo el reciclaje y la reducción de residuos.

2. Alcance y exclusiones

Para acotar el contenido del TFM, se van a listar en este apartado las cosas que se van a contemplar y aquellas que no, en el contenido de este trabajo.

No se van a realizar las fases de estudio de mercado ni diseño conceptual, ya que el objetivo del trabajo radica en partir para todo el desarrollo de la idea conceptual previa. Asimismo, se va a partir del modelado 3D de autoría propia desarrollado para esa idea, ya que el objeto de este proyecto es realizarle las modificaciones necesarias para su viabilidad.

Este proyecto si que va a incluir la selección de materiales y procesos de fabricación para el envase, pero no se contempla el diseño de las herramientas necesarias para el proceso de fabricación del envase en sí. Por otra parte, se va a incluir un estudio del proceso automatizado posterior a su fabricación, el responsable de generar el producto final, excluyendo el diseño de los utillajes necesarios para este proceso. También este proyecto contempla la realización de ciertos ensayos de homologación del producto mediante simulaciones CAD/CAE pero no la realización de otros ensayos que deben llevarse a cabo con una muestra física del envase, estos serán solo nombrados y definidos.

Además, este trabajo va a incluir los planos y especificaciones técnicas de todas las piezas y del conjunto, así como un análisis del presupuesto necesario para la fabricación del envase, estimando un presupuesto total por unidad donde no se van a tener en cuenta los costes indirectos como el alquiler o compra de los establecimientos, los salarios de personal no productivo y los servicios.

Se va a realizar también una valoración económica, obteniendo el coste total estimado de la realización de este trabajo final de máster, teniendo en cuenta la mano de obra, el de las herramientas utilizadas y el de los programas usados.

Por último, se llevará a cabo un pliego de condiciones donde se fijará el marco para el desarrollo y gestión, pautando las condiciones facultativas y legales, así como se definirán las especificaciones y características técnicas de los materiales, junto con los controles de calidad requeridos para cada componente del envase, asegurando que cumplan con los estándares de funcionalidad, durabilidad y seguridad. Por otra parte, se van a excluir las condiciones económicas de este pliego de condiciones, para asegurar que el enfoque principal se mantenga en los aspectos técnicos y de calidad del proyecto.

FASE 1. CONCEPTO.

3. Diseño conceptual inicial

El diseño conceptual del que se va a partir para desarrollar este proyecto es el envase para el perfume de elaboración propia, el perfume "Kasens". Con una identidad de marca bien definida y una intención marcada de diferenciarse en el mercado, el aspecto formal del envase es el que se muestra en la siguiente ilustración.

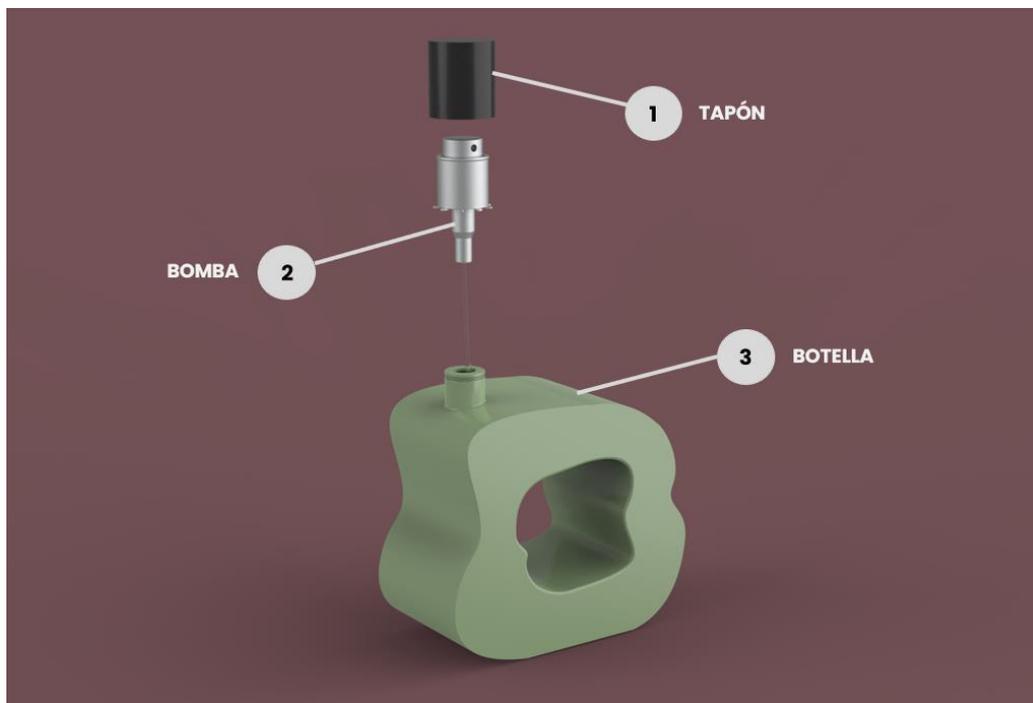


Ilustración 1. Diseño conceptual inicial. Elaboración propia.

Como se puede observar, se trata de un envase para perfume de aspecto diferente y novedoso gracias a su forma escultórica y asimétrica, así como a su cavidad central. Esto contrasta con un tapón de aspecto más simple, para que toda la atención se dirija a la botella. En conjunto tiene unas dimensiones y una forma que lo hacen ergonómico para el uso diario, ya que se adapta perfectamente a la forma de la mano. En el punto 4 de este trabajo se explican con mayor detalle las características de cada componente.

La gama de colores e identidad de la marca están bien definidas con el objetivo de que los envases de esta marca sean fácilmente reconocibles y diferenciados. Estos están dirigidos fundamentalmente a un público objetivo, mujeres de entre 18/26 años.



Ilustración 2. Identidad de marca. Elaboración propia.

Siguiendo esta gama de colores e identidad de marca comentadas, se presenta una línea de perfumes, de manera conceptual, que ofrecería la marca "Kasens". Todos con el mismo material y aspecto formal, pero con distintos acabados, para disponer de varias opciones para el consumidor, suponiendo una posible ventaja competitiva.



Ilustración 3. Logo serigrafiado. Elaboración propia.



Ilustración 4. Línea de perfumes. Elaboración propia.

4. Descripción detallada inicial de los componentes

Con el objetivo de profundizar más el concepto inicial del que se va a partir se va a explicar en este apartado las características dimensionales y técnicas de cada uno de los componentes que conforman el envase. Gracias a esta información, se va a poder realizar un estudio y análisis en profundidad, concluyendo en los cambios necesarios en cada uno de ellos para su homologación.

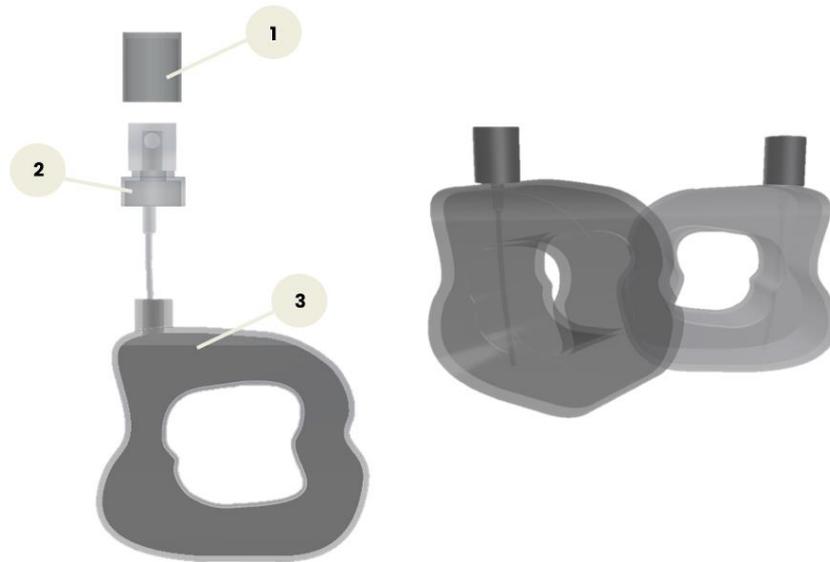


Ilustración 5. Componentes iniciales envase. Elaboración propia.

A. BOTELLA

La botella presenta una forma orgánica y asimétrica, que le da un aspecto visual elegante y moderno. Además, tiene un agujero pasante central que le aporta originalidad. Presenta una capacidad nominal de 100 ml y, sin contener la fragancia, pesa 73.49 gramos.



Ilustración 6. Botella inicial. Elaboración propia.

- Material y proceso de fabricación: El material del frasco es aluminio, escogido por permitir un envase fácil de transportar, además de ligero, al contrario que el vidrio. También por su relación con el medio ambiente, debida a su capacidad de reutilización y reciclaje, a diferencia del plástico. Para la conformación del frasco se van a llevar a cabo dos procesos. Primero un proceso de moldeo permanente por inyección en cámara fría y, como segundo proceso, un tratamiento de lacado, para proteger y pintar la superficie con poliéster o poliuretano y obtener los acabados que se desean.

- Dimensiones: Las dimensiones totales del frasco son de 89 x 92 x 45 mm (alto x largo x ancho). El agujero pasante mide 42 x 47.3 x 45 mm. En cuanto al espesor, el frasco tiene un espesor de 2 mm. No obstante, el espesor en las zonas delantera y trasera es superior, de 5.2 mm, para aportar una mayor estabilidad y resistencia al envase. Las dimensiones internas, debido a que el espesor es de 2 mm y 5.2 mm (dependiendo de la zona) son 74 x 88 x 35 mm.

El cuello del frasco por su parte mide 10.85 mm, con 12.5 mm de diámetro externo y 7 mm de diámetro interno. Este cuello tiene una rosca de 2.5 revoluciones, un paso de rosca de 0.4 mm y 1 mm de alto.

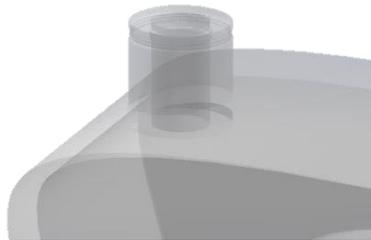


Ilustración 7. Cuello botella. Elaboración propia.

B. TAPÓN

El tapón actual es esencialmente un cilindro simple, contrastando con la apariencia llamativa y sinuosa del frasco. Este tiene unas muescas en el interior del tapón que son las que permiten un ajuste por apriete de este al anillo del pulverizador, de manera que no se salga.



Ilustración 8. Tapón inicial. Elaboración propia.

- Medidas: En cuanto a medidas exteriores, este mide 21 mm de alto y tiene un diámetro exterior de 20mm. En cuanto a interiores, el diámetro interno es de 18mm, con un 2 mm de espesor en sus paredes. Las hendiduras o muescas en el interior del tapón, encargadas de apretarse al anillo del pulverizador, tienen 2 mm de diámetro y forman un círculo interno imaginario de 17.5 mm, por lo que su diámetro interno real para el apriete es este último.

- Material y proceso de fabricación: Su material es, al igual que el frasco, de aluminio. Este fue escogido por ser respetuoso con el medio ambiente, gracias a su capacidad de reutilización y reciclaje. Para su fabricación simplemente se utilizarían dos procesos, un moldeo con molde permanente a presión en cámara fría, con un molde formado por dos mitades externas y un macho metálico deslizante, y un proceso de lacado para darle el acabado final. También como proceso añadido, se le realizaría el serigrafiado del logo de la marca.

C. PULVERIZADOR

El pulverizador sería un componente comercial, dotado de un cierre de seguridad de tipo autoprensante que permitirá el cierre hermético o de seguridad con el cuello del frasco.



Ilustración 9. Pulverizador. Imagen extraída de stocksmetic.com.

- Material: Aluminio, con un acabado "shiny silver".

- Dimensiones: 2 x 17.5 x 17.5 mm (Alto x Largo x Ancho). Diámetro interior del anillo de 15 mm. El tubo de inmersión inicia con una parte de diámetro mayor al resto del tubo, esa parte donde se acciona el muelle que permite pulverizar el líquido, que tiene 6 mm de diámetro.

- Proveedor: Stocksmetic Packaging, distribuidor online de todo tipo de accesorios para la industria cosmética. Sitio web: <https://www.stocksmetic.com/es>

FASE 2. ESTUDIO.

En esta fase se va a realizar un estudio en detalle de los envases de cosmética con el objetivo de tener una visión más crítica para, en apartados posteriores, poder establecer los requisitos necesarios y llevarlos a cabo, para poder transformar el diseño inicial en un envase viable en su totalidad.

5. Estudio funcional

Un envase, como define la directiva 94/62/CE de envases y residuos de envases, es "todo producto fabricado de materiales de cualquier naturaleza que se utiliza 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". Por tanto, el término recoge muchos tipos de envase, que pueden clasificarse según su función en tres grandes grupos:

1. Envases primarios. Es el envase que está en contacto directo y/o el que contiene al producto en su presentación básica o individual, como puede ser una botella o un estuche que contiene la botella, es decir, la unidad de venta directa al consumidor.
2. Envases secundarios. Es el envase que agrupa un determinado número de envases primarios o unidades de venta, ya sea para venta directa o para reaprovisionar los lineales en el punto de venta.
3. Terciarios. Es todo envase diseñado para la manipulación y el transporte de varias unidades de venta o de varios envases colectivos con objeto de evitar su manipulación física y los daños inherentes al transporte, como son las cajas de embalaje.

Además de esta clasificación, los envases se clasifican también según su resistencia en tres grupos. El primero de ellos son los envases flexibles o no portantes, aquellos que están fabricados de materiales como papel o películas plásticas, que no permiten su apilamiento ya que no resisten peso. El segundo grupo serían los envases semirrígidos o semiportantes, con una forma bien definida, pero con una resistencia a la compresión y una rigidez no muy altas (por ejemplo, los estuches de cartón, los tubos, las bombas dosificadoras). Por último, los envases rígidos o autoportantes, aquellos que tienen una forma definida que no puede alterarse, presentando una alta rigidez para permitir su apilamiento sin que sufra ningún daño. En este último grupo es donde se encuentran las botellas, además de las ampollas monodosis, las cajas rígidas y los viales (Conejero, 2017).

Gracias a estas clasificaciones se puede concluir que el envase a analizar en este proyecto es un **envase primario rígido o autoportante**, por lo que debe tener las características necesarias para cumplir con las funciones correspondientes a estos grupos. Por tanto, para este punto se van a listar las funciones generales y específicas de este tipo de envases (Nvl, 2024):

- Contenedor: el envase debe ser capaz de contener el producto de manera adecuada y evitando las fugas.

Para que un envase sea capaz de cumplir correctamente con la función de contenedor, debe cumplir ciertas características. En primer lugar, debe "cubicar", refiriéndose a que sus dimensiones deben permitir almacenar los ml o cm³ deseados. En este punto es necesario diferenciar entre volumen nominal (ml/cm³ que debe contener) y la capacidad total o volumen a rebose (la capacidad del envase al llenarlo hasta el borde sin rebosar). Es decir, la capacidad estará formada por el volumen o *fill point* y la cámara de seguridad, entendida como el espacio que queda libre hasta el borde del cuello del envase. Este espacio debe ser lo suficientemente pequeño para evitar que parezca que el producto ya ha sido gastado de cara al cliente y lo suficientemente grande como para permitir el llenado seguro en líneas de producción.



Ilustración 10. Calibre nivel de llenado. Extraído de www.at2e.mx

- Protección: Debe de aislar y proteger el contenido o producto del exterior para garantizar que las características del producto se conservan.

Con el fin de asegurar estas características, el envase debe ser estanco. Por ello, es necesario analizar en profundidad a la hora de realizar un diseño el cierre y ensamble que habrá entre sus componentes, por ejemplo, el cruce de tolerancias tapón-cuello del envase, o la unión de la bomba al cuello del envase.

Por otra parte, con el objetivo de proteger el contenido, el envase debe ser estable, es decir, debe ser capaz de mantenerse en equilibrio o de volver a dicho estado tras sufrir una perturbación, no solo durante todo el proceso de envasado, durante el cual el envase debe de moverse por las líneas de envasado, sino también durante toda la vida útil del producto.

Además, ya sea en la industria cosmética o en la alimentaria, la seguridad del contenido es de vital importancia. Por ello, que un envase sea inocuo entra como una prioridad directa en el diseño. Esto se refiere a que el material del envase debe ser capaz de resistir adecuadamente los distintos agentes atmosféricos y químicos.

- **Compatibilidad:** debe ser compatible con el producto, es decir, que no debe haber reacción química y/o física entre el producto (contenido) y el envase (continente) que altere las propiedades del producto.

Esto habrá que tenerlo en cuenta principalmente la hora de seleccionar el material a utilizar, teniendo en cuenta las propiedades químicas de la fórmula que se envasará en este, y las condiciones en las que lo hará (envasado en caliente, envasado en frío...)

- **Transporte:** Debe de garantizar que soporta los requisitos de la cadena logística (transporte y distribución)

Para cumplir esta función, como se comentará en puntos posteriores, un envase debe ser totalmente estable. Pero, además, debe cumplir ciertas propiedades concreta. Por una parte, debe ser capaz de resistir a la carga a la que va a estar sometida durante todo su ciclo de vida (resistencia a colapso). Esto no solo depende de la rigidez propia del material, sino también del espesor de las paredes y la geometría de los hombros. Esto se comentará en próximos apartados en mayor profundidad, ya que es necesario tenerlo en cuenta a la hora de desarrollar el envase.

- **Industrialización:** Su diseño, material y en general características técnicas deben ser adecuados al proceso de envasado.

Es necesario tener en cuenta en el diseño que el envase estará sometido a ciertas condiciones debido a su proceso de llenado y acondicionado a las que debe ser capaz de resistir. Más adelante se procederá al análisis y definición de este proceso para concretar las características concretas que debe reunir un envase para estar preparado para estas condiciones.

- **Identificación:** Su diseño debe de permitir identificar el producto ya sea por sistema de etiquetado o por cualquier otro. Además, debe ser capaz de atraer e informar al consumidor.

Esto quiere decir que el material utilizado en el envase debe permitir el tipo de decoración deseada, siendo capaz de adherirse correctamente.

- **Ergonomía-funcionalidad:** Debe de poder facilitar el uso del producto para el cual ha sido diseñado. Para ello debe tener ciertas características que permitan al usuario levantar y dejar el envase, dosificar correctamente, poner y quitar el tapón con facilidad, aprovechar la mayor cantidad de producto posible (mínima merma) etc.

6. Normativa y seguridad

Los envases de cosmética deben estar sujetos a una serie de normativas para garantizar que sean seguros, de alta calidad y que cumplan con ciertos requisitos medioambientales. Deben estar muy regulados, ya que son productos que se encuentran en contacto con la piel. Concretamente en el marco europeo todos los productos de cosmética y peluquería está regulado por el Reglamento (CE) N° 1223/2009. El envase que se encuentra en contacto directo con el producto cosmético recibe el nombre de envase primario, por lo que resulta muy importante para la conformación de este emplear materiales y acabados que no alteren la seguridad de este producto cosmético. Por tanto, habrá que evaluar para cumplir con la normativa de seguridad factores como la composición de los materiales del envase primario, las impurezas técnicamente inevitables y la posible migración desde el envase (Moreno Lerma, 2019).

Como indica el artículo 19 de este mismo reglamento, todos los envases cosméticos deben informar en su etiqueta de como se tiene que usar y aplicar el producto, de que componentes contiene y otra información adicional, con el fin de asegurar una transparencia y mantener al cliente informado. Así, los contenidos generales en los productos cosméticos indicados por la normativa son:

Símbolos de carácter general	Símbolos de carácter específico
Contenido nominal	Punto verde
Ingredientes	Anillo de Möbius
Fecha de duración mínima o PAO	Tidyman
Precauciones particulares de empleo	Plásticos
Función del producto	Factor de protección solar (SPF)
Listado de ingredientes	Símbolo UVA
Lote de fabricación	
Información adicional	

Ilustración 11. Tabla de contenido etiquetas. Martín Gil, E. (2020)

En los envases de cosmética, al igual que en los utilizados en otros muchos sectores, es muy importante que estén sometidos a controles que garanticen su calidad. Concretamente para envases cosméticos, la empresa fabricante del envase debe tener la ISO 22716, norma que garantiza unos estándares o AQL óptimos de calidad durante los procesos. Algunos puntos de esta norma son la limpieza, desinfección y mantenimiento de las instalaciones, tener un registro sanitario y pautas higiénicas impecables (De Embalaje, 2020). Básicamente la norma establece unos límites de calidad aceptables, el máximo porcentaje de defectos (Críticos: 0% Mayores: 2.5% Menores: 4%), por ejemplo, en cuanto a resistencia del envase a caídas o a sustancias químicas, estanqueidad, etc.

En cuanto a la legislación relacionada con el ámbito dimensional de los envases, ya no solo de la industria de la cosmética en sí, sino con los envases utilizados en distintas industrias, se detallan distintas normativas referentes que dependen en su mayoría del material empleado:

- ISO 2768-1:1994. Tolerancias generales. Parte 1: tolerancias para cotas dimensionales lineales y angulares sin indicación individual de tolerancia.
- UNE - EN ISO 1302. Norma que indica la especificación de la textura superficial de cara a la realización de dibujos técnicos.
- NORMA INTE Q57:2009. Dimensiones y tolerancias de los tipos de coronas de rosca para envases plásticos, coronas tipo SP-400, tipo SP-410, etc.
- Norma FEA 206. Dimensiones de cuellos de vidrio. Cuellos estandarizados como FEA 13. FEA 15, etc
- Envases de vidrio. Dimensiones de un recipiente de vidrio. UNE 126102. Madrid: AENOR, 2011.
- Envases de vidrio. Tolerancias normalizadas para los frascos. UNE-EN ISO 12818. Madrid: AENOR, 2015.
- Envases y embalajes. Recipientes de plástico rígido. Acabado PET 26/22 (12,0) UNE-EN 16594:2015.
- Envases metálicos ligeros. Definiciones y determinación de las dimensiones y capacidades. Parte 2: Envases para uso general. ISO 90-2:1997.

A la hora de desarrollar un envase cosmético, es muy importante tener en cuenta también la relación de este con el medio ambiente. La directiva 94/62/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a los envases y residuos de envases, contenida en el Real Decreto 1055/2022, de 27 de diciembre, de envases y residuos de envases, rige sobre este asunto. La directiva aplica sobre todos los envases destinados a la venta en el mercado y establece una jerarquía entre las distintas opciones para la gestión de los residuos. Esta directiva denomina como prioritarias las medidas para evitar la generación de residuos y coloca seguidas a estas las que fomentan reutilización, reciclado o valorización para reducirlos (BOE.es - Agencia Estatal Boletín Oficial Del Estado, s. f.). En cuanto a plásticos, también es importante la siguiente normativa específica:

- Plásticos. Huella de carbono y medioambiental de los plásticos de origen biológico. Parte 1, Parte 2 y Parte 3. UNE-EN ISO 22526-1:2022.

7. Estudio dimensional de los componentes

Como se ha comentado anteriormente, este estudio se va a centrar en los envases de tipo primario y rígidos o autoportantes. Dentro de este grupo, según las características formales, los envases pueden tratarse de botellas, ampollas monodosis, viales o cajas/estuches rígidos. En este punto con el objetivo de tener una visión en profundidad de las dimensiones, materiales y procesos de cada componente del diseño inicial para hacerlo viable, se van a analizar estas características de los componentes de las botellas, descartando del estudio las ampollas viales y estuches.

Las **botellas**, da igual el material o el aspecto formal, siempre se pueden dividir en distintas partes, con unos requisitos dimensionales, formales, funcionales y técnicos distintos.

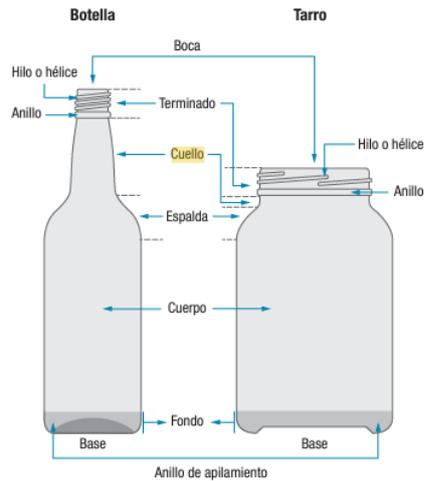


Ilustración 12. Partes de una botella. Extraído de www.ecoembesthecircularcampus.com

La botella en un envase de este tipo será el componente principal, pero estas siempre deben estar acompañadas de un sistema de cierre que permita crear un embalaje estanco y seguro. Dependiendo de la intención del producto cosmético, de qué tipo de fórmula se utiliza (su densidad, su viscosidad, sus componentes, etc) y del material empleado, se utilizará un tipo de cierre u otro. Los sistemas de cierre empleados en envases se resumen en 6 tipos, las tapas, los tapones, las bombas, las válvulas y los sistemas de cierre a través de termosellado. Al igual que en el caso de los tipos de envase, para el sistema de cierre el estudio se va a centrar únicamente en los utilizados en el diseño conceptual inicial, los tapones y las bombas.

A continuación, se estudiarán en profundidad los aspectos dimensionales que se deben tener en cuenta para el diseño y desarrollo de los distintos componentes comentados (botella y sistemas de cierre).

7.1. Botella

Como se ha comentado anteriormente, la botella se compone de 5 partes, cada una con sus características y requisitos dimensionales propios.

- **CUELLO**

El cuello es la parte más técnica del envase, ya que es la encargada de garantizar la estanqueidad del conjunto (envase + cierre), por lo que debe de ajustar dimensionalmente de manera exacta con el cierre. Por ello debe estar controlado y/o regulado dimensionalmente por una serie de normas (en consonancia con los tapones como son las normas SPI, GPI o FEA), que en función del tipo de cuello, material y/o proceso de fabricación del envase presentan diferencias. Hay varios tipos de cuello, cada uno permiten un tipo de cierre, con diferentes características y requisitos dimensionales:

- Cuellos de rosca

Estos deben estar regulados dimensionalmente por las normas **SPI** en el caso que se trate de plástico y **GPI** en el caso que se trate de vidrio. Están formados por la boca, el anillo centrador y la rosca. Estas normas lo que establecen son los requisitos que permitan asegurar una intercambiabilidad y estandarización, así como un sellado adecuado y seguro. Este tipo de cuello consta de un anillo centrador es la superficie donde apoya el tapón, que resulta muy importante para el proceso de envasado en líneas, con la función de auto centrar el tapón en el roscado, además favorece en gran medida la estética del envase (Conejero, 2017).

Por otra parte, es importante entender las partes de la propia rosca (representados en la imagen a continuación), ya que cada una de ellas condiciona en gran medida ciertos aspectos. En primer lugar, el diámetro exterior (dimensión T) determinará la relación entre botella y cierre, mientras que la dimensión I o diámetro interior condicionará el llenado. En cuanto a la dimensión S (altura hasta el primer hilo), determina la orientación del cierre de la botella y, por último, la altura H, que define la medida hasta el anillo centrador.

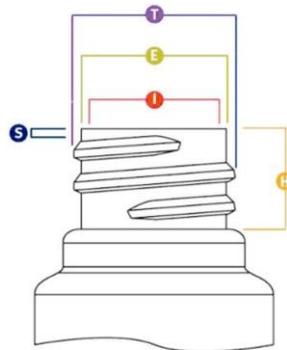


Ilustración 13. Partes de un cuello de rosca. Extraído de tapasytapas.com

Este tipo de cuellos, como se ha comentado anteriormente, deben cumplir ciertos requisitos dimensionales ya sean de plástico (cuellos normalizados SPI) o de vidrio (cuellos normalizados GPI), con el objetivo de seguir un estándar y permitir la intercambiabilidad con los distintos tipos de cierre. Estas normas estipulan distintos cuellos de rosca estándar, que se explicará con el siguiente ejemplo: cuello 20-410. El primer número se refiere a al diámetro exterior del cuello del envase mientras que, el segundo, se refiere a la altura y estilo de rosca que presenta. En este caso, al ser un tipo de rosca 410, la altura del cuello debería ser de aproximadamente 10,92 mm con 1,5 vueltas de hilo.

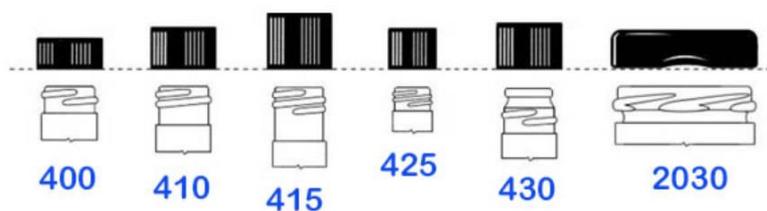


Ilustración 14. Cuellos estandarizados. Extraído de tapasytapas.com

Pero el estudio dimensional más importante radica en analizar la rosca. Es la responsable de que el cierre sea estanco o no, lo que se verá en profundidad en puntos posteriores de este mismo apartado.

- Cuellos de 1"

Estos cuellos se deben utilizar exclusivamente en envases de aluminio, como aerosoles. Están regulados dimensionalmente por las normas **FEA** (European Aerosol Federation), que se explicarán en el siguiente punto.

Se caracterizan principalmente por el anillo que presentan en su zona superior, el "rollo". Este no es más que el propio aluminio enrollado sobre si mismo formando una zona cilíndrica hueca de superficie lisa, que permite el correcto apoyo del cierre (Studocu, s. f.).



Ilustración 15. Cuello de un aerosol. Extraído de spanish.alibaba.com

- Cuellos FEA

Este tipo de cuello se puede utilizar tanto en envases de vidrio, como en aluminio o en plástico, pero solo es aplicable para bombas crimpadas, es decir, cierre por crimpado. Esto se debe tener en cuenta por tanto a la hora de establecer las dimensiones, aunque siempre deben ser planos en la parte superior, para que apoye la junta de la bomba.

Están regulados por normas **FEA**, ya que también se suelen usar para aerosoles y envases de la industria cosmética. Esta norma establece especificaciones en ciertas dimensiones de los cuellos que permitan proporcionar una estandarización y compatibilidad de los envases en el diseño y fabricación de estos.



Ilustración 16. Dimensiones FEA. Elaboración propia.

Esta norma se limita a definir el diámetro exterior (d1), interior (d2) y la altura de cuello (h) de los envases, sin contemplar las dimensiones de las roscas. Por ejemplo, un cuello FEA 15 permitirá un diámetro exterior de 15mm, un diámetro interior de 13.5 y una altura de 9-10mm (Studocu, s. f.).

Bague Neck Mündung	ø A	ø B MAXI	ø C	D	E	F MINI	G	H MINI	ø I MINI
11	11.0	9.7	8.0	2.5	0.3	5.0	2.8	6.2	6.1
13	13.3	12.3	11.0	2.5	0.3	5.0	2.8	6.8	7.8
15	15.3 ^{+0.0} _{-0.3}	13.3	12.0	2.6	±0.2	0.4	5.2	3.0	±0.2
17	16.8	14.0	12.8	3.5	0.4	6.7	3.9	9.0	9.0
18	18.5	16.9	14.5	2.6	0.4	7.4	3.0	9.0	10.2
20	20.0 ^{+0.0} _{-0.4}	17.8	15.5	3.2	±0.25	0.4	8.4	3.8	±0.25

Ilustración 17. Cuellos normalizados FEA. Extraída de www.studocu.com

- Cuello SNAP-ON

Este tipo de cuellos están diseñados para un cierre por presión, por lo que no necesitan estar regulados dimensionalmente por ninguna norma. Al final lo importante debe ser asegurarse de que estén en consonancia dimensional con el tapón. Este cuello tiene como parte identificativa el arpon, un anillo que recorre el perímetro del cuello con la misión es la fijar el tapón (Conejero, 2017).

• **HOMBROS**

Esta parte de las botellas resulta muy importante para resistencia del envase a la carga vertical. A igual condiciones, a mayor **ángulo de inclinación** del hombro mayor será la resistencia a colapso o carga del envase. No obstante, la resistencia a la carga no se ve afectada solo por la inclinación de los hombros, sino también por factores como el material utilizado, el espesor de las paredes y la forma y tamaño del cuerpo de la botella, factores que se estudiarán más adelante.

Por todo esto es importante garantizar un mínimo de resistencia a través de la inclinación de los hombros, quizás no tanto en el caso del vidrio, pero si es muy necesario en el caso del plástico, donde siempre hay que considerar un ángulo mínimo de 2°. Esto siempre deberá valorarse mediante ensayos de carga, ya que no existe una relación directa entre la resistencia y la inclinación, aunque si ayuda a aumentarla (Conejero, 2017).

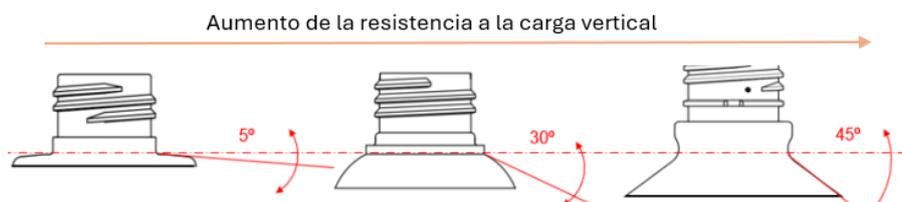


Ilustración 18. Relación inclinación hombros-resistencia a la carga. Extraído de RNB cosméticos.

- **CUERPO**

Este es la parte del envase que contiene el producto, por lo que sus dimensiones y características deben tenerse muy en cuenta en el diseño de un envase.

En primer lugar, sus dimensiones determinan directamente la capacidad del envase. Como se ha comentado en apartados anteriores esta capacidad o "fill point" afecta en gran medida a la producción y la estética, por lo que es importante tenerlo en cuenta para dimensionar el envase. Si existen variaciones dimensionales en el cuerpo del envase, debidas a contracciones del material o a procesos de fabricación, estas deben tenerse en cuenta en el cálculo de la cámara de seguridad, para que no pueda haber desbordes al llenar en líneas. Por tanto, definir **la tolerancia de capacidad** del envase o tolerancia de volumen en el plano, que se refiere a estas variaciones de volumen, es muy importante. Esta tolerancia o posible variación de la capacidad debe contemplar las posibles variaciones dimensionales debidas a la contracción del material del envase no solo debida a este sino a su proceso de fabricación.

Por todo esto, para definir el fill point de un envase, es necesario tener en cuenta diversos factores del proceso productivo, del envasado y del material, que se comentarán más adelante en puntos posteriores.

Por otra parte, dentro del estudio dimensional de un envase, es importante tener en cuenta la "zona de etiquetado", ya que un envase destinado a la cosmética siempre va a tener que estar identificado, con cierta información mínima que indica la normativa o con la imagen y contenido de la marca. Esto quiere decir que debe tener una zona plana mínima, sin relieves, para que se garantice adecuadamente el pegado de la etiqueta o la impresión de serigrafía en el envase.

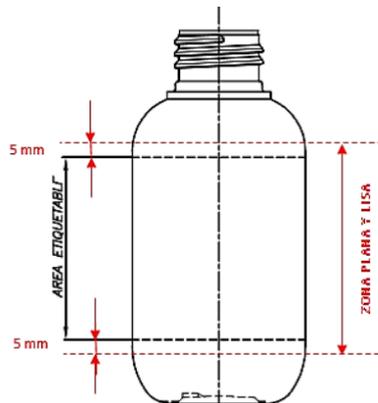


Ilustración 19. Dimensionado zona de etiquetado. Extraído de Rnb cosméticos.

Por otra parte, con el objetivo de proteger el contenido, el envase debe ser estable, es decir, debe ser capaz de mantenerse en equilibrio o de volver a dicho estado tras sufrir una perturbación, no solo durante todo el proceso de envasado, durante el cual el envase debe de moverse por las líneas de envasado, sino también durante toda la vida útil del producto.

Para ello debe existir una relación entre la base y la altura adecuada, lo que se puede ver comparándolo con el de un cubo. Un cubo tiene todas sus dimensiones iguales (alto=largo=ancho) por lo que obtiene un ratio de valor 1. Envases con ratios inferiores o iguales serán muy estables. Para envases con ratios por encima de 1, pese a que serán un poco menos, seguirá siendo relativamente estables. En cambio, envases con ratios muy por encima de 1 serán inestables y se tendrá que estudiar su geometría en profundidad:

$$\text{Ratio base \& altura: } \frac{\text{altura}^2}{\text{largo} \times \text{ancho}}$$

Para ilustrar en mayor medida este concepto, a continuación, se presentan diversas tablas que muestran diferentes ratios para envases de distintas geometrías y dimensiones, todos considerados estables, por lo que pueden servir de guía. A valores superiores a los mostrados en las tablas, deberá estudiar en profundidad la estabilidad del envase (Conejero, 2017):

ENVASES CILÍNDRICOS								
Alto (mm)	Ancho (mm)	Ratio	Alto (mm)	Ancho (mm)	Ratio	Alto (mm)	Ancho (mm)	Ratio
98,00	32,49	18,39	159,20	50,50	9,91	112,60	50,50	4,97
209,54	51,20	16,78	151,00	48,00	9,90	165,80	75,70	4,80
241,70	62,90	14,77	151,00	48,20	9,81	122,90	56,50	4,73
151,10	40,00	14,66	175,00	57,10	9,39	100,65	46,50	4,69
45,90	12,05	14,51	183,65	60,10	9,34	121,50	56,50	4,62
190,00	50,00	14,44	120,20	39,50	9,26	113,00	53,00	4,55
142,70	39,00	13,39	119,40	39,50	9,14	130,10	63,20	4,24
190,00	53,00	12,88	172,60	57,10	9,11	141,50	69,40	4,16
162,20	45,60	12,65	105,00	35,00	9,00	141,40	69,40	4,15
171,50	48,30	12,61	196,00	66,00	8,82	75,00	37,50	4,00
174,10	49,20	12,47	178,00	60,50	8,66	91,70	46,20	3,94
173,00	49,00	12,47	130,00	44,20	8,65	104,60	55,58	3,84
173,20	49,30	12,34	129,00	44,20	8,51	113,00	66,00	2,93
172,40	49,30	12,23	175,00	60,50	8,37	93,50	75,00	1,55
181,00	51,80	12,21	174,00	60,50	8,27	90,00	75,90	1,49
166,70	47,80	12,16	105,10	38,10	7,61	10,35	38,50	0,62
196,60	56,40	12,15	110,00	40,00	7,56			
173,00	50,00	11,97	147,10	56,20	6,85			
209,00	61,50	11,58	224,40	88,00	6,50			
209,00	62,00	11,36	141,00	55,60	6,43			
211,50	63,00	11,27	150,50	59,60	6,38			
146,10	49,00	10,89	140,00	55,60	6,34			
145,10	45,00	10,80	74,00	29,40	6,24			
123,00	37,50	10,76	221,40	88,00	6,33			
173,00	53,00	10,65	150,90	60,00	6,33			
241,00	80,00	10,64	88,00	38,00	6,32			
133,80	41,70	10,30	123,00	49,00	6,30			
73,70	23,00	10,27	100,00	40,00	6,25			
160,00	50,00	10,24	147,00	60,00	6,00			
92,30	29,10	10,06	154,00	63,00	5,98			
132,10	41,70	10,04	63,70	26,90	5,61			
161,35	51,00	10,01	136,60	60,00	5,18			

ENVASES CUADRADOS				ENVASES RECTANGULARES				ENVASES OVALES			
Alto (mm)	Ancho (mm)	Largo (mm)	Ratio	Alto (mm)	Ancho (mm)	Largo (mm)	Ratio	Alto (mm)	Ancho (mm)	Largo (mm)	Ratio
177,90	38,80	38,80	21,01	171,50	36,30	48,50	15,91	294,60	61,50	50,30	28,06
211,35	48,20	48,20	19,29	212,00	46,80	61,20	16,69	196,10	51,48	48,20	26,37
147,50	42,35	42,35	12,13	211,40	48,00	60,90	15,29	135,50	23,50	44,70	17,48
215,00	147,00	42,35	7,43	211,35	48,20	61,50	15,07	113,80	46,50	74,10	13,24
214,00	147,00	42,35	7,36	208,50	41,07	75,00	14,25	195,60	75,00	51,00	10,00
89,58	68,50	68,50	1,71	189,80	44,80	64,90	10,01	137,80	23,50	90,00	8,88
				133,90	37,50	48,50	9,86				
				183,90	50,70	69,60	9,58				
				147,90	38,60	60,30	9,46				
				174,75	38,80	67,60	8,68				
				134,50	65,00	33,90	8,21				
				146,90	44,80	64,30	7,49				
				69,00	67,00	33,50	3,65				

Ilustración 20. Ratios envases, indicador estabilidad. Extraído de RNB Cosméticos.

Con esto se deduce que el ratio puede ser un indicador útil a la hora de determinar la estabilidad de un envase pero no es un valor, si no que nos da una estimación del comportamiento del envase en este sentido. Solo midiendo la inclinación máxima de cada envase se obtendrá una información más objetiva, averiguando la inclinación máxima a la que mantiene la verticalidad mediante planos inclinados con goniómetros acoplados:

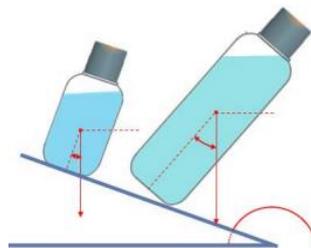


Ilustración 21. Ensayo en una mesa inclinada. Extraído de RNB cosméticos.

En el estudio dimensional del cuerpo de un envase es importante tener en cuenta que la resistencia al colapso de un envase depende principalmente de este componente. Para cumplir esta función debe cumplir ciertas propiedades concretas, relacionadas principalmente con la rigidez propia del material, pero también dimensionales, como **el espesor** de las paredes y la geometría de los hombros. Lo primero se comentará en próximos apartados en mayor profundidad, ya que es necesario tenerlo en cuenta a la hora de desarrollar el envase. Para este punto el estudio se va a centrar en cómo afectan las características dimensionales a la resistencia a colapso.

La resistencia a colapso es una propiedad mecánica que se define como la capacidad de una estructura/objeto para soportar fuerzas externas sin sufrir deformaciones permanentes o fallos estructurales. Es decir, en relación a un envase se refiere a su capacidad para mantener la forma y funcionalidad cuando se somete a presión o carga (PerfoBlogger - Drilling Blog, 2016).

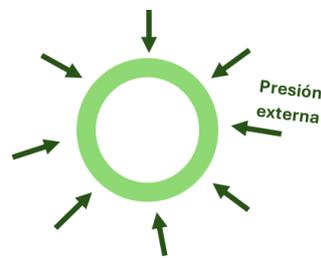


Ilustración 22. Resistencia a colapso. Elaboración propia.

El factor directamente relacionado con la resistencia a la carga vertical en el cuerpo es el peso, de manera que a mayor **peso** mayor resistencia (entendiendo que el reparto de material sea homogéneo en todo el envase), pero es un factor que puede elevar el coste del envase en caso de tener que incrementar su resistencia, pero una opción que nos permite controlar la resistencia del envase prescindiendo del peso, es el diseño. El diseño del cuerpo es otro de los aspectos que también está relacionado con la resistencia a la carga vertical de manera que la colocación de **nervios verticales** (los **nervios radiales** se usan más para aumentar la resistencia a la presión interna, para que no se hinche o colapse), **variaciones en la sección** o dibujos a lo largo del cuerpo incrementan la resistencia a colapso de un envase (De Rivera, 2021).



Ilustración 23. Envase con nervios y cambios de sección. Extraído de efeagro.co

- **BASE Y FONDO**

Es importante en este punto diferenciar entre el fondo de un envase de la base de este. Esta última es la zona del envase que se encuentra en contacto directo con la superficie, por lo que su diseño y dimensiones influyen directamente en la estabilidad. Por otra parte, el fondo es la parte inferior del envase que no está en contacto con la superficie de apoyo y donde se indica información relativa al fabricante, material, molde, volumen, etc. Las diferencias dimensionales y formales entre estas partes de un envase respecto a otro radican principalmente en el material y/o el proceso de fabricación de este.

De manera general, el fondo de un envase de vidrio suele ser bastante plano. A mayor **espesor del fondo** mayor peso y por tanto mayor estabilidad, por lo que ofrece una mayor calidad. No obstante, pese a que este fondo de gran espesor confiere estabilidad, la base que está en contacto con la superficie, puede sufrir deformaciones provocando ciertas imperfecciones que resulten en una “cojera”, provocando una pérdida ligera de estabilidad. Para evitar esto es interesante colocar nervios de apoyo (3 para evitar cojera) que absorba esas variaciones. Los fondos de envases de vidrio, como se explicará en puntos posteriores, suelen ser irregulares debido al proceso productivo (Conejero, 2017).

Como se ha comentado, la forma del fondo afecta en gran medida a determinadas propiedades mecánica y físicas. En el siglo XVIII cuando se generalizó el uso de botellas de vidrio para almacenar el vino, la fabricación de botellas era artesanal y hacerlas con el fondo plano les era complicado a los artesanos sopladores, por lo que se empezó a dejar un fondo convexo. Este fondo convexo, además de facilitar la fabricación del envase, aportaba diversas ventajas (iProfesional, 2020):

- Aumenta la **resistencia interna**, permitiendo aguantar más la presión interna generada sobre todo en los vinos espumosos.
- Al incrementarse el peso en el fondo, aumenta la **estabilidad** y es más difícil derribarla.
- Los sedimentos que se generan durante el proceso de maduración del vino se quedan en los laterales del fondo e impiden que caigan en la copa al servirlo.



Ilustración 24. Fondo convexo envases de vidrio. Extraído de www.iprofesional.com

Por otra parte, los envases de plástico fabricados por extrusión soplado se deben diseñar con cierta convexidad y en ningún caso planos, debido a las contracciones del material, que en el caso de ser planos provocarían que el fondo sobresaliera de la base haciéndola redonda, perdiendo toda estabilidad. No obstante, en los envases de plástico por inyección de capacidades pequeñas podemos encontrar envases con fondo plano.

Sin embargo, en el aluminio podemos encontrarnos con fondos planos para envases que no están sometidos a presión (llamados NP o NO PRESSUR) y convexos para aquellos destinados al aerosol, los cuales están regulados dimensionalmente por normas FEA.

7.2. Cierre (tapón)

Existen muchos tipos de diferentes de cierres, diferenciados entre si en determinadas dimensiones, que hacen que se fijen al envase de una manera u otra. Además, se distinguen por su sistema de obturación, en como permiten la dispensación del producto o en el tipo de apertura que tienen para la dosificación.

Los tapones pueden estar compuestos por uno o varios componentes y fabricados por distintos materiales, como aluminio, PP, HDPE, ABS, etc., aunque los más comunes son de plástico (mayoritariamente de Polipropileno). De manera general se puede clasificar entonces de la siguiente forma (Conejero, 2017):

- En base a su sistema de sellado.

El sellado se describe como la manera de conseguir retener el producto sin que se produzcan fugas o dosificación involuntaria de producto, es decir, estanqueidad. Es decir, se puede decir que la estanqueidad se logra creando un sellado entre el tapón y el envase que, dependiendo del tipo o características del producto y del envase, se consigue mediante un tipo de tapón u otro. Si el sistema de sellado ocurre verticalmente, mediante dos caras plana, de manera que el apoyo entre estas dos caras planas es la que produce el sellado, el sistema se denomina "sellado por testa" (A y B). Este tipo de cierre a veces necesita un refuerzo, un disco compuesto por una mezcla de materiales que garantice el sellado. Por otro parte, un sistema de sellado se denomina "sellado por obturación" (C y D) cuando se realiza lateralmente entre el obturador y la cara interna del cuello del envase. En este tipo de cierres la calidad del sellado viene determinada por la longitud y diseño del obturador.

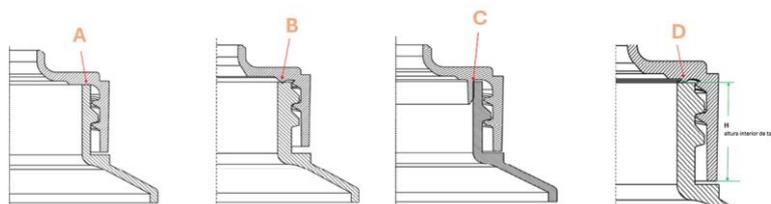


Ilustración 25. Tipos de sellado. Obtenido de RNB cosméticos.

- En base a su sistema de anclaje.

Este se define como la manera de fijar el tapón al envase. Esta fijación puede ser mediante rosca, la cual está normalizada mediante estándares (GPI o SPI, según el material), permitiendo unificar criterios de fabricación tanto en envases como cierres y para poder usar distintos cierres con distintos envases de distintos fabricantes. Por una parte, la norma GPI propone tres tipos de geometría del perfil de rosca, mientras que la norma SPI propone solo dos tipos de perfiles o estilos.

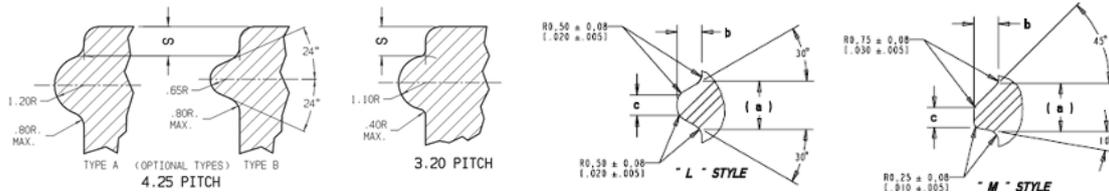


Ilustración 26. Tipos de perfil de rosca. Obtenido de RNB Cosméticos.

No obstante, pese a que la fijación por rosca sea un tipo de cierre regulado por la normativa, es importante tener en cuenta diversos aspectos en el cruce de tolerancias envase-tapón.

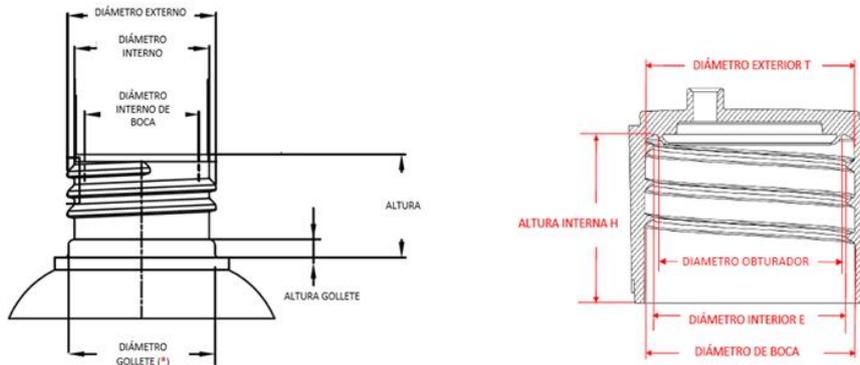


Ilustración 27. Dimensiones cruce de tolerancia. Obtenido de RNB cosméticos.

Las dimensiones indicadas en la figura anterior son las medidas que es necesario comparar para valorar el cruce de tolerancias entre cuello-cierre roscado. En primer lugar, el diámetro interno del envase con el interior (E) del cierre. En este caso, el peor de los escenarios sería si el diámetro del envase está en su valor máximo de tolerancia y el diámetro del tapón en su valor mínimo de tolerancia, de manera que si el máximo del envase es mayor que el mínimo del tapón, el tapón, físicamente no entraría nunca en el envase. Ocurriría lo mismo con el cruce entre el diámetro externo del envase y el externo del cierre, donde el peor de los escenarios sería si el diámetro del envase está en el máximo y el diámetro del tapón en el mínimo, de manera que el tapón físicamente no entraría nunca en el envase.

Por ello para realizar el cruce de tolerancias respecto a estas dos dimensiones sería necesario hacer esta ecuación, donde un valor positivo sería un cruce correcto y un valor nulo o negativo supondría un cruce erróneo:

$$D_{\text{int máx}} (\text{envase}) - D_{\text{int mín}} (\text{cierre}) > 0$$

$$D_{\text{ext máx}} (\text{envase}) - D_{\text{ext mín}} (\text{cierre}) > 0$$

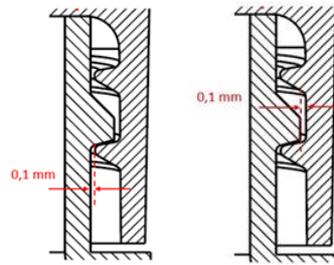


Ilustración 28. Cruces de tolerancia Dext y Dint. Obtenido de RNB cosméticos.

En cambio, para valorar del cruce de tolerancias respecto a la altura, lo correcto sería que la altura del cuello de envase en su cota mínima fuese siempre superior a la altura interna de tapón en su cota máxima, es decir, que ocurriera una interferencia negativa. Esto se debe a que un valor positivo en el cálculo del cruce indicaría que habrá gap y por tanto espacio para una fuga de producto, por lo que se tendría que rechazar el tapón o ajustar esta cota. Esto garantiza la estanqueidad, es decir, asegura que en cualquier escenario dimensional el cierre entre el tapón y el envase sea estanco.

$$H_{\text{máx}} (\text{cierre}) - H_{\text{min máx}} (\text{envase}) < 0$$

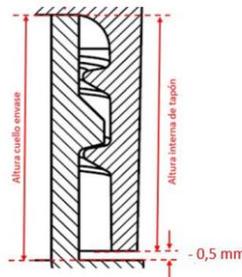


Ilustración 29. Cruce tolerancia altura. Obtenido de RNB cosméticos

Por otro lado, se encuentran los tapones de fijación snap-on. Estos tapones cierran por medio de anclaje entre el tapón y el envase con el que el tapón se queda fijado al envase, presionando.

Por último, los tapones de presión. Estos se usan básicamente para perfumería y se diferencian de los tapones anteriores en que no se fijan al envase directamente, sino que se fijan sobre un embellecedor o directamente sobre la férula de la bomba. Estos pueden anclarse por fricción o mediante bordón macho. El primer tipo de anclaje esta basado en la existencia de nervios en el interior del cierre, es decir, salientes en forma circular dispuestos verticalmente y con el extremo inferior redondeado para facilitar la entrada del tapón que reducen el diámetro interior del tapón con el objetivo de crear interferencia y poder anclar.

$$D_{\text{ext min}} (\text{tapón}) - D_{\text{ext máx}} (\text{bomba}) > 0$$

La zona de inicio de los nervios se denomina embocadura y es donde se produce el centrado del tapón, es decir, cuando el tapón se deja caer encima de la bomba, este debe de quedarse centrado en la bomba para poder presionar encima de este y fijarlo. Por esto, si la embocadura es demasiado pequeña el tapón no se quedará centrado, sino que podrá desplazarse lateralmente y al presionar encima de este para fijarlo, al estar descentrado, no se anclará correctamente.

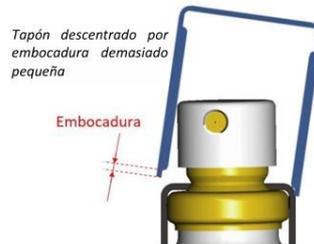


Ilustración 30. Embocadura reducida. Obtenido de RNB cosméticos.

Por otra parte, otros factores que afectan al fijado son el diámetro interno que forman los nervios y el grosor de estos (a mayor grosor mayor fuerza de anclaje). Además, es necesario también asegurar una mínima zona de contacto entre los nervios y la superficie de la bomba ya que, a mayor zona mayor será la fijación.

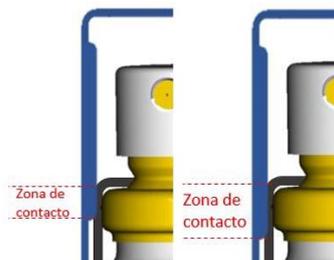


Ilustración 31. Tipos de zona de contacto. Obtenido de RNB cosméticos.

- En base a su sistema de dosificación

En primer lugar, se encuentran los tapones tipo bisagra. Estos constan de tapa y cuerpo, unidos mediante una bisagra que forma parte del mismo componente, es decir, están fabricados en el mismo molde de una sola pieza, aunque también es posible usar distintos materiales para cuerpo y tapa si se fabrican con sistema de doble inyección. La tapa tiene un tetón que encaja en el orificio de salida del cuerpo y que al levantarla o bajarla permite dosificar o cerrar.

Por otra parte, se encuentran los tapones tipo disc-top, en los que la tapa es un disco con un orificio, integrada en el cuerpo mediante dos pivotes laterales. Esto le permite bascular para abrir o cerrar el orificio de salida al presionar sobre un extremo del disco, fabricado en procesos separados de inyección. Los tapones tipo push-pull también tienen una tapa en forma de pitorro, y se fabrican por separado, para después unirse con un proceso posterior. No obstante, la diferencia son los disc-top radica en que en este tipo de tapones hay que estirar hacia arriba el pitorro para dosificar en lugar de presionar en un lateral.

Por último, están los tapones de una sola parte o íntegros, lo que no implica un solo componente, sino que no constan de ningún componente para la dosificación del producto, sino que solo dejan libre la salida del producto a través del propio envase. Este tipo de tapones se denominan tapones ciegos.

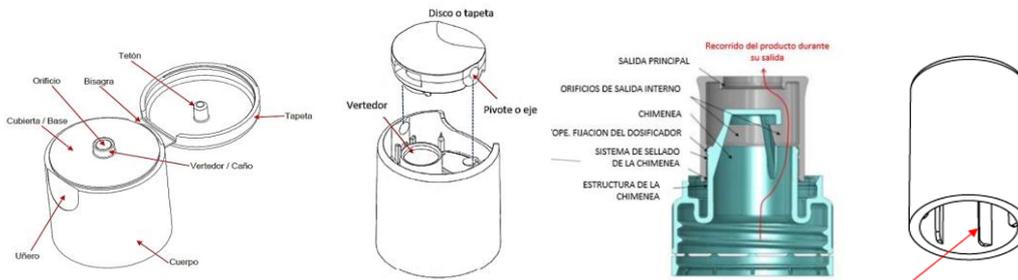


Ilustración 32. Tipos de tapones según dosificación. Extraído de RNB cosméticos.

- En base a su composición

En primer lugar, se encuentran los tapones mono componente. Estos están fabricados en una sola pieza independiente del material y proceso por el que hayan sido fabricados, pudiendo ser fabricados por inyección de plástico en materiales como Polipropileno, Polietileno o ABS y también en aluminio, fabricados por un proceso de embutición. El sistema de anclaje puede ser tanto por fricción con cubre liso como por anclaje con bordón.

Por otra parte, los tapones enfundados. Estos están formados por al menos dos componentes, la funda, cuya función es meramente estética y el interior, cuya misión es la de fijar el tapón a la férula o cubre. El componente interior suele fabricarse mediante inyección de plástico en Polipropileno o Polietileno y tiene la función de adaptarse a la funda exterior y al sistema de anclaje con el que se quiera fijar el tapón al cuello del envase. Es decir, este tipo de tapones no son macizos, si no huecos y ligeros, lo que les aporta cierta flexibilidad, permitiéndoles absorber las variaciones del diámetro del cubre o férula, teniendo un rango de fuerza de extracción reducido que permite un uso ergonómico.

Dependiendo del material, la fijación de la funda al interior suele ser por anclaje o sellado, por lo que el acabado de la base de la funda tiene varias opciones, acabado en canto vivo, sobre la base del interior o con los bordes plegados.

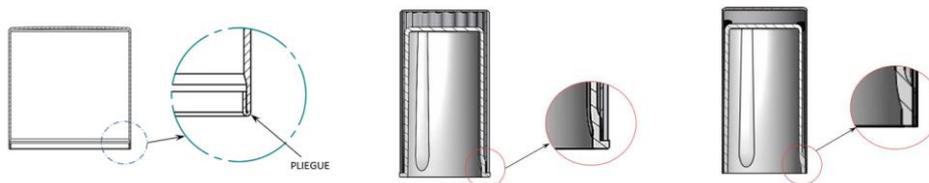


Ilustración 33. Tipos de anclaje funda interior-exterior. Obtenido de RNB cosméticos.

Pese a que suelen tener un coste más elevado que los tapones mono componente, tienen una gran ventaja respecto a estos, y es que al no ser macizos, si no huecos y ligeros, tienen cierta flexibilidad que les permite absorber mejor las variaciones del diámetro del cubre o férula.

En resumen, en base al tipo de envase y producto se seleccionaría su sistema de anclaje al envase, tipo de dosificación y el sistema de obturación óptimo, pero el envase también debe de estar ajustado o diseñado para poder llevar ese tapón.

8. Principales materiales y procesos de fabricación

A continuación, se va a realizar un estudio sobre los materiales y procesos de fabricación utilizados para los envases, con el objetivo de tener una visión más concreta de los requisitos que suponen estos factores en el diseño de un envase, que es necesario tener en cuenta. En el mundo de la cosmética los materiales más comunes para envases (tanto para botellas, como para los sistemas de cierre) son los plásticos, el vidrio y el aluminio, ya que son los que cumplen con las necesidades estéticas y técnicas requeridas.

8.1. Plástico

Debido a las ventajas que presentan, los envases suelen ser fabricados en plástico, debido a su ligereza, su versatilidad en el diseño, a las formas y acabados que permiten fabricar y sobre todo por su bajo costo.

Los más habituales para envases en packaging son el Polipropileno (PP), Polietileno (PE), Polietilentereftalato (PET) y Policloruro de vinilideno (PVC), aunque este último está siendo sustituido por el PET debido a las implicaciones negativas sobre el medio ambiente. A continuación, se presenta una tabla con las principales características y propiedades de los distintos tipos de plásticos:

Características	Polipropileno (PP)	Polietileno (PE)	Policloruro de Vinilo (PVC)	Polietileno Tereftalato (PET)
Composición Química	Polímero de propileno	Polímero de etileno	Polímero de cloruro de vinilo	Polímero de ácido tereftálico y etilenglicol
Densidad	Baja (0.90-0.92 g/cm ³)	Baja a media (0.91-0.96 g/cm ³)	Media a alta (1.30-1.45 g/cm ³)	Alta (1.38 g/cm ³)
Resistencia Química	Excelente	Buena	Excelente	Buena
Resistencia a Impacto	Alta	Alta	Media	Alta
Reciclabilidad				
Flexibilidad	Media a alta	Alta	Media a baja	Media a baja
Costo	Bajo	Bajo	Bajo	Moderado
Propiedades mecánicas	Alta resistencia a la tracción y dureza	Buena tenacidad, menor rigidez	Alta rigidez y dureza	Alta resistencia a la tracción y dureza
Procesos de conformación	Extrusión, inyección, soplado, termoformado	Extrusión, inyección, soplado, rotomoldeo	Extrusión, inyección, soplado, calandrado, termoformado	Inyección-soplado, extrusión-soplado, termoformado
Propiedades de barrera a gases y aromas	Baja	Baja	Buena	Excelente

Tabla 1. Características y propiedades de los tipos de plástico (Novoa Beltrán, 2011)

Como se puede observar, debido a la combinación de propiedades y características, el material más adecuado para los envases cosméticos es el PET, ya que es necesaria una alta calidad y protección, sin dejar de lado la reciclabilidad. Otros materiales como el PP y PE también son utilizados para la fabricación de envases de cosméticos, pero especialmente para tapas y dispensadores, debido a su buena resistencia química y flexibilidad. Pero sobre todo que el PET sea la mejor opción radica en su reciclabilidad, clasificada como tipo 1. Los plásticos más comunes se clasifican con un número del 1 al 7, dígitos que deben aparecer impresos en los objetos fabricados. El número más bajo indica que la facilidad de reciclaje del material es alta, mientras que conforme va aumentando el valor, la facilidad de reciclaje va disminuyendo (*La Clasificación de los Plásticos*, s. f.).

Para estos tres materiales utilizados para los envases y cierres de la industria cosmética, existen diversos procesos de fabricación, que ofrecen distintos acabados y propiedades a los materiales, que se comentarán a continuación.

- **PROCESO DE FABRICACIÓN (BOTELLAS, TARROS, ENVASES, ETC)**

Para la conformación de envases mediante estos materiales se pueden distinguir dos procesos de fabricación principales, extrusión-soplado e inyección-soplado.

- INYECCION-SOPLADO: Este proceso puede ser de una o de dos etapas. El más directo es el primero de ellos, que consta de las siguientes fases (Conejero, 2017):

1. El plástico fundido se inyecta en un molde, formando una "preforma", una versión inicial, sin expandir, del producto final.
2. La preforma, una vez caliente, se transfiere a un molde de soplado.
3. Se produce el soplado, donde se sopla aire comprimido dentro del parison, lo que produce su expansión, tomando la forma del molde.
4. El molde se enfría para solidificar el plástico.
5. Se realiza el desmoldeo para extraer el producto terminado.

- EXTRUSIÓN-SOPLADO: Este procedimiento se realiza a través de la siguiente secuencia de pasos (Gómez Correa, 2021):

1. El plástico fundido (generalmente polietileno y polipropileno, aunque también en menor grado están el Poliestireno (PS), Policloruro de vinilideno (PVC) o Polietileno tereftalato de Glicol (PET-G)) se extruye a través de una boquilla, formando un tubo hueco, el "parison".
2. El parison una vez caliente es colocado dentro de un molde formado por dos piezas, que se cierra alrededor del plástico.

3. Se produce el soplado, donde se sopla aire comprimido dentro del parison, lo que produce su expansión, tomando la forma del molde.
4. El molde se enfría para solidificar el plástico.
5. Se realiza el desmoldeo para extraer el producto terminado.

Como se puede ver, aunque cada uno con sus particularidades, ambos son muy similares, iniciando con la fabricación de la preforma o parison y terminando con un proceso de soplado, en la que se genera el envase. Por tanto, se va a realizar una comparación de ambos para realizar el estudio en profundidad solo de uno.

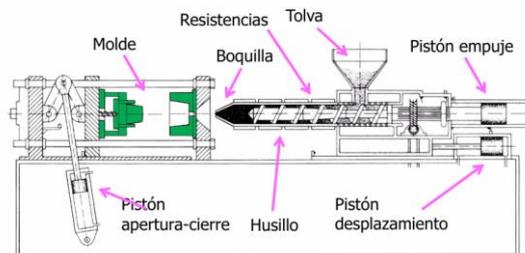


Ilustración 34. Equipo de Inyección. Obtenido de Área de Ingeniería de los Procesos de Fabricación. UPV.

El proceso de extrusión-soplado es más económico ya que requiere menor equipo debido a su simplicidad, por ello, es más adecuado para volúmenes grandes y productos de menor complejidad. Por otra parte, pese a que el proceso de inyección-soplado es más costoso, obtiene resultados de mayor calidad y precisión. Por todo esto el proceso extrusión-soplado es el más común en la industria cosmética, ya que ofrece una gran versatilidad en los materiales a emplear, así como en los diseños y formas que se pueden obtener y tiene un coste asequible en moldes y utillajes. En esta industria se suele buscar grandes cantidades y pese a que se requiere una buena presión, no es el principal requisito (Gómez Correa, 2021). A continuación, por tanto, se estudiará en profundidad el proceso de **extrusión-soplado**.

Existen dos tipos de proceso dentro de la extrusión-soplado, el continuo y el discontinuo. En el primero de ellos la extrusión del parison es continua y el soplado se hace en otra estación. Por el contrario, en el discontinuo o se extruye el parison y se realiza el soplado en la misma estación y hasta no haber soplado el envase no se vuelve a extruir otro parison, cuyo material se acumula en un acumulador. Este proceso se puede dividir en siete etapas (Conejero, 2017), como se puede ver en la imagen a continuación.

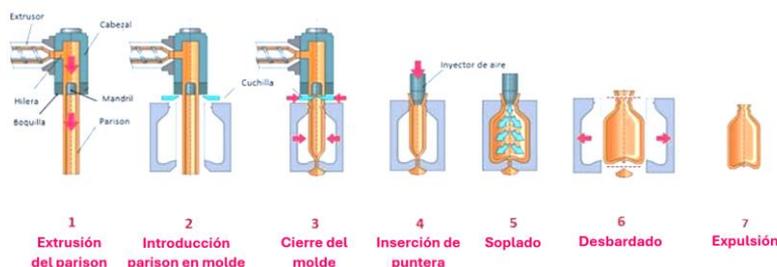


Ilustración 35. Etapas del proceso de extrusión-soplado. Extraído de Rnb cosméticos.

La primera etapa es la extrusión del parison y es la que condicionará en gran medida la calidad del envase obtenido, ya que en ella se configura tanto el peso del envase como el perfil de los espesores de la pared que tendrá el envase en función de su geometría. La extrusión se inicia en la boca de la extrusora, donde se plastifica el material o resina, haciéndola pasar a través del cabezal hasta la boquilla, que es por donde sale el parison ya extruido. El parison, que baja por gravedad, se extruye hasta una determinada longitud (aproximadamente a la longitud que tendría el envase final) y con un determinado diámetro y grosor.

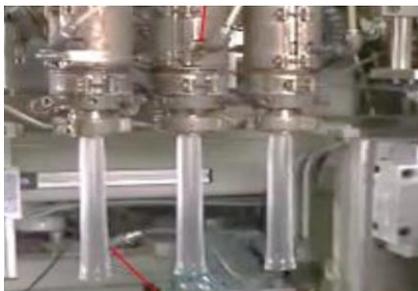


Ilustración 36. Extrusión del parison. Extraída de RNB cosméticos.

Durante esta extrusión es muy importante que el parison no sufra deformaciones ni variaciones dimensionales para poder garantizar la calidad del envase, por lo que es importante controlar este proceso, que en gran medida depende del material que se emplea. Los materiales empleados en la extrusión tienen que tener una alta viscosidad o un bajo índice de fluidez y este fluido además debe tener una alta resistencia a la deformación (alto peso molecular) desde que sale por la boquilla hasta que se sopla para evitar que el hinchamiento que sufre el parison cuando sale por la boquilla, junto con la deformación causada por la gravedad cuando el parison queda colgado hacia abajo provoquen una acumulación excesiva de material en la parte inferior y deficiente en la parte superior lo que afectaría negativamente a la calidad final del envase (Gómez Correa, 2021).

Controlar la deformación del parison durante su extrusión no es sencillo, pero mediante la programación del parison o variando la velocidad y/o presión de extrusión se puede controlar el espesor del parison y por tanto también esta deformación. El espesor del parison viene determinado por el tamaño del diámetro de la boquilla y del mandril, más concretamente por el espacio que queda entre ellos, a partir de ahora volumen libre, de manera que a mayor diferencia de diámetros entre ellos, mayor volumen libre y por tanto mayor espesor del parison y viceversa. En algunas extrusoras es posible definir o controlar este volumen libre mediante la posición del mandril con respecto a la boquilla subiéndolo o bajándolo, proceso conocido como programación del parison o extrusión programada (Conejero, 2017).

En segundo lugar, una vez extruido el parison, se produce la introducción del parison en el molde, que se debe desplazar hasta centrarse completamente respecto al parison. Posteriormente se cierra el molde, atrapando el parison en su interior quedando un sobrante tanto en la parte inferior como en la parte superior. Este último se corta mediante unas cuchillas calientes para pasar a la siguiente etapa donde se inserta la puntera.

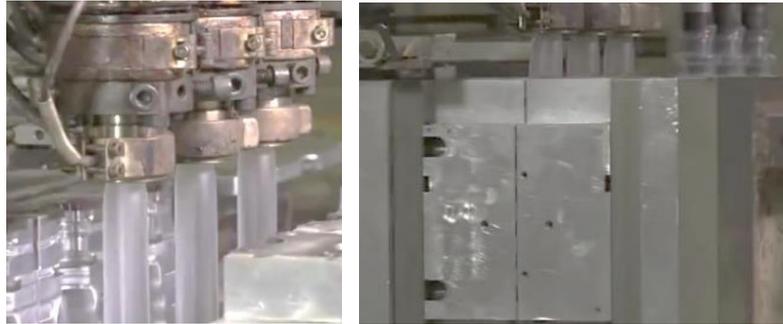


Ilustración 37. Proceso de centrado del parison y cierre del molde. Extraída de RNB cosméticos.

Como cuarta etapa, se produce la inserción de la puntera. Se comprime el material contra las paredes del molde de la rosca de manera que el material copia perfectamente la forma de la rosca en el exterior y un interior de boca liso en el interior, formando la boca del envase tanto interna como externamente.

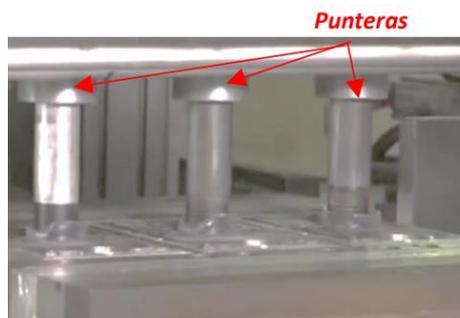


Ilustración 38. Introducción de las punteras en el molde. Extraída de RNB cosméticos.

Posteriormente comienza la fase de soplado, donde el parison se hincha y se va estirando de manera más o menos homogénea hasta copiar todo el interior del molde, momento en el que el material se enfría (deja de estirarse) dejando un espesor correspondiente al estiramiento del parison en ese punto. En envases que presentan diferentes secciones, las secciones con menor diámetro o amplitud serán las que el parison llegue antes al estirarse, enfriándose en ese punto con el espesor correspondiente al estiramiento del parison en ese punto, mientras que el resto del parison se seguirá estirando hasta llegar a las paredes del resto del molde, pero con un espesor menor a la de la sección de menor diámetro, lo que al final provoca que el envase tenga un perfil o distribución de espesores no uniforme (Gómez Correa, 2021).

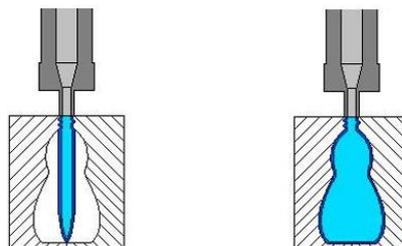


Ilustración 39. Proceso de soplado (Gómez Correa, 2021)

Este perfil de espesores no uniforme puede ser crítico si afecta a la resistencia vertical del envase o debilita la zona de etiquetado, por lo que es necesario controlarlo en algunos casos. La programación del parison es muy útil para este tipo de situaciones, en las que se necesita un determinado espesor de pared en zonas concretas o mantener uniforme el espesor a lo largo de todo el envase. Como se ve en la figura a continuación, la distribución de espesores para un parison no programado frente a otro programado es notablemente distinta. El proceso de programación de un parison en el mandril consiste en que este sube y baja con respecto a la boquilla para controlar el espesor final del parison en base al volumen libre que queda entre el mandril y la boquilla (Conejero, 2017).

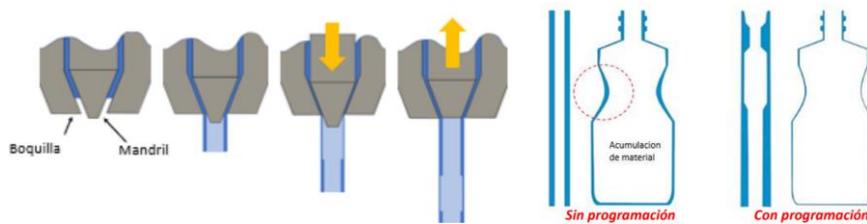


Ilustración 40. Programación del parison. Obtenido de RNB Cosméticos.

Como últimas etapas se produce el desbardado, proceso en el que se cortan las rebabas del cuello y fondo del envase ya conformado, con el molde todavía cerrado, ya sea fuera o dentro de la extrusora, para terminar con la expulsión del molde, donde una cinta transportadora que los llevará hasta los puntos de control de "detección de poro" y "boca ciega".

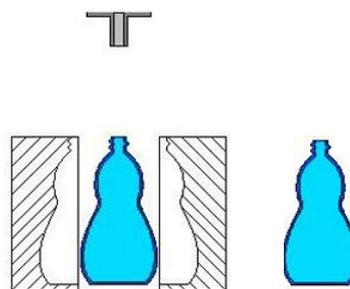


Ilustración 41. Desbardado y desmoldeo (Gómez Correa, 2021)

A continuación, se presentan algunos ejemplos de moldes empleados para el proceso de extrusión-soplado, donde se encuentran indicadas las partes que deben tener para la correcta fabricación de envases mediante este procedimiento.

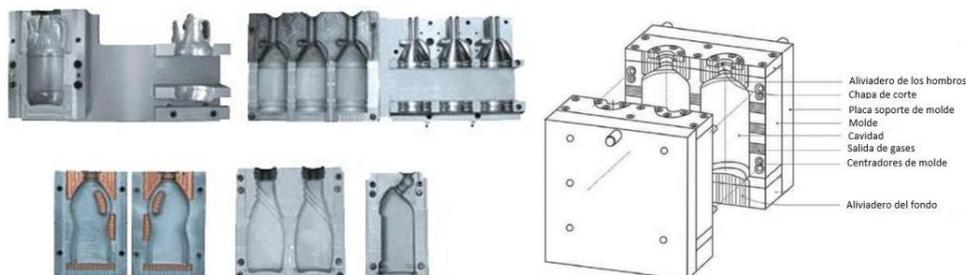


Ilustración 42. Moldes para extrusión-soplado (Gómez Correa, 2021).

- **PROCESO DE FABRICACIÓN (TAPONES, TAPAS, CIERRES, ETC)**

El proceso de inyección de plástico es el proceso de fabricación más común para la gran mayoría de los sistemas de cierre, como tapones, tapas o bombas. Se trata de un proceso semicontinuo de moldeo de plástico que consiste en inyectar a presión un plástico fundido dentro de un molde cerrado, cuyo interior tiene la forma deseada de la pieza y que, una vez enfriada dentro del molde, este se abre y se extrae la pieza con la forma definida del molde.

Este proceso requiere de una máquina de inyección de plástico y del correspondiente molde. Dicha máquina es la encargada de acondicionar el material para poder inyectarlo dentro del molde a una determinada temperatura, velocidad y presión, para posteriormente llenar la cavidad del molde, la cual tiene la forma de la pieza. En esta máquina se pueden diferenciar básicamente dos partes, la parte del sistema o grupo de cierre donde se aloja el molde y que lo mantiene cerrado o abierto durante la fase de inyección y la parte del sistema o grupo de inyección, en la que se acondiciona el material a la temperatura adecuada y se inyecta dentro del molde a una velocidad y presión determinada (Moldeo Por Inyección de Plásticos - la Máquina Inyectora de Plástico, s. f.).

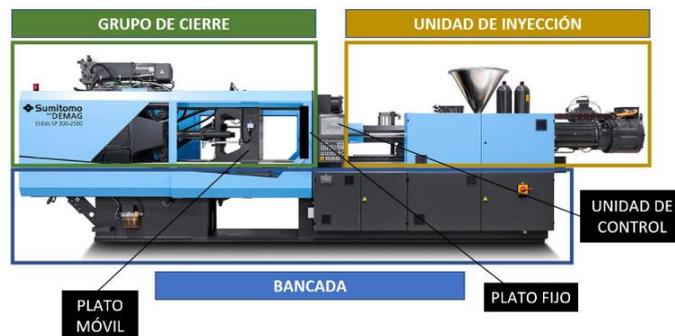


Ilustración 43. Máquina inyectora. Extraído de total-manufacturing.com

- **Unidad de inyección:**

Esta zona está formada a su vez por un contenedor de material, una zona de alimentación, el cilindro de plastificación, los calefactores o resistencias, el husillo, una válvula antirretorno y una boquilla de inyección.

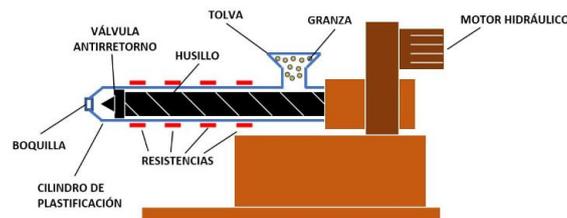


Ilustración 44. Unidad de Inyección. Obtenido de total-manufacturing.com/

El primero de ellos es la tolva, donde se realiza la alimentación del material, es decir, por donde entra el producto dentro del husillo para ser fundido e inyectado dentro del molde posteriormente. La alimentación puede ser automática, en la que, mediante una serie de conducciones conectadas a silos, donde se almacena el material a granel (granza), se va suministrando a la inyectora automáticamente. Por el contrario, puede ser manual en la que, en un recipiente aparte, se mezcla el material o la mezcla de material y el colorante en la proporción adecuada y mediante aspiración se lleva a la tolva. En esta, el material se dosifica al inyector de manera continua, mediante un husillo de avance que determina el volumen de dosificación (según su diámetro, la inclinación de este y las revoluciones por minuto). No obstante, el volumen viene determinado también por la sección transversal de la tolva, la altura de carrera y la duración de apertura (Moldeo Por Inyección de Plásticos - la Máquina Inyectora de Plástico, s. f.).

Por otra parte, se encuentra el cilindro de plastificación, que es un cilindro hueco que a lo largo de toda su longitud lleva incorporados una serie de calefactores o resistencia que aportan calor para la fusión del polímero. Dentro del cilindro de plastificación se encuentra un husillo, que es un tornillo sinfín que se encarga de transportar al polímero hasta el extremo del cilindro de plastificación para inyectarlo dentro del molde, a través de la boquilla de inyección, situada en el extremo final del cilindro de plastificación. Es decir, el proceso de inyección empieza con la fusión del polímero, el cual entra en el cilindro de plastificación a través de un orificio donde está situada la tolva, la cual deja caer el polímero de manera controlada dentro del cilindro de plastificación. Este polímero que entra en la tolva debe de transportarse a la parte delantera del cilindro de plastificación y fundirlo para inyectarlo dentro del molde y formar así la pieza. Este proceso de fusión del polímero se realiza en el cilindro de inyección y es lo que se llama plastificación (Beltrán & Marcilla, s. f.).



Ilustración 45. Cilindro de plastificación. Obtenido de rua.ua.es.

Este proceso de plastificación se realiza de manera progresiva, ya que el husillo tiene un diseño especial para desplazar, compactar y fundir el polímero, distinguiendo tres zonas o secciones definidas para cada una de estas funciones. También se puede observar una cuarta zona, la válvula antirretorno que se encuentra en su extremo la cual permanece abierta durante la fase carga del material y una vez terminada esta fase (el husillo deja de girar), el husillo avanza hacia a delante a modo de émbolo, momento en el que la válvula se cierra e impide que el material retroceda durante la fase de inyección.

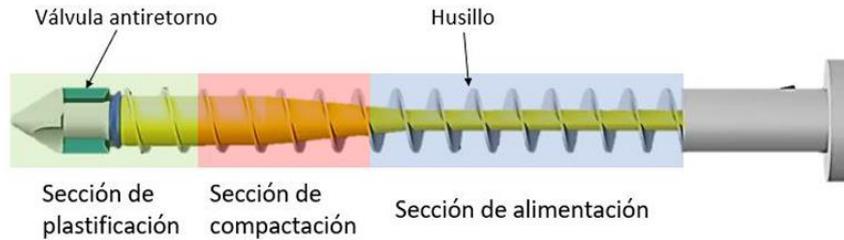


Ilustración 46. Partes del husillo. Obtenido de RNB cosméticos.

- Grupo de cierre:

Este grupo es el encargado de abrir y cerrar el molde aplicando una presión contra este, el cual debe de mantenerlo cerrado durante el proceso de inyección y cuyo valor depende principalmente del tamaño del molde, de modo que a mayor tamaño de molde mayor es la presión de inyección y por tanto mayor debe ser la presión de cerrado de molde.

Esta unidad de cierre consiste en dos platos, uno fijo y otro móvil alineados por cuatro ejes, llamados columnas que centran en todo momento el movimiento de apertura y cierre del molde, entre los que se coloca el molde y se fija a ellos, de manera que una de las partes del molde se queda fijada al plato móvil (que se moverá para abrir y cerrar el molde) y la otra parte del molde se queda fijada al plato fijo, que está unida a la unidad de inyección y no se moverá durante el proceso de inyección (Moldeo Por Inyección de Plásticos - la Máquina Inyectora de Plástico, s. f.).

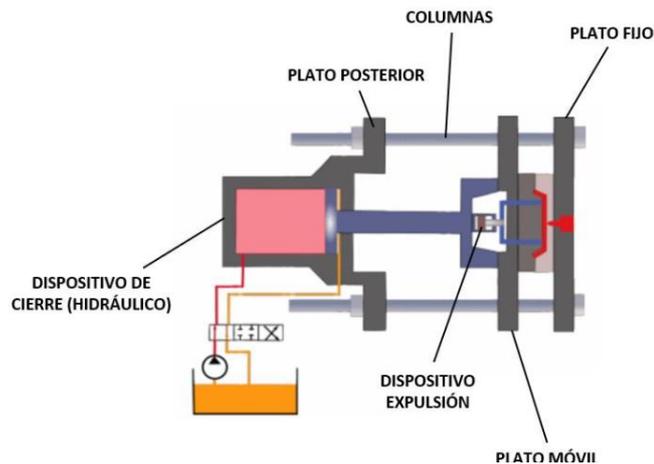


Ilustración 47. Unidad de cierre. Extraído de total-manufacturing.com

Esta zona está dotada de distintos componentes, empezando por los platos de fijación. Estos consisten en dos platos de fundición sobre los que se fijarán las dos mitades del molde, platos robustos y rígidos puesto que durante la vida útil de la máquina van a sufrir millones de ciclos que pueden deformarlos ocasionando defectos de inyección como rebabas, debido a posibles holguras. De estos dos platos

uno se mantiene fijo, amarrado a la bancada de la máquina. Este tiene una serie de taladros para poder colocar la cavidad del molde y permitir el paso de las columnas, que están roscadas a este plato. Por otra parte, el otro plato se mueve por medio de unos patines que deslizan sobre las columnas. Este tiene también una serie de taladros para permitir el paso de dichas columnas, colocar el núcleo del molde, el mecanismo de expulsión y también el pistón hidráulico o mecanismo de rodillera para el cierre del molde.

Las columnas son otro componente que forma parte de la unidad de cierre. Estas están roscadas tanto al plato fijo como al plato móvil y hacen de guía y equilibran el grupo de cierre, por lo que están sometidas a un esfuerzo de tracción que tenderá a alargarlas durante el proceso de inyección. Por otra parte, se encuentran los dispositivos de cierre y apertura, que definen el sistema de cierre. Estos pueden ser mecánicos, donde el cierre del molde se consigue por medio de un mecanismo de rodillera, hidráulicos, donde el cierre del molde se consigue por medio de un pistón hidráulico o mixtos.

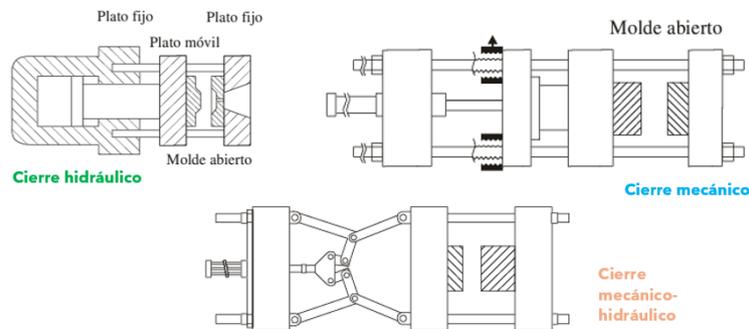


Ilustración 48. Tipos de sistemas de cierre hidráulico. Obtenido de rua.ua.es

Por último, el dispositivo de expulsión. Su funcionamiento se basa en que el material, después de ser inyectado, se contrae y se queda en el núcleo o macho, concretamente en la parte móvil del molde. En este momento pasan los expulsores y placas extractoras a través de una serie de agujeros que se encuentran en el molde, así se expulsa la pieza del núcleo (Beltrán & Marcilla, s. f.). Por tanto, en resumen, el proceso de inyección se trata de inyectar un polímero en estado líquido dentro de un molde, enfriarlo y desmoldarlo, proceso que es el resultado de la suma de diferentes etapas, al que se denomina ciclo de inyección.

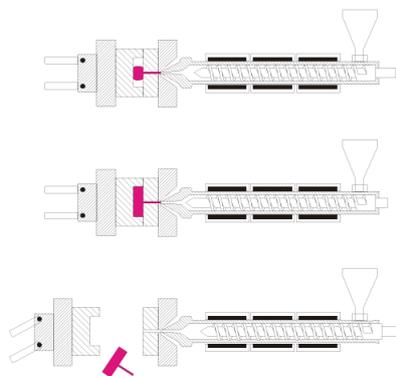


Ilustración 49. Ciclo de inyección. Obtenido de rua.ua.es

8.2. Vidrio

En cosmética, el material empleado para envases es el vidrio por excelencia debido tanto a sus propiedades estéticas, físicas y químicas. Este material a menudo se confunde con el cristal, pese a que no son exactamente lo mismo, aunque tengan grandes similitudes, sobre todo en composición. La Real Academia Española de la Lengua define el vidrio como un “material duro, frágil y transparente o traslúcido, sin estructura cristalina, obtenido por la fusión de arena silíceo con potasa y moldeable a altas temperaturas”, en cambio define el cristal como “vidrio, especialmente el de alta calidad”. En cuanto a la estructura atómica, mientras el cristal es un sólido perfecto con una estructura atómica regular, el vidrio presenta una estructura irregular (vítrea). Esto se debe principalmente a que el vidrio contiene las mismas materias primas con distinto proceso o tiempo de enfriamiento.

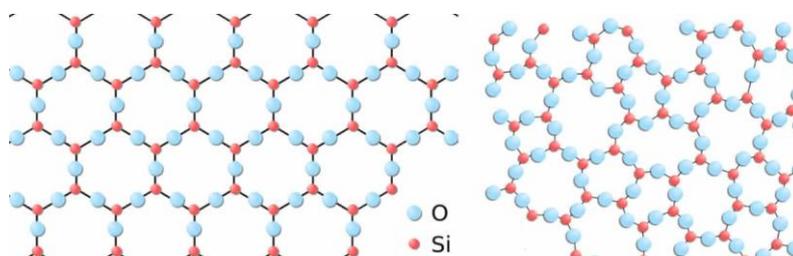


Ilustración 50. Estructura del cristal vs vidrio. Extraído de www.conasi.eu

Es por tanto en la industria es donde ocurren las diferencias entre uno u otro, considerando el cristal como aquel mineral que se origina de forma natural, sin la manipulación del ser humano, como pueden ser los casos del cristal de cuarzo, rubí o fluorita, entre otros. Concretamente, el componente que marca la diferencia entre el vidrio y el cristal es el óxido de plomo. Mientras que el vidrio se forma con la combustión de arena de sílice, carbonato de sodio y óxido de calcio (cal), el cristal es vidrio al que se le agrega óxido de plomo (PbO), lo que le confiere al cristal su brillo, sonoridad y transparencia (Padial, 2022).

No obstante, pese a la gran similitud comentada, el vidrio es el material que se suele utilizar en la fabricación de envases, debido a sus características específicas, propiedades mecánicas, térmicas, ópticas y acústicas. Algunas propiedades que hacen del vidrio el material ideal para una infinidad de productos son las siguientes (Conejero, 2017):

- Resistencia Química. El vidrio posee altísima inercia química y es bastante resistente a los agentes químicos en las temperaturas normales. Eso significa que los envases de vidrio garantizan mayor preservación del contenido. Por eso, posibilitan plazos de validez en general dos veces mayores de que otros materiales. Lo mismo sucede cuando es desechado, el envase de vidrio resiste a la agresión de sustancias y no degrada en el medio ambiente.

- Resistencia Mecánica. El vidrio posee resistencia a la tracción entre 4 y 10 kgf/mm² y resistencia a la compresión de 100 kgf/mm². Esos indicadores apuntan a un buen desempeño contra impactos y presiones, ya sea en la línea de producción y envase o en el transporte del envase o producto final ya embalado.

- Es un material duro y transparente.

- Sus elementos son fundidos a 1500°C y se vierten o soplan en moldes, permitiendo elaborar la figura que se desee.

- Es un material reciclable, se puede reciclar sin límite de veces y sin perder sus propiedades. Sus componentes son 100% naturales e inertes por lo que no produce ningún químico tóxico.

- Es más económico que el cristal.

- Transparencia. El envase de vidrio puede ser producido en diversas tonalidades y colores, atendiendo a la estética del producto final y permitiendo visualizar el contenido.

• PROCESO DE FABRICACIÓN (BOTELLAS, TARROS, ENVASES, ETC)

El proceso de fabricación de un envase de vidrio se puede dividir en cinco fases: preparación del vidrio y fusión de las materias primas, moldeado (ya sea por prensado y soplado o por soplado y soplado), recocido, tratamiento superficial y control de calidad (*Verallia Iberia*, s. f.):

1. PREPARACIÓN DEL VIDRIO Y FUSIÓN DE LAS MATERIAS PRIMAS.

En este punto se produce la fusión de las distintas materias primas, que pueden provenir directamente de residuos de fabricación o contenedores de reciclaje, además de materias como arena, carbonato de sodio, piedra caliza y componentes para colorear el vidrio.



Ilustración 51. Preparación materia prima. Extraído de es.verallia.com

Estas materias primas se depositan reactor de fusión, donde se calienta mezcla de arena silíceo (arcillas) y óxidos metálicos secos pulverizados o granulado a más de 1000°C durante aproximadamente 24 horas, con el objetivo de que el resultado sea homogéneo, transparente y que pueda fluir posteriormente por los canales de distribución hacia los moldes correspondientes (*Verallia Iberia*, s. f.).

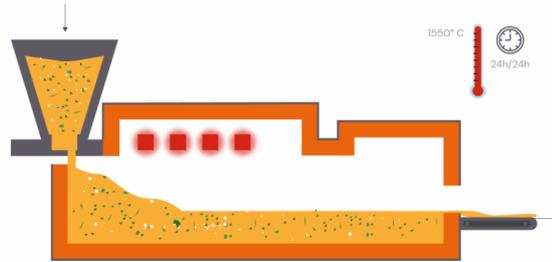


Ilustración 52. Fusión de la materia prima. Extraído de es.verallia.com



Ilustración 53. Proceso de fusión. Obtenido de WiseGen.

2. MOLDEADO

Esta fase comienza con una porción de vidrio, denominada “gota” que desciende por gravedad guiada a través de alimentadores y tolvas a los pre-moldes de soplado o prensado, cuyas dos mitades están cerradas. Normalmente constan de 6, 8, 10, 12, 16 o 20 secciones y cada una de ellas puede trabajar en S.G. (simple gota o un envase por sección), D.G. (doble gota o dos envases por sección), T.G. (triple gota o tres envases por sección) e incluso C.G. (cuádruple gota o cuatro envases por sección). Así, al sacarlo del reactor, el vidrio adquiere una rigidez que permite darle forma y manipularlo. Controlando la temperatura de enfriamiento se evita la desvitrificación o cristalización.

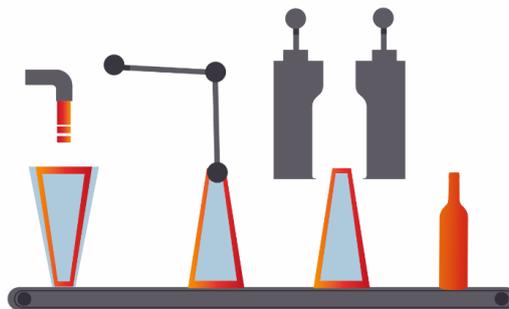


Ilustración 54. Proceso de moldeado del vidrio. Extraído de es.verallia.com

El flujo de vidrio fundido a su temperatura plástica (1.050-1.200 °C) en el horno consiste en que primero sale por un orificio, donde se va colocado un tubo refractario. Dentro de este se encuentra un punzón o aguja que, dotada de un movimiento alternativo en la dirección de su eje, regula la velocidad de goteo del vidrio. El cierre del orificio se produce por una cizalla con un movimiento intermitente que va cortando las gotas, con el peso predeterminado necesario para hacer un envase. Después esta "gota" es conducida hasta la máquina de moldeado a través de un canal horizontal de alimentación. Este sistema de alimentación permite disponer, a partir de un mismo horno, de varios canales que alimenten simultáneamente a otras tantas máquinas colocadas debajo de cada uno de ellos (*Fabricacion del Vidrio | Anfevi, s. f.*).



Ilustración 55. Proceso de moldeo. Obtenido de WiseGen.

La alimentación por gota reúne además las ventajas de permitir una dosificación mucho más precisa, requerir menor peso de vidrio para un mismo tamaño y proporcionar una cadencia más rápida de fabricación.

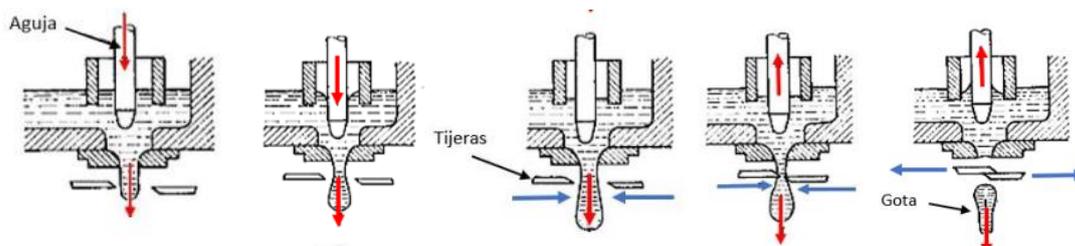


Ilustración 56. Formación de la gota de vidrio. Obtenido de RNB.

Existen dos técnicas para el moldeo en la fabricación de envases de vidrio, soplado-soplado, utilizado habitualmente para la fabricación de botellas de boca estrecha, y el prensado-soplado, desarrollado inicialmente para los envases de boca ancha (tarros), aunque actualmente también se utiliza para los envases de boca estrecha o botellas. Ambos comienzan con el proceso de formación de la gota descrito anteriormente, pero la continuación tiene algunas diferencias. Las máquinas utilizadas habitualmente son longitudinales denominadas de tipo IS constituidas por varias secciones que funcionan de forma independiente y que pueden pararse (ya sea una o varias) mientras las demás siguen produciendo (*Fabricacion del Vidrio | Anfevi, s. f.*).

- **PRENSADO-SOPLADO:** En este sistema de moldeado la gota cae dentro del pre-molde (este pre-molde está invertido, es decir, la boca del envase queda en la parte inferior) y al cerrarse el molde, un embolo o pistón situado en la parte inferior o boca del envase, sube hasta compactar el vidrio en el interior. Una vez compactado, el pre-molde se abre y mediante un brazo invierte la posición del envase (lo deja vertical) dejándolo dentro del molde de soplado preparado para la segunda fase del proceso. Entonces baja una boquilla de soplado hasta situarse en la boca del envase, por lo que inyecta aire a presión hasta compactar el vidrio dentro del molde copiando la forma interior de este (WiseGen, 2012). Una vez soplado, el molde se abre y unas pinzas sacan el envase hasta una cinta de transporte que lo que llevará las fases de tratamiento posteriores.

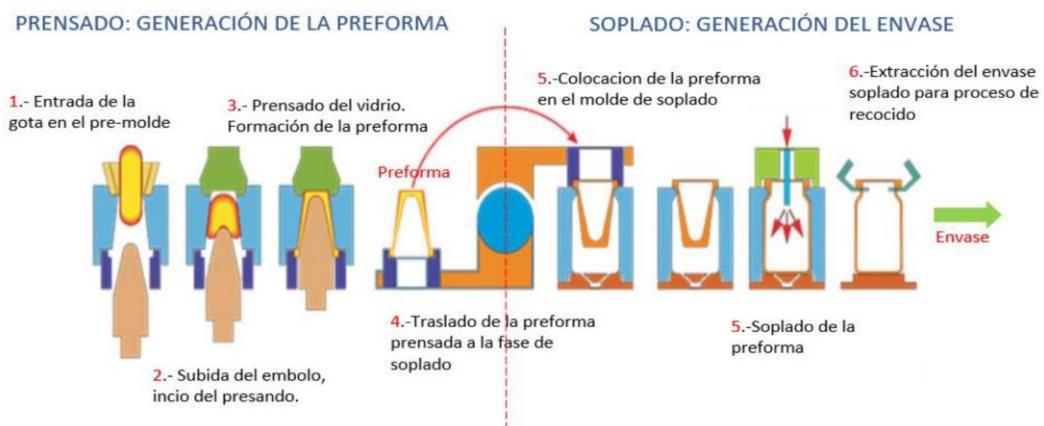


Ilustración 57. Sistema de prensado-soplado. Extraído de RNB Cosméticos.

- **SOPLADO-SOPLADO:** La diferencia entre el anterior proceso es la fase de la preparación de la preforma, en la que esta se moldea mediante soplado en lugar de prensado, siendo la última etapa de formación del envase la misma en ambos sistemas (WiseGen, 2012)

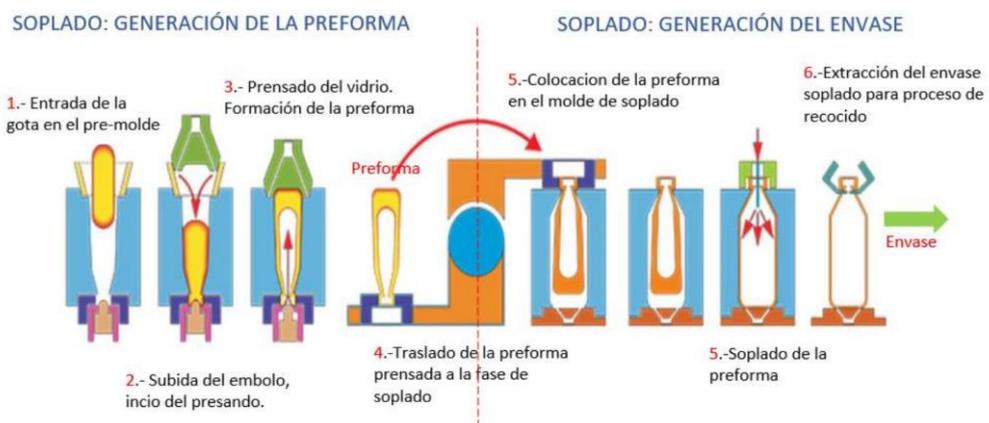


Ilustración 58. Sistema de soplado-soplado. Extraído de RNB cosméticos.

3. RECOCIDO

Cuando el vidrio se enfría, se solidifica y se contrae, por lo que un enfriamiento desigual causa un vidrio débil debido a tensiones residuales internas. Para evitar o eliminar estas tensiones internas, los envases se someten a un tratamiento térmico controlado (se calientan y luego se enfrían progresivamente) desde que sale del horno hasta que está dispuesto para su utilización (*Verallia Iberia*, s. f.).



Ilustración 59. Recocido envase. Obtenido de WiseGen.

A este tratamiento se le denomina recocido y se realiza en un horno de recocido o también llamado Lehr, en donde el envase que entra a unos 600°C aproximadamente se enfría gradualmente para evitar la acumulación de tensión por enfriamiento, que dependiendo del grosor del vidrio puede durar entre 20 y 60 minutos.

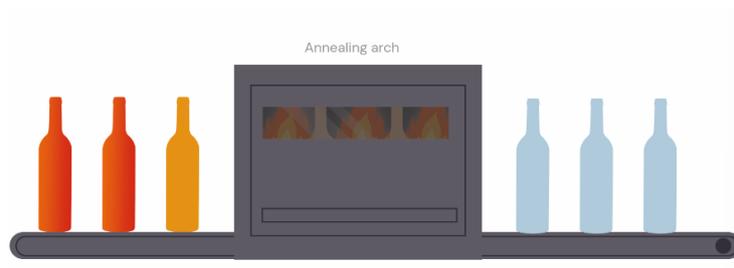


Ilustración 60. Horno de recocido. Extraído de es.verallia.com

4. TRATAMIENTO DE LA SUPERFICIE

Esta fase se realiza para mejorar la resistencia del vidrio, su resistencia a la abrasión y mejorar el flujo de los envases en las líneas de envasado. Este tratamiento superficial se compone de dos etapas, tratamiento en caliente y tratamiento en frío.

La primera etapa del tratamiento, tratamiento "en caliente", se aplica sobre el transportador que conduce los recipientes desde la máquina formadora hasta el túnel de recocido que por lo general consiste en una pulverización sobre los envases calientes con vapor de titanio orgánico o compuestos inorgánicos de estaño, aplicando así una capa delgada del metal sobre la superficie del vidrio.

La segunda etapa o tratamiento "en frío", se aplica a los recipientes recocidos y enfriados a la salida del túnel o lehr, y consiste en aplicar un compuesto orgánico tal como ácido oleico o una capa de cera de polietileno, aplicada a través de una emulsión basada en agua. Esto hace el vidrio resbaladizo, evitando enganchones y paradas en las cintas transportadoras que mueven los envases por la línea de producción. A estos recubrimientos a menudo se les llama endurecedores (debido a la reducción de daños que suponen), aunque una definición más correcta podría ser la de recubrimientos protectores.

A parte de los tratamientos superficiales, que se aplican en las caras externas del envase, en aquellos envases destinados a contener productos alcohólicos, en la etapa de soplado del envase, se someten a un tratamiento interno para mejorar su resistencia química interna, al que se llama descalcificación que consiste en inyectar un sulfuro o mezcla de gas que contiene flúor cuando el vidrio está todavía caliente, de manera aumenta su resistencia a la disolución de álcalis que se forman, que puede causar aumentos de pH del producto y la degradación del producto como caso más extremo (Conejero, 2017).

5. CONTROL DE CALIDAD

Los envases de vidrio deben ser inspeccionados en su totalidad, proceso que normalmente se lleva a cabo por equipos automáticos. Estos son capaces de detectar pequeñas grietas, inclusiones de restos de ladrillo refractario del horno, así como gránulos de arena de gran tamaño defectuosamente fundidos que son retirados para ser fundidos de nuevo. También se utiliza esta fase para detectar burbujas, paredes excesivamente delgadas, o el defecto de fabricación que se conoce como lágrimas (Verallia Iberia, s. f.).

Gracias a estas inspecciones se evitan cantidades importantes de tensión térmica, causando que el envase se destruya de forma explosiva cuando es calentado,

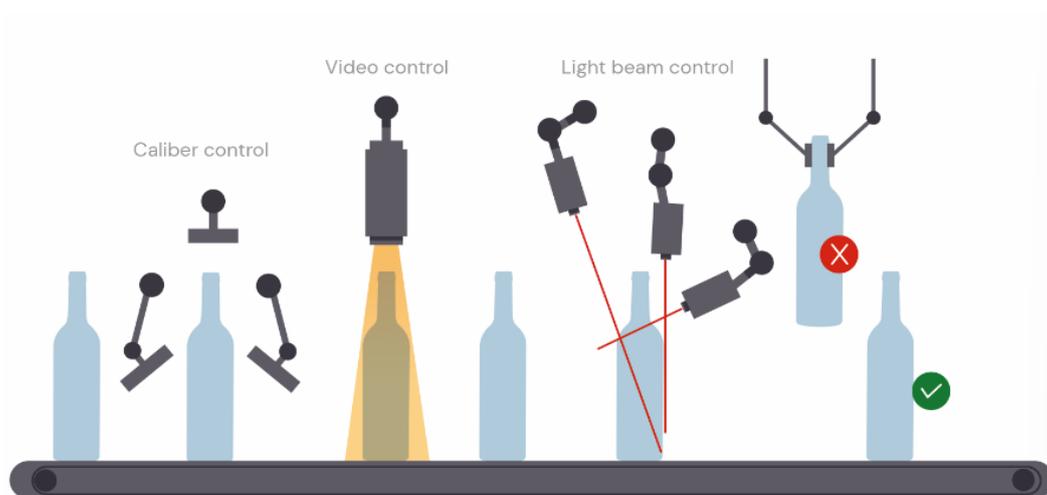


Ilustración 61. Inspección de calidad automatizada. Extraído de es.verallia.com.

8.3. Aluminio

El aluminio es un material con una densidad de 2.7 g/cm^3 , es decir, es un material muy ligero. Además, tiene un punto de fusión de 660.3°C . En cuanto a sus propiedades mecánicas, su resistencia a la tracción varía entre 70 y 700 MPa, dependiendo de la aleación y el tratamiento que se le haya aplicado. Respecto a su dureza, generalmente es baja, presentando una alta ductilidad que le permite deformarse significativamente antes de romperse. Su resistencia a la fractura es alta debido a esta capacidad de deformarse plásticamente.

Por otra parte, una de las características destacadas del aluminio es su resistencia a la corrosión, gracias a la formación de una capa de óxido protectora que se forma naturalmente en su superficie. Además, el aluminio es altamente reciclable, pudiéndose reciclar indefinidamente sin pérdida significativa de sus propiedades (Rodríguez, 2024).

Después de todos estos puntos puede parecer un material ideal para la industria cosmética, pero es necesario tener en cuenta sus desventajas, como el costo, que es mucho más elevado que el vidrio y el plástico, la poca posibilidad de acabados y formas debido a su proceso productivo y la reactividad química del aluminio, por lo que en el caso de emplearlo es necesario el uso de recubrimientos adecuados.

- **PROCESO DE FABRICACIÓN (BOTELLAS, TARROS, LATAS, ENVASES...)**

El proceso de fabricación de envases a partir de aluminio implica varias fases que van desde su obtención hasta el acabado del producto terminado que se van a explicar a continuación (Tournairie, 2023):

- Extracción. El proceso comienza con la extracción de bauxita, que es el mineral del que se obtiene el aluminio. Esta se refina mediante para producir la alúmina u óxido de aluminio para luego someterse a electrólisis para obtener aluminio metálico.
- Fundición y Aleación. En esta fase se funde el aluminio puro, para después mezclarse con otros elementos formando aleaciones específicas con mejores propiedades mecánicas y físicas que aumentan la calidad del envase. Después de esto, el aluminio fundido se moldea para formar lingotes o planchas (Asociación de latas, 2023).
- Laminación. Esos lingotes o planchas se calientan y a comienzan a pasar a través de una serie de rodillos, produciendo delgadas láminas de aluminio. Estas láminas tendrán un grosor u otro dependiendo de las características del envase que se va a fabricar.



Ilustración 62. Laminación del aluminio. Extraído de villaltacanmakingmachinery.com

- Corte y Troquelado. Las láminas de aluminio se van cortando en las medidas y formas específicas mediante el uso de distintos troqueles a lo largo de la línea. Este proceso creará las preformas que se utilizarán para formar el envase (Asociación de latas, 2023).



Ilustración 63. Troquelado del aluminio. Extraído de latasdebebidas.org

- Formación. Dependiendo del tipo de envase, ya sean latas, tubos o botellas, se utiliza una secuencia de pasos y un método para la formación del producto final.

En el caso de las botellas, se debe hacer por embutición profunda o *Deep Drawing*. En este proceso primero un disco de aluminio es colocado en una prensa y después se empuja hacia un molde mediante un punzón. Esto permite formar una taza poco profunda que se embute de nuevo para darle forma al cuerpo del envase. Por último, se produce el esturado y planificado del envase, asegurando así el espesor uniforme en las paredes de este (AMPCO METAL S.A., 2024).

Por otra parte, para tubos y otros envases de forma alargada, el envase se conforma por extrusión del aluminio ya sea por impacto o por extrusión continua. La primera de estas es la más común, donde se inicia a partir de un único disco o pastilla, de forma cilíndrica y plana que, tras recibir una lubricación homogénea, forma un tubo al ser impactada con una prensa de extracción. Después, los excesos de aluminio en la boca del tubo, así como los de lubricante y las impurezas del resto se retiran, para más tarde aplicar barniz necesario (Aquateknica, 2019).



Ilustración 64. Proceso de embutición profunda. Extraído de www.ampcometal.com

- Tratamiento de Superficie. Una vez formado el envase, ya sea por un procedimiento o por otro, debe pasar por varios tratamientos de superficie y después por hornos para secar dichos tratamientos (Asociación de latas, 2023):
 1. Anodizado: Mejora la resistencia a la corrosión y puede dar el acabado decorativo que se busque.
 2. Lacado o Recubrimiento: Se aplican recubrimientos internos y externos para proteger el contenido del envase y mejorar su apariencia.
 3. Decoración: Este procedimiento se lleva a cabo a través de técnicas de impresión como la serigrafía, la impresión en offset o flexografía.

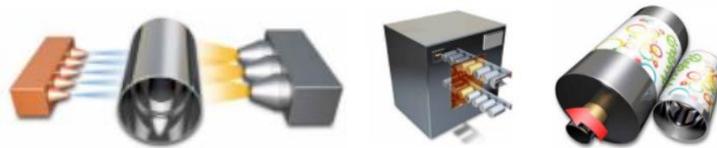


Ilustración 65. Proceso de tratamiento de la superficie. Extraído de latasdebebidass.org

- Ensamblaje y Acabado. En esta fase, en el caso de que el envase conste de varias piezas estas se ensamblan, utilizando técnicas como el engarzado.
- Inspección de calidad. Por último, se realizan las pruebas de hermeticidad necesarias, junto con otras pruebas de calidad pertinentes que permitan asegurar la funcionalidad del envase.

En la imagen a continuación se puede observar de manera esquemática la secuencia de fases de este proceso comentado.

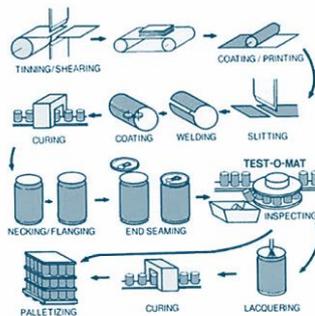


Ilustración 66. Proceso de fabricación de aluminio. Extraído de canbody-makingline.com

- **PROCESO DE FABRICACIÓN (TAPONES, TAPAS, CIERRES, ETC)**

La gran mayoría de los sistemas de cierre como los tapones y tapas en aluminio, así como las bombas o válvulas de este mismo material, se fabrican mayoritariamente mediante el proceso de embutición. Este se basa en la aplicación de presión sobre una plancha metálica para obtener piezas huecas de diversa geometría con forma de recipiente. Es decir, el proceso consiste en deformar una chapa de metal que apoyada sobre una matriz (molde con la forma deseada) y fijada con un pisador para que no se formen pliegues ni deformaciones en la superficie. A esta chapa se le aplica presión mediante un punzón cuya forma coincide con la de la matriz, de manera que el material fluye a través de la matriz empujada por el punzón hasta conseguir la forma deseada. Luego se troquela para dejar la forma final de la pieza (colaboradores de Wikipedia, 2023).

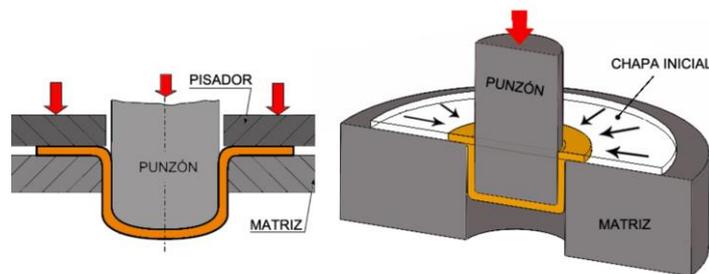


Ilustración 67. Proceso de embutición. Extraído de es.wikipedia.org

Este proceso, si la pieza tiene mucha profundidad, puede ser secuencial, es decir, que la forma final de la pieza se realiza durante varias etapas en la que en cada una de ellas se va desarrollando la forma. Además, el proceso puede llevarse a cabo en frío o en caliente. EL embutido en frío es un proceso por el que no se ven afectadas las propiedades del material por la temperatura, por lo que se utiliza para fabricaciones de grandes series de piezas. Por otra parte, el embutido en caliente se aplica cuando el metal o la aleación no se pueden conformar en frío, en particular cuando el espesor de la plancha es elevado y la presión necesaria para la embutición es demasiado elevada, para la cual la chapa se calienta a temperaturas de forja (800 a 850° C).

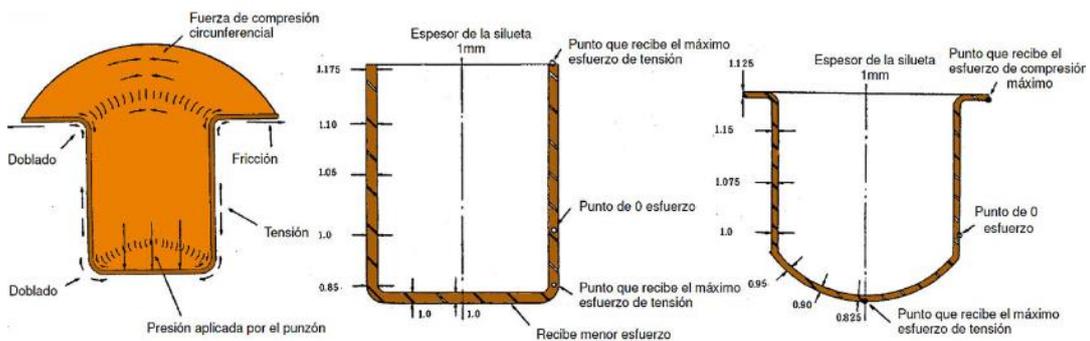


Ilustración 68. Tensiones generadas en la embutición. Extraído de es.wikipedia.org

Como se ha comentado, el punzón aplica la presión en el centro de la lámina, por lo que esta zona se estira considerablemente. Debido a esto la silueta exterior de dicha lámina disminuye en diámetro y la zona cercana a esta parte donde se aplica la compresión tiende a incrementar su espesor. Es decir, la variación de espesor del material está directamente relacionada con el flujo de este. Debido a esto, cuanto más grueso sea el espesor en la zona donde se aplica la fuerza, se generará menor esfuerzo en esta. Es importante también regular correctamente la presión del punzón ya que, una presión insuficiente producirá una distribución no uniforme por lo que se generarán arrugas, mientras que una presión excesiva provocará la rotura del material (Daniel Aldama, 2013).

9. Proceso de envasado y acondicionado

Esta es una etapa crucial en la fabricación de una fragancia o producto cosmético en general, ya que consiste en la unión/interacción de los componentes que lo forman, incluyendo el producto químico, generando el producto terminado. Este proceso se lleva a cabo en todo producto cosmético que vaya destinado a venta o comercialización, por lo que es necesario estudiar sus etapas y características con el objetivo de definir los requisitos que deberá tener el diseño a realizar para estar preparado y mantener la calidad en cada una de estas.

Las líneas de producción tienen distintas estaciones o etapas según el propósito que tengan, tanto en volumen de producción y calidad, como de tipología de producto. Para este punto, se va a centrar el estudio en una línea de envasado y acondicionado de fragancias existente en la empresa RNB cosméticos.

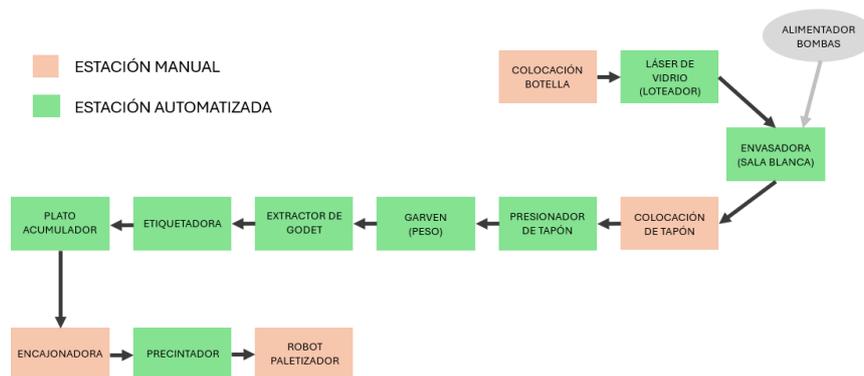


Ilustración 69. Esquema proceso. Elaboración propia.

El proceso que sigue este producto pasa por una secuencia de pasos o "estaciones", entre los que actúan diversos sistemas de transporte continuo, todos horizontales, tanto de cadenas como de cintas (aunque solo en el último paso).

El proceso comienza con la colocación de la botella en el sistema, de manera manual. Esta se coloca junto a un utillaje que le acompañará durante la mayor parte de la línea, un "godet". Este suele estar hecho en materiales de impresión 3D como el PLA 3D850 si es para un uso reducido o en plásticos de alta resistencia al desgaste, corte y rayado, como el PLA 3D850, si serán para un uso a largo plazo (Conejero, 2017). La pieza tiene unas medidas estandarizadas para la línea, donde el largo y ancho es fijo y permite el centrado de la botella, que se necesitará para distintas etapas del procesado. Por otra parte, la "huella" varía según el envase ya que debe ajustarse a su base para sujetarlo de manera adecuada en todo el proceso. Además, estos utillajes tienen una cavidad en la parte inferior para permitir el loteado y cavidades laterales para permitir un mayor centrado mediante garras en caso de ser necesario.

Después de este proceso las botellas, a través de un sistema de transporte continuo formado por una cinta, pasa a la estación de loteado por láser, por lo que su base debe tener una zona plana y lo suficientemente amplia para este proceso. Este se realiza antes del llenado ya que las fragancias, al contener un alto porcentaje de alcohol, tienen riesgo de explotar al someterse al láser.

A continuación, las botellas llegan a la estación de envasado al atravesar la ventana hacia la sala blanca en sus respectivos godets. Se van encajando en los huecos de la estrella, que sirve de guía para mantener las botellas posicionadas en su lugar y que el proceso de llenado sea correcto. Una vez colocadas de esta manera, el movimiento de estas guías hace que las botellas vayan girando y pasen por las distintas boquillas y sensores. Primero pasan por un sensor de seguridad que verifica que efectivamente hay envase, después se pasa a las boquillas de inyección, donde cada una va llenando un tanto por ciento hasta que se completa la capacidad. Estas boquillas inyectan a una presión de más de 250kgN. Después de esto, el envase pasa por los controladores de volumen y sensores de nivel para después llegar a un tubo Venturi (soplador) que aspira la espuma y fragancia sobrante en el caso que haya, para mantener todo el lote a la misma altura.



Ilustración 70. Envasadora EKO. Extraído de RNB cosméticos

Al terminar esto, se produce la colocación de la bomba automatizada (se deja caer en el cuello del envase) mediante el alimentador, que bebe directamente de donde se encuentran estas almacenadas, en vibración constante a una frecuencia determinada que permite que se alimenten correctamente. Por último, antes de salir de la estrella, unas pinzas de roscado prensan la bomba o cubre y lo roscan al par de apriete indicado por fabricante, para asegurar la estanqueidad.



Ilustración 71. Salida de la sala blanca. Extraído de RNB cosméticos.

Las botellas transportadas en el godet pasan, gracias a un sistema de transporte de cadenas, a la estación de colocación de los tapones, una fase manual por lo que la velocidad de la cinta debe ser baja para mantener la calidad. Después de este proceso, y tras verificar a través de sensores de seguridad que hay tapón, se pasa a la fase de presionado del tapón, donde se ejerce presión controlada sobre este para que encaje y se clipe correctamente en el envase.



Ilustración 72. Colocación manual del tapón. Extraído de RNB cosméticos.

Continúa por el transportador para llegar al "Garven", donde se pesa el envase y a través de cálculos de la densidad de la fórmula y habiendo tarado el peso del envase vacío, se desechan los envases con capacidades distintas a la deseada (con cierta tolerancia establecida), a través de sistemas de direccionamiento de la propia línea.

Al pasar por la verificación del peso, se pasa al extractor de godets, donde unas pinzas levantan el envase agarrándose al tapón para después colocarlo en un nuevo sistema de transporte que lo trasladará a la estación de etiquetado automática. Paralelamente cada godet es trasladado por otro sistema de transporte fuera del sistema. Para el etiquetado el envase pasa a través de una serie de bobinas que se enrollan y desenrollan a través de este, depositando la etiqueta en el lugar deseado.

En este caso el perfume va en un estuche individual, por lo que continua en el sistema hasta llegar a la estación donde una máquina de estuchado automático lo envuelve en su respectivo estuche y lo cierra. Para después pasar a la zona donde se encuentra el robot paletizador, un robot COBOT que coloca la carga en el pallet con el esquema de capa correspondiente, mediante un sistema de apilado por bulto por arriba y desde arriba en mono posición.

Gracias al análisis de esta línea, se podrán delimitar en apartados posteriores los requisitos que deberá tener el diseño a realizar para mantener la calidad e integridad a través de todas las fases del proceso.

FASE 3. DESARROLLO

10. Requisitos del diseño

En este punto es necesario analizar el ciclo de vida de un envase que irá destinado al uso cosmético, ya que las distintas etapas de este ciclo y sus requerimientos delimitarán los requisitos que deberá cumplir el diseño final.



Ilustración 73. Ciclo de vida de un envase cosmético. Extraído de www.cosmeti-clatam.com

ETAPA 1: DISEÑO Y DESARROLLO

En esta etapa se deben realizar todas las actividades relacionadas con la creación de un envase que cumpla con las necesidades no solo del producto, sino también del consumidor y las de la normativa relacionada. En este punto es muy importante tener en cuenta la fabricación, la producción, el producto y el consumidor, ya que son factores que mantendrán relación directa con el diseño.

Por ello, en esta fase se debe llevar a cabo una etapa de investigación y conceptualización, así como una posterior fase de pruebas, ensayos y prototipos, que permitan validar enteramente el diseño.

ETAPA 2: FABRICACIÓN DEL ENVASE

El objetivo de esta etapa es claro, producir envases en masa utilizando los materiales y diseño seleccionados, optimizando al máximo los recursos disponibles. En este punto, si se ha realizado un mal diseño o se ha seleccionado erróneamente el material (se ha llevado a cabo la fase de desarrollo sin tener en cuenta la posibilidad de que el envase sea fabricado con los procesos actuales) se pueden tener graves consecuencias repercutiendo en el coste, tiempo o viabilidad del proyecto.

ETAPA 3: LLENADO Y ACONDICIONADO

En esta fase el diseño se convierte en el producto final preparado para distribuir al cliente y/o consumidor. Consiste en el llenado automatizado o manual, dependiendo del tipo de producto, requerimientos y características específicas, para su posterior acondicionamiento si es necesario. Por ello el diseño debe estar preparado para los procesos relacionados con esta etapa.

ETAPA 4: DISTRIBUCIÓN Y VENTA

El objetivo de esta etapa es la distribución del producto final a su destino, donde entra en juego la logística, el almacenamiento y la comercialización.

ETAPA 5: UTILIZACIÓN POR EL CONSUMIDOR

En esta etapa el producto pasa al consumidor final, quien requiere una funcionalidad, facilidad y ergonomía de uso, así como una estética acorde a sus preferencias.

ETAPA 6: FIN DE LA VIDA ÚTIL

Esta etapa consiste en el manejo del envase después de que el producto haya sido utilizado por el usuario, donde entra la posibilidad de reutilización o reciclaje para reanudar su ciclo de vida o directamente convertirse en desecho, finalizando su vida.

A continuación, se van a detallar los requisitos generales y específicos, con el objetivo de tener en cuenta el ciclo de vida completo de un envase cosmético en la etapa de desarrollo, minimizando las posibles repercusiones posteriores por no haberlo hecho correctamente.

Así, estos requisitos estarán relacionados no solo con asegurar la funcionalidad completa del envase, si no con permitir que sea fabricable, industrializable, transportable e identificable. Además, el envase deberá tener ciertas características que le permitan cumplir la totalidad de requisitos de regulación y normativa que se detallarán también en apartados posteriores.

10.1. De funcionalidad

El envase debe reunir ciertas características que le permitan cumplir con su función principal, contener el producto cosmético. Para ello, debe ser capaz de garantizar los siguientes puntos:

- Debe ser capaz de cubicar el volumen nominal estipulado.
- Protección del contenido. Debe de aislar el contenido o producto del exterior para garantizar que las características del producto se conservan. En este punto debe reunir las características que le permitan presentar inocuidad y estanqueidad.
- Debe ser compatible con la fórmula que va a contener, tanto en materiales como en la propia tipología y características del envase. Es decir, debe ser compatible con el producto, es decir, que no debe de haber reacción química y/o física entre el producto (contenido) y el envase (continente) que altere las propiedades del producto.
- Debe permitir una utilización correcta y ergonómica, pudiendo facilitar el uso del producto para el cual ha sido diseñado. En este punto entran factores como la fuerza de clicado, la dosificación de la bomba, las pulsaciones de cebado y la forma del envase entre otros. Además, se deben tener en cuenta aspectos como las dimensiones y el peso del producto, buscando que sean manejables para el usuario.
- Debe ser un envase que permita el máximo aprovechamiento del producto, generando la mínima merma posible.

Estos requisitos detallados anteriormente derivarán en ciertos cambios o modificaciones en el diseño conceptual inicial, que permitirán obtener un diseño final enteramente funcional, permitiendo, desde el punto de vista del consumidor, satisfacer o cumplir con las expectativas que genera.

10.2. De normativa y seguridad

Como se ha indicado en apartados anteriores, los envases de cosmética deben estar muy regulados, ya que son productos que se encuentran en contacto directo con la piel. Por tanto, el envase debe tener las características necesarias para cumplir ciertos requisitos específicos de normativa, obtenidos a partir del estudio de la normativa relacionada realizado en apartados anteriores:

- Debe emplear materiales y acabados que no alteren la seguridad del producto cosmético, evitando la posible migración desde el envase.
- Debe informar en su etiqueta de cómo se tiene que usar y aplicar el producto, de que componentes contiene y otra información adicional.
- Debe estar sometido a controles que garanticen su calidad (estándares de la norma ISO 22716 y límites de calidad aceptables o AQL) Por ejemplo regulan la resistencia del envase a caídas o a sustancias químicas, estanqueidad, etc.
- En cuanto a tolerancias generales, debe cumplir con la ISO 2768-1. Parte 1: tolerancias para cotas dimensionales lineales y angulares sin indicación individual de tolerancia. Por otra parte, la especificación de la textura superficial de cara a la realización de los planos debe hacerse de acuerdo a la norma UNE - EN ISO 1302.
- En el caso de presentar cuello de rosca deben cumplir ciertos requisitos dimensionales ya sean de plástico (NORMA INTE Q57:2009, cuellos normalizados SPI) o de vidrio (cuellos normalizados GPI), con el objetivo de seguir un estándar y permitir la intercambiabilidad con los distintos tipos de cierre.
- Norma FEA 206. Dimensiones de cuellos de vidrio, cuellos estandarizados.
- Debe evitar la generación de residuos y buscar la reutilización, reciclado o valorización para reducirlos.

Por tanto, con el objetivo de cumplir con los requisitos nombrado, habrá que evaluar factores como la composición de los materiales del envase primario, las impurezas técnicamente inevitables y ciertos aspectos dimensionales para asegurar la normalización, estandarización e intercambiabilidad.

10.3. De fabricación

El envase diseñado debe ser fabricable con los procesos y tecnologías existentes. Para ello se ha realizado un estudio previo de, según el material, cuales son estos procesos de fabricación, analizando en profundidad cada paso con el objetivo de obtener conclusiones en forma de requisitos específicos de diseño.

- Deben emplearse materiales disponibles y fácilmente adquiribles.
- Los materiales deben ser compatibles con el proceso de fabricación, es decir, procesables con la maquinaria existente.
- Debe ser un diseño para Manufacturabilidad (DFM), es decir, debe ser un diseño simple, que permita la cantidad de operaciones de manufactura. Además, debe componerse de un número reducido de componentes para simplificar el ensamblaje.
- Las tolerancias empleadas deben ser realistas y alcanzables con los procesos de fabricación actuales.
- El diseño en su totalidad debe permitir el uso de procesos de formado y moldeos adecuados.
- El diseño debe ser capaz de minimizar los costos de fabricación sin comprometer la calidad, utilizando de manera eficiente los recursos existentes.

Se realizarán modificaciones en el diseño conceptual inicial con el objetivo de cumplir con estos requisitos, para asegurar que el producto sea fabricable a través de los procesos y maquinaria actuales, buscando la máxima eficiencia, optimización y viabilidad económica sin comprometer la calidad.

10.4. De llenado y acondicionado

Para el envase pueda completar su ciclo de vida adecuadamente, debe ser industrializable, es decir, debe poder ser procesado en líneas de envasado y acondicionado con la maquinaria actual. Para conseguir esto, el diseño debe cumplir con determinados requisitos técnicos:

- Las propiedades mecánicas, térmicas y químicas del material utilizado deben permitir todos los procesos que se deberán llevar a cabo.
-
- El diseño debe contemplar la estandarización de sus dimensiones, características y componentes, minimizando los costes y asegurando la

compatibilidad con la maquinaria y piezas de formato, así como la intercambiabilidad con posteriores componentes.

- El envase debe ser capaz de resistir a la cadena productiva y logística que supone este proceso.
- Las dimensiones deberán ser adecuadas para las determinadas piezas de formato presentes, o se deberá suponer un sobrecoste justificado si se necesitan dimensiones distintas.
- El envase debe asegurar la protección y correcta contención del producto químico a lo largo de toda la cadena productiva.
- El diseño debe permitir un proceso de llenado eficiente, rápido y sencillo, con el objetivo de rentabilizar el proceso.
- El envase debe facilitar el proceso en la medida de lo posible, asegurando la seguridad de operarios y maquinaria.
- El diseño debe asegurar la calidad del producto final durante toda la cadena productiva.

De esta manera, teniendo estos requisitos presentes en el desarrollo se la compatibilidad del envase con las líneas de envasado y acondicionado actuales, sobre todo optimizando la eficiencia de los procesos y garantizando en todo momento la calidad y seguridad del producto.

10.5. De transporte

Como penúltima etapa del ciclo de vida de un envase cosmético se encuentra el transporte. Con el objetivo de que sea transportable mediante los procesos y tecnología existente actualmente, el diseño debe cumplir ciertos requisitos:

- El envase debe ser capaz de preservar la calidad durante toda la cadena de transporte, resistiendo entre otros a compresión y apilamientos manteniendo su integridad.
- El peso y dimensiones del producto final deben permitir la compatibilidad de este con la maquinaria de carga y descarga.
- El diseño debe ser capaz de proteger el producto químico contra posibles impactos o vibraciones derivadas del sistema de transporte, así como de posibles condiciones climáticas adversas.
- La logística debe tener en cuenta los vehículos y contenedores de transporte a utilizar, así como con las regulaciones de transporte entre otros aspectos.

Tener en cuenta estos requisitos a la hora de desarrollar las modificaciones en el envase permitirá obtener un producto final fácilmente transportable, capaz de proteger la integridad del contenido y la calidad del conjunto.

10.6. Requisitos estéticos

Un envase, como se ha indicado anteriormente, debe estar pensado no solo para su fabricación e industrialización, sino que su diseño debe estar delimitado por los requisitos y preferencias del consumidor objetivo. Para este diseño concreto ya existe un proceso previo de ideación, diseño conceptual y desarrollo de la marca y su identidad, que se muestra a continuación



Ilustración 74. Identidad de marca. Elaboración propia.

En base a la identidad de marca presentada anteriormente, el diseño debe ser capaz de mantener esta estética aun cumpliendo con el resto de los requisitos que le permitan un flujo adecuado por su ciclo de vida. Para ello:

- El envase debe ser atractivo visualmente, no solo formalmente, sino a través del color y acabados. Debe reflejar las tendencias actuales de la industria cosmética, con el objetivo de atraer al público objetivo.
- La estética debe ser coherente con la identidad de marca.
- El diseño debe ayudar a la diferenciación del producto en el mercado.
- El envase debe permitir la impresión o colocación de elementos identificativos de la marca, con el objetivo de que sea diferenciado a simple vista por el consumidor objetivo.

Realizando el desarrollo del producto tratando de cumplir con los requisitos mencionados permitirá la diferenciación del envase en el mercado y la creación de una conexión emocional de este con el público objetivo.

11. Rediseño/modificaciones modelo

Con el objetivo de conseguir que el diseño tenga en cuenta el ciclo de vida completo de un envase cosmético se van a realizar ciertas modificaciones en el concepto inicial, buscando cumplir así los requisitos detallados anteriormente. De esta manera, se conseguirá un producto final que asegurará no solo la funcionalidad completa, si no que será fabricable, industrializable, transportable e identificable.

Los siguientes puntos no siguen el orden de realización de los cambios en el modelado, sino que únicamente se van a utilizar para explicar en detalle cada uno de ellos.

11. 1 Posibilidad de fabricación

Tras el estudio realizado sobre materiales y sus procesos productivos correspondientes, se ha podido deducir que el material empleado en un principio, el aluminio, no es posible para este diseño. Para ello sería necesario plantear un aspecto formal completamente distinto que permitiera la fabricación a partir de laminación, corte y ensamble. Por ello, se ha decidido modificar el material a uno cuyo proceso de fabricación permita obtener las formas y características deseadas, un material que permita variedad formal (plástico o vidrio).

En este punto es necesario tener en cuenta los requisitos comentados anteriormente, ya que afectan en gran medida a la elección del material. Por una parte, la seguridad del contenido es de vital importancia. Por ello, que un envase sea inocuo entra como una prioridad directa en el diseño. Para ello el material del envase debe ser capaz de resistir adecuadamente los distintos agentes atmosféricos y químicos, sin reaccionar a estos.

Por otra parte, debe ser capaz de reducir el impacto ambiental en la mayor medida posible, manteniendo una estética acorde a la imagen de marca. Por todas estas razones se va a seleccionar el vidrio como el material para conformar el envase, un material de reciclabilidad infinita, alta resistencia a químicos y buena compatibilidad con las fórmulas. No obstante, será necesario tener en cuenta que se deberán realizar ciertos cambios en el envase para que resista a lo largo de su ciclo de vida ya que el vidrio, a diferencia del plástico, es un material frágil y con baja resistencia a impactos. Por otra parte, al ser un material de mayor rigidez, presentará mayor resistencia a la carga que en el caso de emplear plástico, un material de alta flexibilidad.

Como última razón, el vidrio crea una estética de mayor elegancia y exclusividad, un envase que aparenta calidad y que por ello siempre gustará más al consumidor.

En cuanto al tapón, se ha decidido continuar con el plástico como material de conformación. No obstante, se han decidido realizar determinadas modificaciones en el tapón con el objetivo de mejorar su funcionalidad, resistencia y ajuste que se analizarán en apartados posteriores.

11.2. Estandarización.

El cuello planteado en el diseño conceptual no era un cuello estandarizado, ya que la rosca no cumplía con las medidas estandarizadas por la norma GPI y los diámetros interiores y exteriores del cuello, así como la altura, no entraban dentro de los estándares FEA. El diámetro interior era de 7 mm (con una tolerancia de +/- 0,2mm), mientras que el exterior era de 12,5mm. La altura total del cuello estaba en 10,85 mm y la rosca era de 2.5 revoluciones y un paso de rosca de 0,4 mm.

Estas dimensiones, al no estar bajo la normativa, no contemplaban la estandarización, por lo que no se aseguraba de ninguna forma la compatibilidad con la maquinaria y piezas de formato, suponiendo un sobrecoste. Además, no permitían la intercambiabilidad con posteriores componentes. Por otra parte, un cierre normalizado hace que el cierre siempre pueda ser correcto y hermético, ya que permite obtener cierres (bombas y pulverizadores) de distintos proveedores que, mientras cumplan con el estándar, serán correctos.

Por tanto, el cuello final es un cuello FEA 15 (de diámetro exterior 14.6 mm y diámetro interior 11 mm). Además, en cuanto a la tipología de rosca es un cuello GPI-415, por lo que debe tener un paso de rosca de 2, con un número de vueltas de 1.5. Así, con la normalización del cuello del envase se consigue un formato automatizable e intercambiable.

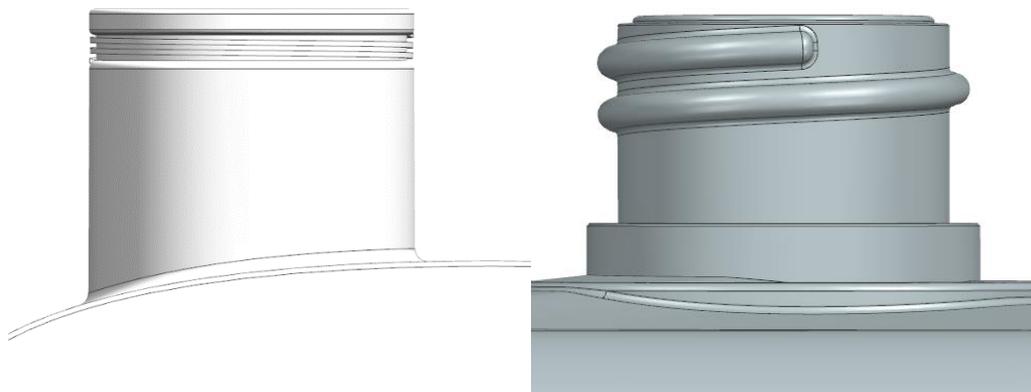


Ilustración 75. Tapón sin normalizar y tapón normalizado. Elaboración propia.

11.3. Mejora estanqueidad y merma.

En un principio se planteaba utilizar una bomba que permitía el cierre de seguridad de tipo autoprensante, obteniendo un cierre hermético o de seguridad con el cuello del frasco. No obstante, con el objetivo de buscar un diseño respetuoso con el medio ambiente en su totalidad, se ha decidido utilizar una bomba de tipo roscado en lugar de grafada o tipo crimp-on. Esto permite al usuario separar de manera fácil la bomba metálica del resto de la botella, permitiendo un reciclaje adecuado y por tanto un aumento de la vida útil de la botella de vidrio, que podrá ser reutilizada en su totalidad.

Para ello se ha hecho una búsqueda a través de diferentes proveedores de accesorios cosméticos, para obtener una bomba normalizada apropiada para el perfume a diseñar. Este modelo, de referencia de cliente SPR000.0162, se denomina Bomba Refill 100 ml 15/415 plata brillante (cuello de rosca). Es de aluminio y tiene un acabado brillo, en color plata, con un largo de caña estándar de 150mm. Es del proveedor Stocksmetic, una compañía italiana que ofrece soluciones cosméticas para pequeñas y grandes cantidades.



Ilustración 76. Bomba comercial. Extraído de www.stocksmetic.com

El par de apriete o torque en una bomba se basa en el principio de que al aplicar una fuerza en algún punto de un cuerpo rígido, dicho cuerpo tiende a realizar un movimiento de rotación en torno a algún eje. Es decir, se llama torque o momento de la fuerza a la capacidad de dicha fuerza para producir un giro o rotación alrededor de un punto, o dicho de otra forma, cuando se gira algo, tal como una puerta, se está aplicando una fuerza rotacional, la cual es la que se denomina torque o momento (Morales, s. f.).

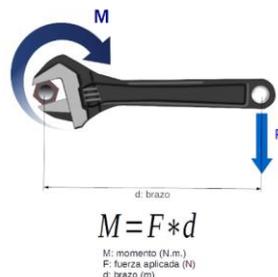


Ilustración 77. Par de apriete. Obtenido de quizizz.com

Como en cualquier tipo de cierre, este es un parámetro importante cuando se produce anclaje por roscado, ya que influye tanto en el proceso de envasado como en la funcionalidad del tapón. Desde el punto de vista productivo, en aquellos cierres que cuentan con un sistema de dosificación, como es el caso de esta bomba, en los que no es necesario quitarlo para dosificar, el par de apriete o torque que se aplica debe garantizar la estanqueidad del conjunto. Por tanto, es importante tener presente el par de apriete mínimo recomendado para esta bomba, con el fin de configurar la maquinaria correspondiente en líneas para asegurar la estanqueidad del producto. En este caso dicho par de apriete es 0.5Nm

También es necesario asegurar la estanqueidad a través del cruce de tolerancias entre la bomba y el cuello del envase. Al ser la bomba un componente comercial, para este estudio dimensional se ha modelado una bomba 15/415 (con el interior simplificado, eliminando los componentes internos) donde las medidas exteriores se han obtenido de las aportadas por el proveedor.

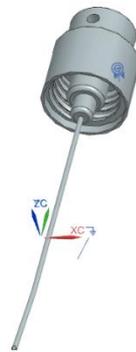


Ilustración 78. Modelado de la bomba. Elaboración propia.

En un caso real donde se dispusiera de los planos técnicos del fabricante de la bomba, se realizarían los cálculos del cruce con estas dimensiones. No obstante, como sus medidas internas son dimensiones normalizadas, se han podido estimar para asegurar en cierta medida la compatibilidad y por tanto la estanqueidad, realizando así una comprobación estimada del cruce de tolerancias.

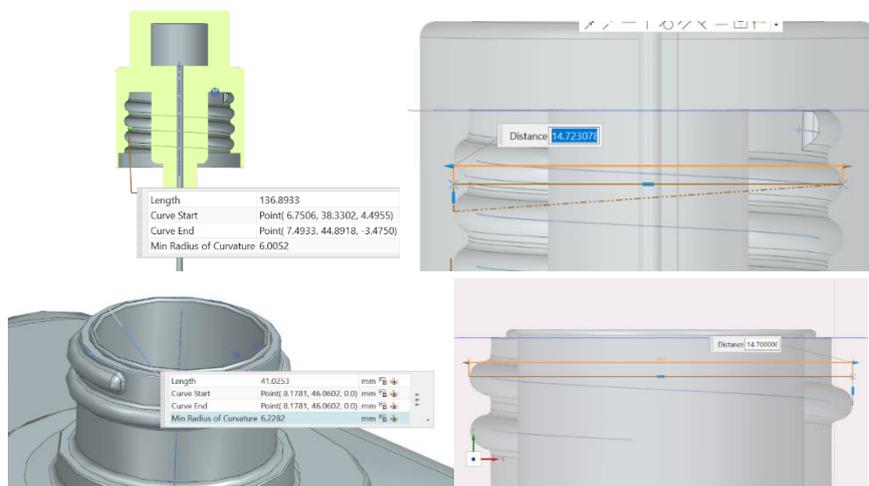


Ilustración 79. Medición D para cruce de tolerancias. Elaboración propia.

El peor de los escenarios sería si el diámetro del envase está en su valor máximo de tolerancia (suponiendo una tolerancia de 0.2) y el diámetro del tapón en su valor mínimo de tolerancia (suponiendo una tolerancia de 0.2), de manera que si el máximo del envase es mayor que el mínimo del tapón, el tapón, físicamente no entraría nunca en el envase. Ocurriría lo mismo con el cruce entre el diámetro externo del envase y el externo del cierre, donde el peor de los escenarios sería si el diámetro del envase está en el máximo y el diámetro del tapón en el mínimo, de manera que el tapón físicamente no entraría nunca en el envase. Por ello para realizar el cruce de tolerancias respecto a estas dos dimensiones sería necesario hacer esta ecuación, donde un valor positivo sería un cruce correcto y un valor nulo o negativo supondría un cruce erróneo:

$$D_{\text{int máx}} (\text{envase}) - D_{\text{int mín}} (\text{cierre}) > 0$$

$$(12.44 + 0.2) - (12 - 0.2) = 0.84$$

$$D_{\text{ext máx}} (\text{envase}) - D_{\text{ext mín}} (\text{cierre}) > 0$$

$$(14.70 + 0.2) - (14.72 - 0.2) = 0.38$$

Por otra parte, para valorar del cruce de tolerancias respecto a la altura, lo correcto sería que la altura del cuello de envase en su cota mínima (tomando una tolerancia de 0.3) fuese siempre superior a la altura interna de tapón en su cota máxima (tomando una tolerancia de 0.25), es decir, que ocurriera una interferencia negativa. Esto se debe a que un valor positivo en el cálculo del cruce indicaría que habrá gap y por tanto espacio para una fuga de producto, por lo que se tendría que rechazar el tapón o ajustar esta cota. Esto garantiza la estanqueidad, es decir, asegura que en cualquier escenario dimensional el cierre entre el tapón y el envase sea estanco.

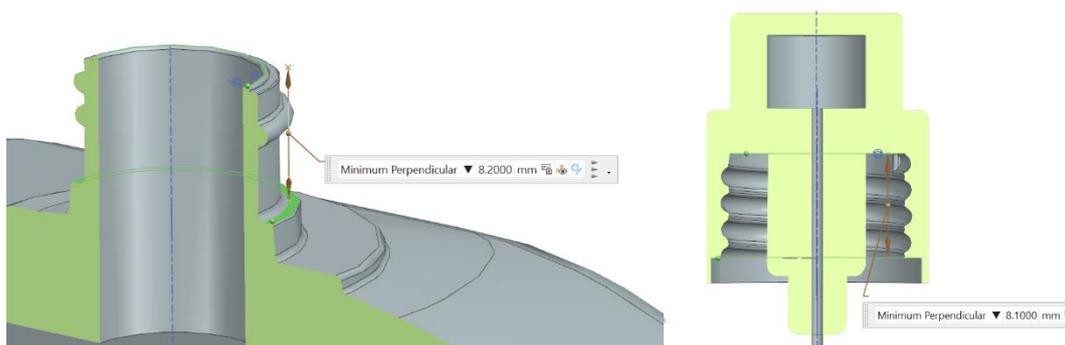


Ilustración 80. Medición H para cruce de tolerancias. Elaboración propia.

$$H_{\text{máx}} (\text{cierre}) - H_{\text{min máx}} (\text{envase}) < 0$$

$$(8.10 + 0.25) - (8.20 + 0.3) = -0.15$$

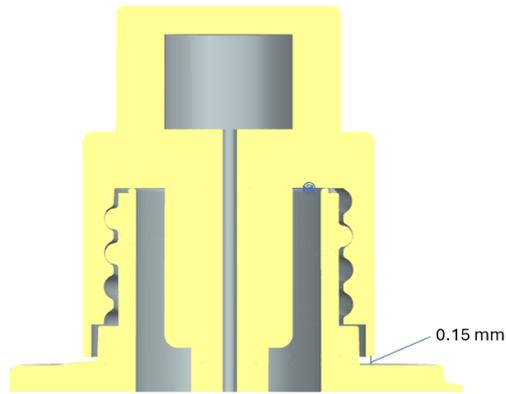


Ilustración 81. Cruce bomba-cuello envase. Elaboración propia.

Además, se ha añadido un saliente en el diseño del cuello del envase que ayude al auto centrado de la bomba, así como para servir de tope en el roscado. Este componente servirá de apoyo durante el roscado automatizado en líneas de producción.

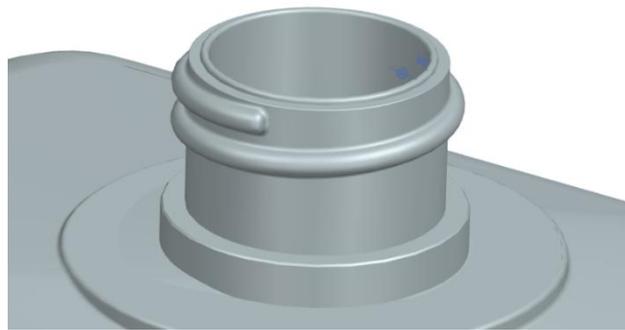


Ilustración 82. Anillo cuello. Elaboración propia

Es necesario asegurar también que, con las características de caña de esta bomba concreta, se consigue la menor cantidad de merma posible. Para ello se va a analizar el largo de caña, que en un principio es de 150mm, para ver en qué medida se deberá cortar, así como el tipo de corte de esta.

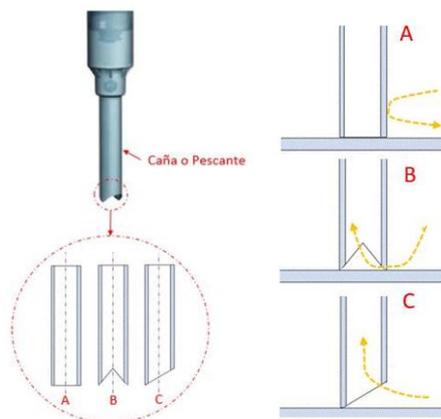


Ilustración 83. Caña, tipos de corte, merma. Obtenido de RNB cosméticos.

Como se ve en la imagen anterior, el tipo de corte no responde a un requerimiento estético si no técnico, evitar la obstrucción de la entrada de producto al interior. En general se pueden distinguir tres tipos de corte (Conejero, 2017). En primer lugar, el plano (tipo A), que tiene el inconveniente de que, si llegara a tocar el fondo verticalmente, obstruiría el paso de producto al interior de la caña lo que provocará un fallo en el funcionamiento de la bomba al no llegarle producto. Por otro lado, el tipo de corte "cola de pez" (el B) que, pese a que la caña tocara verticalmente el fondo, las aberturas laterales permitirían el paso de producto al interior de la caña, por lo que es el tipo de corte más usado en todo tipo de bombas. Por último, el tipo de corte C, llamado corte "oblicuo o en diagonal", con una situación similar al tipo de corte anterior.

Para el cálculo del largo de caña, se va a tener en cuenta que el ofrecido por el fabricante es de 150mm, asumiendo una tolerancia general de +/- 1mm. Así, el valor máximo que puede tomar es de 151mm, mientras que el mínimo es 149mm. Estas medidas se van a comparar con la altura interna del envase diseñado, que se corresponde con 75.25 +/- 1.2 (debido a las variaciones del espesor de las paredes en los procesos de conformación de envases de vidrio).

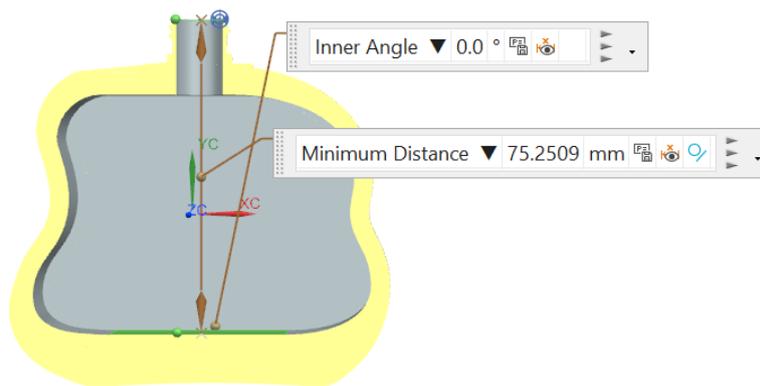


Ilustración 84. Altura interna botella. Elaboración propia.

El escenario donde el extremo de la caña estaría más lejos del fondo delimitará la merma que quede en el envase al terminar su uso, ya que será la máxima distancia a la que puedan estar el extremo de la caña y el fondo del envase. Esta, generalizando, debe ser igual o inferior a 1mm (Conejero, 2017). No obstante, siendo muy inferior a esta medida, en el caso contrario (L máximo de caña y mínima H interna del envase) interceptaron ambos componentes impidiendo el cierre de la bomba durante el proceso de envasado, Por tanto, el largo de caña adecuado se va a calcular de la siguiente manera:

$$H \text{ interna envase en la tolerancia máxima} - L \text{ caña en la tolerancia mínima} = 1 \text{ mm}$$

$$L \text{ caña en la tolerancia mínima} = 76.45 - 1$$

$$\mathbf{L \text{ caña en la tolerancia mínima} = 75.45 \text{ mm}}$$

Por todo esto, para este producto, suponiendo unas tolerancias dimensionales por el proceso de producción y corte de un 0.25, se solicitará un largo de caña de 75.70 mm con un tipo de corte de "cola de pez", con el objetivo de conseguir obtener una merma inferior al 5%.



Ilustración 85. Medición largo de caña. Elaboración propia.

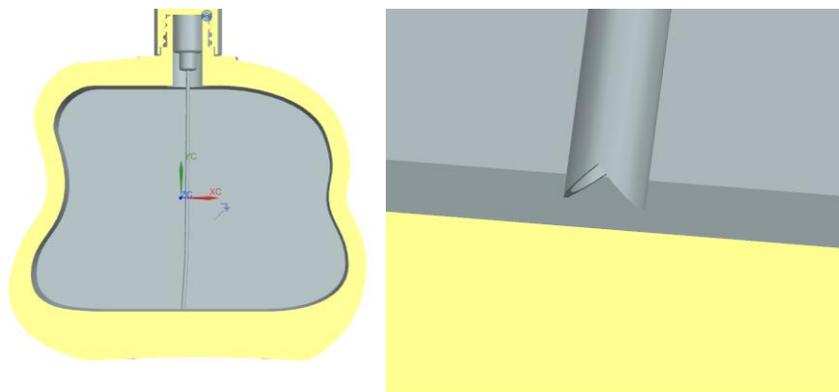


Ilustración 86. Caña, final en cola de pez. Elaboración propia.

11.4. Sistema de cierre

Para la conformación del tapón se había seleccionado inicialmente el aluminio en la etapa conceptual. Tras el estudio de los procesos de conformación de los objetos compuestos por este material, se ha podido ver que los nervios o secciones verticales que se desean obtener no serán posibles empleando aluminio. Por ello, se ha decidido emplear plásticos para la conformación de esta pieza.

Con el objetivo de asegurar el encaje del tapón al envase, se ha decidido emplear un tapón enfundado en lugar de mono componente. Es decir, el tapón estará formado por dos componentes, la funda y la pieza interior, adaptado a la funda exterior y al sistema de anclaje. Con este cambio, gracias a que estos tapones son huecos y ligeros lo que les aporta cierta flexibilidad, será posible absorber las variaciones del diámetro de la bomba. Esto ayudará a que, con las medidas correctas, la fijación sea adecuada y ergonómica (permitirá una fuerza de extracción del tapón o *pull force* adecuada para asegurar la facilidad de uso).

El rango de valores típico para los tapones de plástico y metal, que asegura que se mantenga en su lugar en la industrialización y transporte pero que también pueda ser retirado sin dificultad, es de entre 10 y 50 Newtons (Conejero, 2017)). El tapón estará formado por tanto por dos componentes distintos, cada uno de un plástico distinto para conseguir las características deseadas. Por su parte el interior será de Polietileno Tereftalato (PET), debido a que es el plástico más reciclable (de tipo 1) y por su alta resistencia a la tracción y dureza. Además, el plástico permite una mayor variedad de formas y acabados, gracias a su proceso de fabricación. La parte exterior será de ABS, ya que con este material se consiguen mejores acabados superficiales, permitiendo una estética más cuidada y con mayor facilidad para pulir y pintar, por lo que permitirá obtener la superficie metalizada deseada.

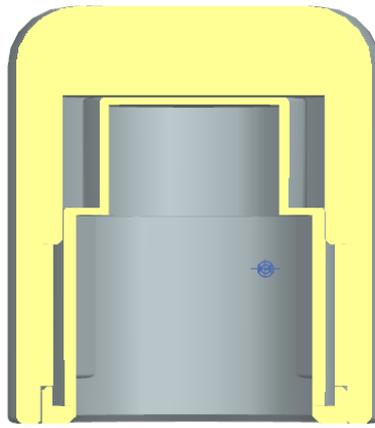


Ilustración 87. Tapón enfundado. Elaboración propia.

Por tanto, se necesitarán dos moldes distintos para la conformación del tapón, creando dos componentes que se unirán por sellado por calor o plástico, un proceso que utiliza calor y presión, por lo que el acabado será en canto vivo, como se observa en la imagen a continuación.

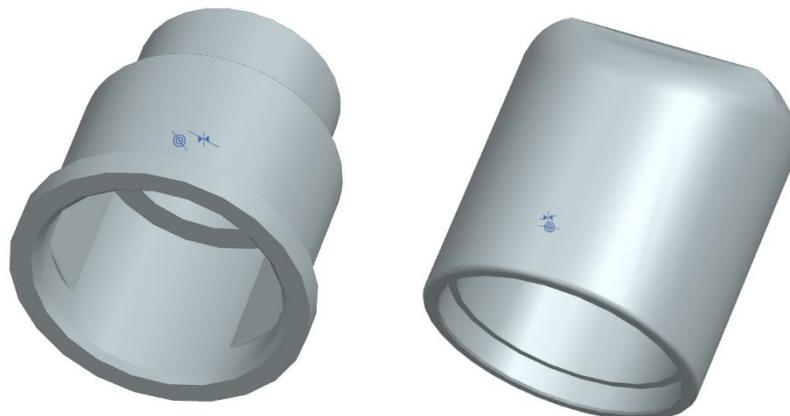


Ilustración 88. Componentes tapón. Elaboración propia.

Puesto que el sellado del producto viene en gran parte por el ensamblaje entre la bomba y el cuello, no es necesario garantizar el sellado mediante el tapón. No obstante, si es necesario estudiar la fijación de este a la bomba. Esta fijación será por presión, donde la fijación no es al envase directamente, sino que se fijan sobre un embellecedor o directamente sobre la férula de la bomba. Estos pueden anclarse por fricción o mediante bordón macho. En este caso, ya que no se va a emplear una bomba con embellecedor (carece por tanto de bordón, es una superficie lisa) se va a anclar por fricción. Esto se va a conseguir mediante salientes interiores en forma circular dispuestos verticalmente y con el extremo inferior redondeado para facilitar la entrada del tapón. Para conseguir la correcta fijación, se va a tratar de cumplir la siguiente ecuación, asegurando la interferencia entre los nervios y la bomba (suponiendo unas tolerancias de Dext en la bomba de 0.2 y del Dint del tapón de 0.1):

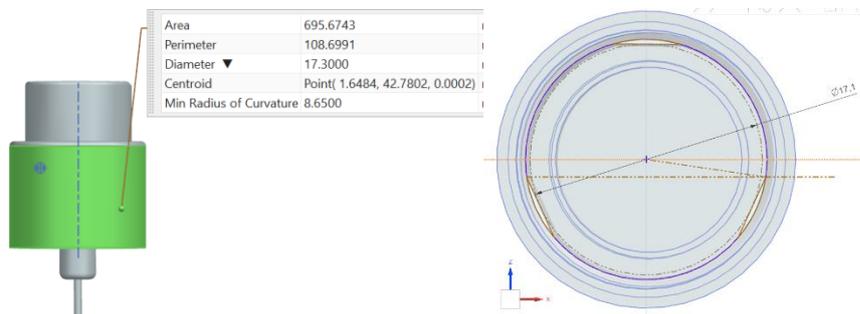


Ilustración 89. Mediciones cruce tapón-bomba. Elaboración propia.

$$D_{\text{ext min}}(\text{tapón}) - D_{\text{ext máx}}(\text{bomba}) < 0$$

$$(17.1 - 0.1) - (17.3 + 0.2) = - 0.5$$

Por otra parte, se ha realizado con el objetivo de facilitar el proceso de envasado, dos modificaciones. En primer lugar se ha diseñado un anillo centrador en el cuello del envase, con el objetivo de permitir el autocentrado del tapón y así un presionado uniforme. En segundo lugar, con el fin de conseguir una distribución de presión uniforme durante el taponado, también se ha añadido una superficie plana en la zona superior.

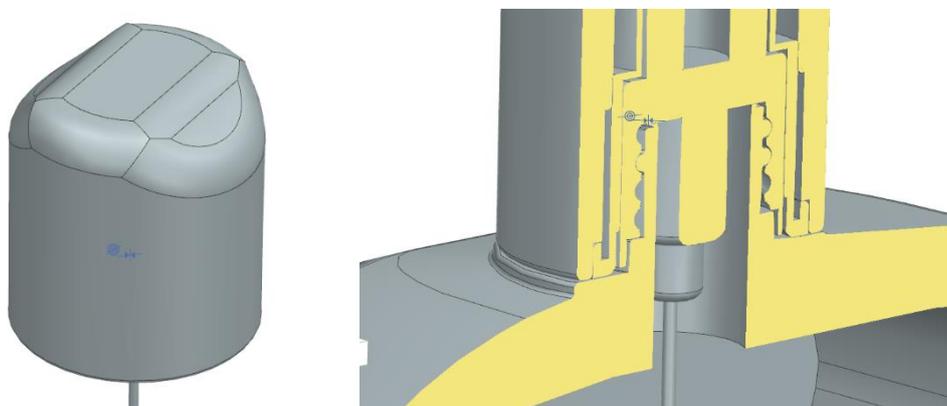


Ilustración 90. Modificaciones tapón. Elaboración propia.

Además, se ha analizado que permita a su vez asegurar la mayor zona de contacto posible. Para ello también se ha aumentado el diámetro de los nervios y el grosor de estos así como su longitud, con el objetivo de conseguir una mayor fuerza de anclaje debido a una mayor zona de contacto.. Se han redondeado los cantos de los nervios, consiguiendo así que se inserte el tapón de manera más ergonómica, con mayor facilidad.

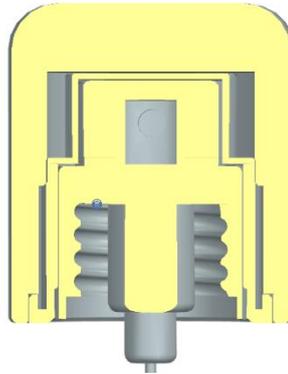


Ilustración 91. Zona de contacto tapón-bomba. Elaboración propia.

Por último, se han redondeado todos los cantos y juntas, con el objetivo de suavizarlas garantizando así la resistencia estructural, ya que permiten el flujo de material correcto, sin creación de tensiones internas, durante el moldeo.

11.5. Capacidad, determinación del fill point

La capacidad nominal deseada para este envase es de 100ml mínimo, ya que es la capacidad que suelen tener los envases de fragancia, por lo que es la capacidad demandada por el consumidor. La normativa prohíbe llenar a una capacidad inferior a la indicada en el etiquetado, es decir, la media de capacidades de un lote de productos envasados debe ser igual a 100ml, pudiendo superar esta media en cualquier medida, pero no pudiendo ser inferior.

Para asegurar esto, se ha comprobado la OFC (Over Flow Capacity) del envase, es decir, la capacidad a derrame (hasta el tope del envase). Esta, como se puede ver en la imagen, es de **150ml**.

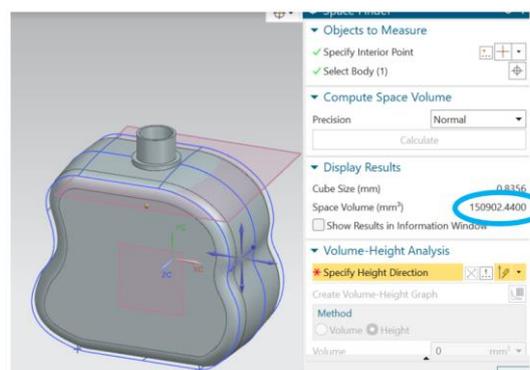


Ilustración 92. Determinación de la OFC. Elaboración propia.

Como se ha comentado en la fase de estudio, con el objetivo de asegurar el factor estético (un fill point muy bajo hará parecer que el producto ya ha sido gastado), el factor de proceso (que sea cual sea la presión y/o velocidad de llenado y tolerancia de llenado, nunca se desprenda el producto) y el factor dimensional (tolerancia dimensional del envase), se debe dejar una cámara de entre 8-10%. Con el objetivo de asegurar el correcto llenado, y teniendo en cuenta que al ser una fragancia irá con un sistema de cierre tipo bomba (que tiene una caña y un motor que desalojan cierto volumen de líquido), se harán los cálculos para la determinación del fill point en base a buscar un 10% de espacio vacío. Con ellos se obtiene que el fill point debería ser:

$$10\% \text{ de } 150 = 150 \times 0.10 = 15 \text{ ml} \quad \text{--->} \quad 150 - 15 = \mathbf{135 \text{ ml (fill point)}}$$

Como se puede observar, se puede realizar un ajuste de peso, en este caso, mediante un aumento del espesor o una disminución del tamaño del envase, ya que sobra espacio para albergar la capacidad deseada. Con el objetivo de disminuir costes, se va a reducir el tamaño de la pieza en un 15% manteniendo los espesores, ya que permitirá contener igualmente los 100ml deseados. Es decir, se reducirá el OFC a 135ml, y con ello el fill point anterior en un 10%, obteniendo un nuevo fill point de:

$$10\% \text{ de } 135 = 135 \times 0.10 = 13.5 \quad \text{->} \quad 135 - 13.5 = \mathbf{121.5 \text{ ml}}$$

Con esto, la capacidad del envase será finalmente de 120ml, estableciendo los settings de la máquina en 121,5ml (para que la media siempre este por encima de este valor). Teniendo en cuenta las tolerancias de llenado promedio de las instalaciones de inyección del producto químico que son +/-2 (Conejero, 2017), las capacidades de los envases obtenidos en un lote de envasado oscilarán entre 119,5 y 123,5 ml, por lo que sería correcto. Con el objetivo de comprobar el nivel visualmente, se ha recreado una pieza interna de este volumen (121.5ml), como se ve en la imagen a continuación:

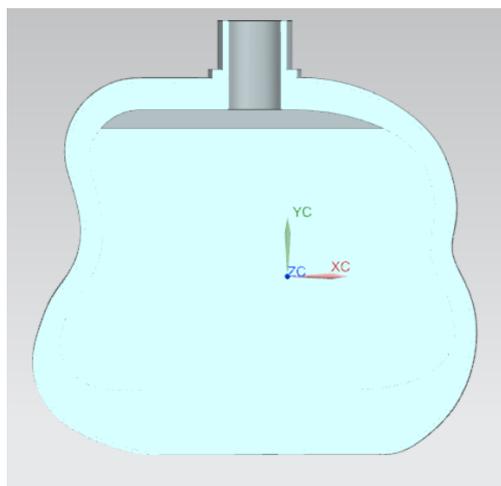


Ilustración 93. Fill point a 121,5ml. Elaboración propia.

11.6. Facilitación del moldeo y desmoldeo

Con el objetivo de facilitar el proceso de producción del envase cosmético, se han realizado una serie de modificaciones en el diseño conceptual, que permitirán un mejor proceso de moldeo y desmoldeo de la pieza desde el punto de vista económico, de tiempos, dificultad y de calidad de resultados.

En primer lugar, con el objetivo de anticipar la contracción que ocurre durante el proceso de enfriamiento en el molde, se han realizado dos modificaciones generales. Por un aparte, pese a que se desea obtener un diseño sinuoso y de formas orgánicas, se han suavizado las curvaturas del perfil, buscando mantener la idea conceptual, pero suavizando las formas exteriores que en algunos puntos eran demasiado bruscas, pudiendo generar zonas de tensión debido al cambio en la velocidad de enfriamiento en ellas. Además, en los puntos de intersección de todo el diseño se ha buscado un valor de entre 3 y 25 mm, dependiendo de la zona. Gracias a esta modificación de los radios de acuerdo se consigue que el material fluya y rellene las pequeñas cavidades con una velocidad de enfriamiento similar, reduciendo así el riesgo de creación de rechupes y/o tensiones residuales, que agrieten la pieza.

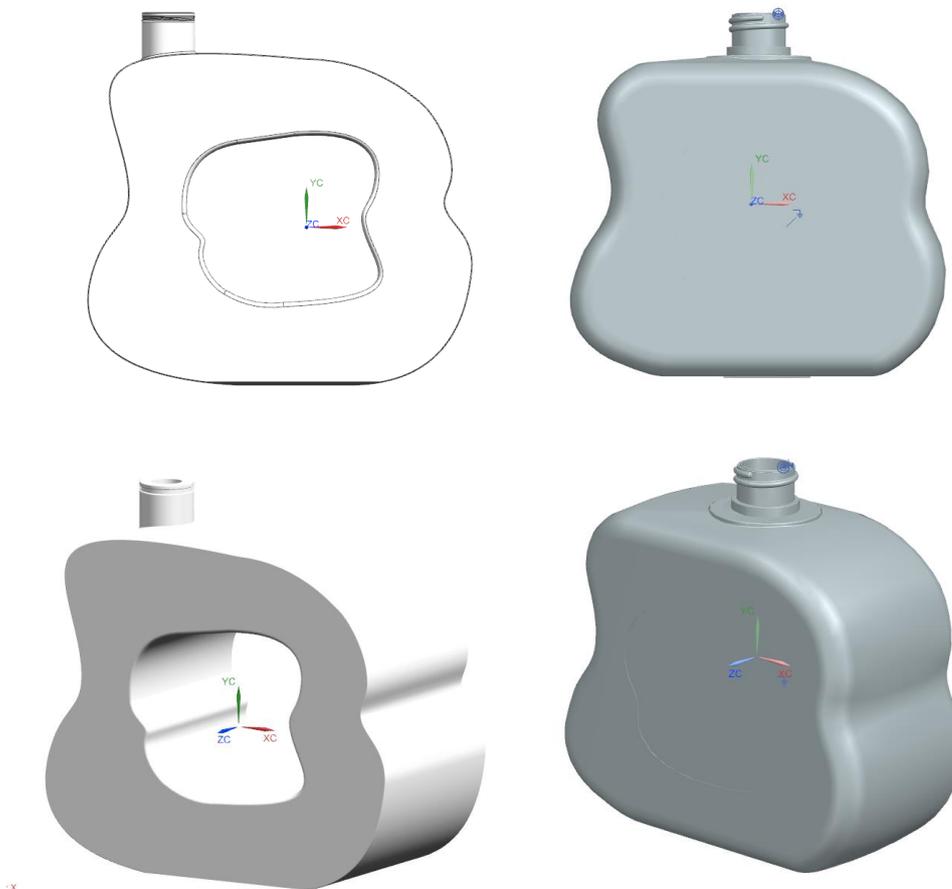


Ilustración 94. Ángulos de acuerdo y curvas suavizadas. Elaboración propia.

Por otra parte, se ha estudiado el enfoque núcleo-cavidad del diseño, es decir, donde se encontrará la línea de partición. Se ha buscado la simetría por tanto respecto a ese eje (por ello la botella es simétrica respecto al plano XY pero no respecto al YZ). El diseño conceptual era una pieza que podría presentar dificultades en el desmoldeo, debido a la rectitud de su perfil. Por esto, se ha creado un ángulo de desmoldeo, teniendo en cuenta donde se encontrará la línea de partición comentada. De esta forma, se puede asegurar que el proceso de desmoldeo de la pieza sea limpio, ya que los ángulos comentados reducirán la fricción entre las paredes de la pieza y el molde. Así, se podrán evitar los daños en la pieza por la tensión superficial al salir del molde, algo que suele ocurrir con las piezas mal diseñadas.

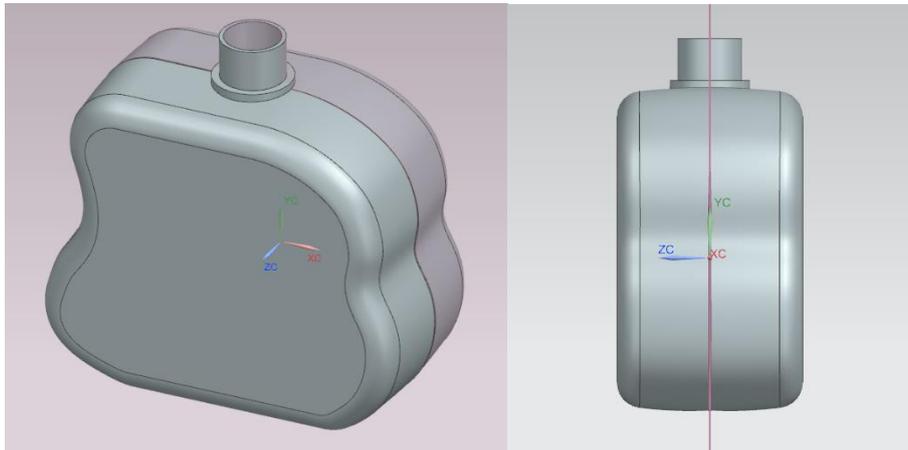


Ilustración 95. Línea de partición molde. Elaboración propia.



Ilustración 96. Ángulo de desmoldeo. Elaboración propia.

Por otra parte, después de una investigación sobre las posibilidades de modificación de moldes, utillajes, accesorios, etc que pudieran hacer posible la existencia del agujero pasante central presente en el diseño conceptual, se ha determinado que finalmente este no será posible. Esto fue contrastado directamente con un proveedor y fabricante de envases cosméticos asiático, *B.I. Packaging*, que aseguró que sería imposible, debido al comportamiento del vidrio durante el proceso de moldeo, su distribución por la superficie del molde.

Por esto, después de valorar diversas alternativas para conseguir el mismo efecto visual pero eliminado el agujero pasante del diseño, se ha decidido simular mediante una etiqueta central de contorno igual a que se deseaba en la cavidad. Este cambio se puede observar en la imagen a continuación.

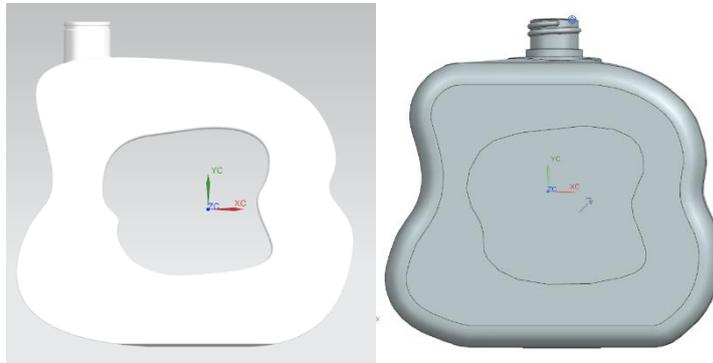


Ilustración 97. Eliminación del agujero pasante. Elaboración propia.

11.7. Mejoras de cara al proceso industrial

Con el objetivo de diseñar un envase de vidrio que resista manteniendo la calidad el proceso de llenado y acondicionado estudiado con anterioridad, se deben realizar diversas modificaciones en el diseño.

En primer lugar, la estandarización de ciertas dimensiones (que ya se ha llevado a cabo en apartados anteriores) de este sería muy importante, con el objetivo de asegurar la compatibilidad con la maquinaria y las piezas de formato.

Por otra parte, con el objetivo de mejorar la resistencia a la presión y al impacto que va a sufrir a lo largo de los distintos procesos a lo largo de la línea, se debe incrementar el grosor del vidrio en las áreas críticas. Es decir, el peso debe estar bien distribuido para evitar puntos débiles, sin incrementarlo innecesariamente. Las zonas críticas serían la base y la zona superior, el cuello, por lo que se ha aumentado el grosor en dichas zonas, manteniendo un menor grosor en las zonas laterales. Las zonas críticas serían en primer lugar el cuello, ya que durante el proceso el envase debe aguantar más de 250 Kg N de presión por la llenadora\inyectora, además de soportar la presión derivada del taponado.

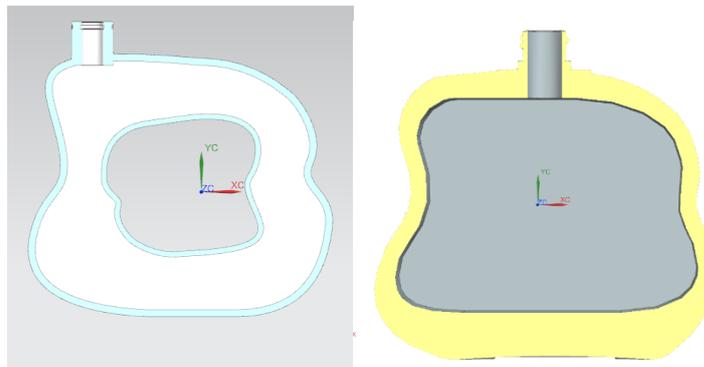


Ilustración 98. Redistribución de espesores. Elaboración propia.

En segundo lugar, la base, ya que es la zona donde se van a concentrar las fuerzas aplicadas en los distintos procesos y la más expuesta a golpes e impactos (que pueden generar micro fisuras que se propaguen por el envase). Gracias a este incremento del grosor en la base se consigue además mejorar notablemente la estabilidad del envase. En la imagen a continuación se puede observar además la "Cavity NO." o el número de cavidad del molde, un código que indica en qué cavidad específica del molde se fabricó el frasco, por lo que permite a los fabricantes rastrear cualquier problema de calidad o defecto en los frascos hasta una cavidad específica del molde.



Ilustración 99. Fondo convexo. Elaboración propia.

Para mejorar la estabilidad además se ha centrado el cuello del envase, con el objetivo de facilitar el proceso de llenado y a su vez aumentar de nuevo la estabilidad (lo que sobre todo ayudará en la etapa final del proceso de fabricación del vidrio crudo, para que las botellas no caigan), ya que se localiza el centro de gravedad del envase en el centro del fill point. La relación entre la base y la altura permite esa estabilidad, no necesita modificación, ya que es un envase con más base que altura.

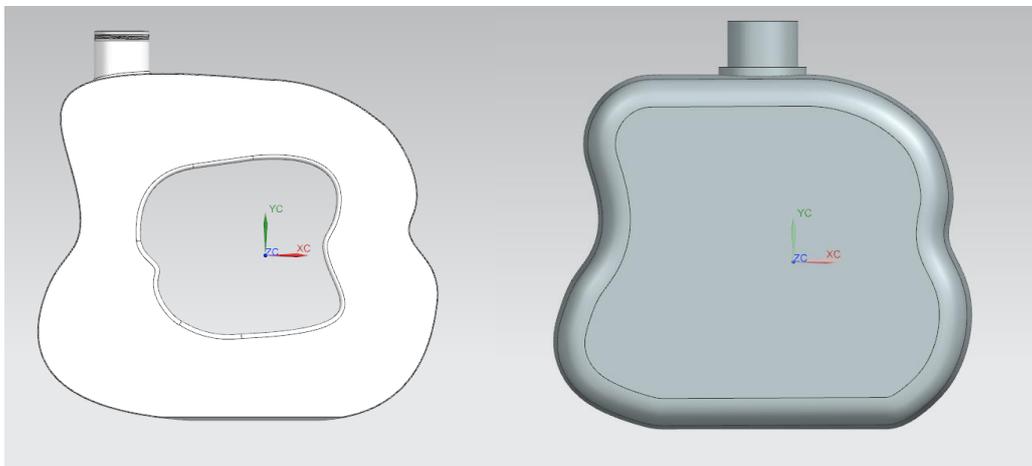


Ilustración 100. Fill Point centrado. Elaboración propia.

Por otra parte, el tapón también debería estar preparado para resistir las presiones derivadas del proceso de taponado. Para ello, la utilización de un tipo de tapón enfundado ayuda a mejorar la resistencia y durabilidad, además de los nervios para el ajuste, que actúan en forma de refuerzos internos estructurales. El diseño de un anillo centrador en el envase ayudará a que, al ejercer la presión necesaria para insertar el tapón de manera automatizada en el envase, este se distribuya uniformemente.



Ilustración 101. Anillo centrador cuello envase. Elaboración propia.

Al integrar estas modificaciones en el diseño del envase, se conseguirá garantizar que este no solo resista las presiones derivadas de los procesos de envasado y acondicionado, sino que también presente durabilidad durante todo su ciclo de vida.

12. Homologación del producto mediante simulaciones CAE

Todo envase para cosmética debe estar sujeto a un proceso de homologación que asegure su seguridad, calidad y eficacia durante todo su ciclo de vida. Este proceso de homologación está formado, entre otros aspectos, por distintos ensayos tanto físicos y estructurales, como químicos, dependiendo de las necesidades del producto concreto.

Estos ensayos suelen realizarse en laboratorios, por lo que en el mejor de los casos pueden durar entre una y dos semanas, suponiendo además costos. Además, en el caso que el ensayo de un resultado negativo, hay que realizar cambios en el diseño, lo que multiplicará los ensayos, y por tanto tiempo y costos. Esto utilizando las herramientas de análisis de elementos finitos que ofrecen determinados softwares se solventaría, ya que permitiría simular el comportamiento del envase de forma virtual, pudiendo modificar la forma y los materiales de manera sencilla. Esto no quita que en algunos casos críticos se deban realizar ensayos en físico, pero las simulaciones ayudarán a descartar de forma rápida y eficiente diseños inviables, y elegir las formas y distribuciones de material adecuados para después ensayar con prototipos con verdaderas posibilidades de éxito.

En lo que se refiere al producto químico y a la seguridad y conformidad regulatoria de este, se realizan ensayos como pruebas de compatibilidad, pruebas de migración, evaluaciones toxicológicas y test de uso. Todos estos ensayos deben realizarse utilizando muestras físicas del propio envase diseñado, con los materiales y acabados finales. No obstante, existen un segundo grupo de ensayos, los físicos y estructurales. Estos concretamente tienen la función de asegurar la calidad y durabilidad del diseño a lo largo de su ciclo de vida comenzando a partir del proceso de envasado y acondicionado en líneas. Van desde ensayos de caídas, torsión y golpes hasta ensayos de estabilidad. Estos no necesariamente deben realizarse a través de pruebas con el envase en físico, si no que podrían emplearse herramientas de análisis de elementos finitos para simular el comportamiento del envase al efecto de los distintos tipos de estrés durante el llenado y el transporte.

Para este envase, después del estudio en profundidad de sus requerimientos, se ha decidido que se deben realizar los siguientes ensayos físicos, mecánicos y estructurales:

- Ensayo de resistencia a la carga vertical de la botella.

Este es un ensayo de compresión que consiste en someter al envase a presión hasta que colapse o se hunda. Es decir, es un ensayo destructivo que permite definir la carga máxima a la que podrá estar sometido, sirviendo para valorar una logística u otra. Con el envase en físico se realizaría en un instrumento para medir la resistencia a la carga vertical formado por dos platos, uno de ellos estático, como se puede ver en la imagen a continuación. Además, este ensayo servirá además para simular la presión de taponado en el cuello, evaluando así la resistencia del envase a dicho proceso. Norma aplicable: UNE-EN ISO 8113.



Ilustración 102. Instrumento medición resistencia a la carga vertical. Obtenido de at2e.mx

- Prueba de compresión tapón.

El mismo ensayo nombrado anteriormente debería realizarse en el tapón del envase, con el objetivo de verificar que el tapón podrá resistir las presiones generadas del proceso de taponado sin deformarse o romperse.

- Presión interna.

En este ensayo se simula la presión interna a la que estará sometido el envase durante el proceso de llenado por inyección. En laboratorio se realizaría mediante un probador de presión interna, donde posicionando la botella en un plato bien sujeta, se iría vertiendo agua cada vez a más presión, monitorizada por un manómetro y un sistema de control de presión hasta alcanzar el valor máximo especificado o hasta que la botella llegue al fallo.



Ilustración 103. Probador presión interna. Obtenido de atrya.com.mx

- Prueba de nivel

Este ensayo se utiliza para verificar físicamente que a la capacidad deseada el producto químico queda a una altura correcta, ni sobrepasa ni es inferior al fill point deseado. Durante el proceso de envasado, mediante distintas balanzas distribuidas en la línea, se va verificando el peso de cada producto terminado, con el objetivo de desechar aquellos que no están cubriendo dentro de una tolerancia la capacidad requerida.

- Ensayo de estanqueidad (par de apriete)

Este ensayo tiene el objetivo de determinar el par de apriete (fuerza de torsión) adecuado que se debe aplicar al tapón del envase durante el proceso de roscado automatizado para conseguir un cierre que selle correctamente el envase, evitando así fugas.

- Ensayo de resistencia a la caída/impacto.

Este ensayo se utiliza para determinar la capacidad del envase para resistir los golpes y caídas derivados del manejo y transporte. Para ello se utiliza una máquina específica que permite dejar caer el envase, o un peso sobre el envase, a una altura determinada.



Ilustración 104. Máquina de prueba de impacto. Obtenido de directindustry.es

- Ensayo de tracción (pull force).

Este ensayo se utilizaría para conocer la fuerza necesaria para abrir el tapón. pudiendo verificar el comportamiento de los agarres. Primero se coloca el envase en la base de la máquina, sujetándolo correctamente para que permanezca inmóvil, para después aplicar una fuerza de tracción que permita separar el tapón del envase.

Entre estos ensayos, serán el de resistencia a la carga vertical el que se simule a continuación en esta memoria.

12.1. Hipótesis de trabajo

Como se ha definido anteriormente, este ensayo consiste en someter al envase a presión hasta que colapse o se hunda. Es decir, es un ensayo destructivo que permite definir la carga máxima a la que podrá estar sometido. Esto permitirá a su vez analizar si soportará determinados valores o intervalos concretos de presión, derivados de los procesos de envasado (como el llenado o el taponado a presión).



Ilustración 105. Procesos de envasado que presionan el cuello. Obtenido de dellatoffola.com.

Para realizar este análisis se ha realizado una simplificación del modelo, para conseguir un menor cargo computacional, ya que no afectarán a los resultados de la simulación por elementos finitos. Suprimiendo detalles como la rosca o salientes de la base del envase (trabajando en la pieza idealizada) se obtiene la siguiente pieza simplificada:



Ilustración 106. Modelo simplificado. Elaboración propia.

En esta pieza se ha realizado un mallado con elementos tetraédricos de 10 nodos para mayor precisión. En el mallado se ha utilizado la herramienta para la **variación del tamaño basada en la curvatura de la superficie** con el objetivo de que el tamaño de elemento vaya variando según la curvatura de la geometría para conseguir resultados que capturen efectos locales y precisos en el análisis. Además, para mayor precisión en el cálculo se ha **refinado la malla** en las áreas donde se espera un mayor estrés.

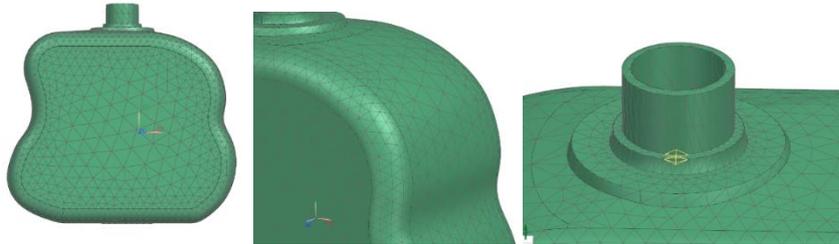


Ilustración 107. Mallado. Elaboración propia.

En cuanto al material, se ha creado un colector de malla para asignar el vidrio como material, por lo que se ha creado a partir de las características y propiedades propias de este, detalladas a continuación (Wayback Machine, s. f.):

Densidad: 2490 kg/m³

Módulo de Young: 70000 MPa

Coefficiente de Poisson: 0.22

Máxima Resistencia a la Compresión: 980000 MPa

Máxima Resistencia a la Tracción: 900 bar -> 90 MPa

Coefficiente de Expansión Térmica: $9 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

Por otra parte, a continuación, se va a definir el escenario de cargas y condiciones de contorno. Se ha aplicado una restricción fija en la base del envase y se ha considerado el propio peso de este aplicando la aceleración de la gravedad al cuerpo. Además, se aplica una carga a la superficie de cuello uniformemente distribuida para simular los distintos escenarios, cuyo valor dependerá de los parámetros o procesos que se deseen analizar.

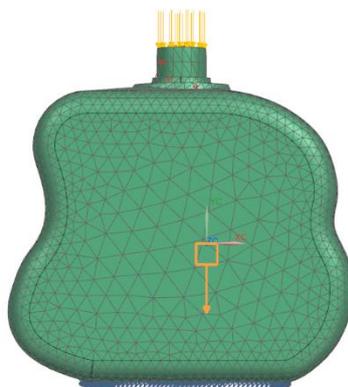


Ilustración 108. Cargas y condiciones de contorno. Elaboración propia.

12.2. Simulaciones y análisis.

SUBCASO 1:

En cuanto a las cargas aplicadas al cuello, en el primer escenario de cargas se va a simular el comportamiento del envase ante el proceso de inyección del producto químico mediante las boquillas en el proceso de envasado. La presión de inyección de las boquillas puede variar entre 0.1 y 0.5 MPa (valores obtenidos de los ajustes de las máquinas de RNB cosméticos), ya que depende del líquido y los requerimientos del envase y el proceso. Por ello, para el primer escenario de cargas se va a aplicar a la superficie del cuello una presión de 0.5 MPa (por ser el caso más desfavorable). Esto equivale a una fuerza de 17.395N, como se puede ver en los cálculos a continuación para simular su comportamiento frente al proceso.

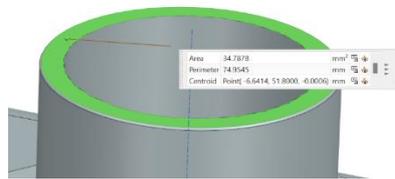


Ilustración 109. Medición área. Elaboración propia.

$$F = P \times A$$

$$F = 500000 \text{ Pa} \times 0,00003479 \text{ m}^2 = 17.395 \text{ N}$$

Como se puede ver en la imagen a continuación el **desplazamiento nodal** mínimo es de 0 mm mientras que el máximo es de 2.626E-04 mm (0.2626 micrómetros), que es el indicado en las zonas rojas. El resultado es esperado, ya que el mayor desplazamiento se produce en la región de aplicación de la carga y en las zonas contiguas, alrededor del cuello de la botella, y va disminuyendo a medida que se aleja de la zona de aplicación. Esto hace que esta zona se desplace en la dirección de aplicación de la fuerza. Este desplazamiento máximo es muy pequeño, en el orden de micrómetros, lo que indica que la estructura y geometría de la botella es correcta y permite la rigidez del diseño. Por otra parte se va a realizar a continuación el análisis de las tensiones de Von Mises, con el objetivo de asegurar que la botella no se encontrará en riesgo de fallo frente a esta fuerza.

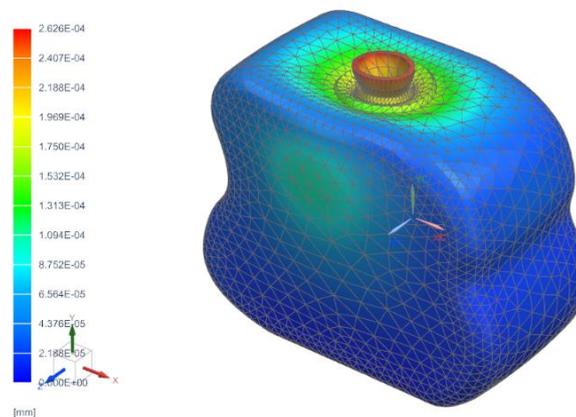


Ilustración 110. Subcaso 1-Desplazamiento. Elaboración propia.

Como se puede ver en la imagen a continuación, la tensión mínima es de 0 MPa mientras que la máxima es de 0.709 MPa, como se puede ver representado en la escala de colores donde el rojo representa la máxima y el azul la mínima. La región donde la botella experimenta una mayor tensión es la zona del cuello de la botella y la tensión va disminuyendo conforme la zona se aleja del área de aplicación de la fuerza, con valores de tensión más bajos en el cuerpo de la botella. Concretamente, la región donde la botella experimenta una mayor tensión es la zona de intersección entre el cuello de la botella y el anillo autocentrador, donde era de esperar. Con el objetivo de evaluar la seguridad del diseño, se van a comparar a continuación los valores máximos de tensión de Von Mises obtenidos en este análisis con el límite elástico del material de la botella (en este caso tiene un valor de 90 MPa).

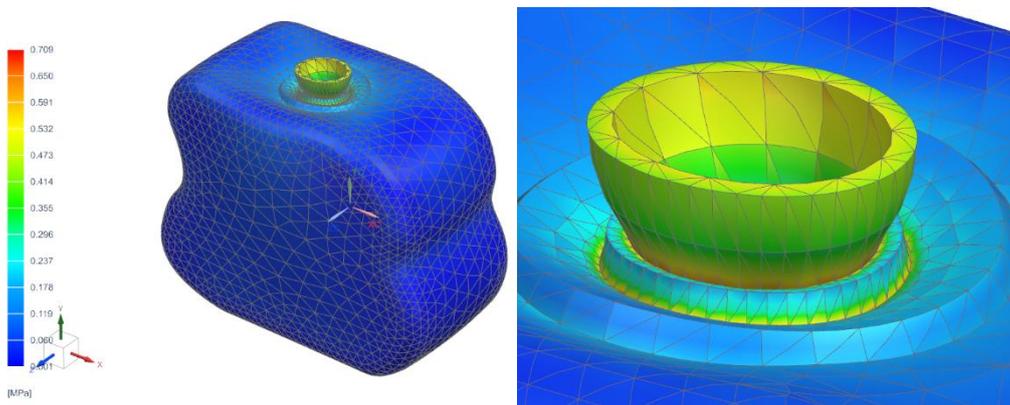


Ilustración 111. Subcaso 1-Tensión VonMises. Elaboración propia.

$$\text{Factor de seguridad} = \text{Tensión de rotura} / \text{Tensión M\acute{a}x.} = 126.92$$

Como se puede observar, se obtiene un factor de seguridad de un valor muy alto, lo que refuerza la idea de que el diseño está muy lejos de su límite de rotura bajo las condiciones de carga simuladas anteriormente, por lo que la estructura no fallara por deformación plástica. Es decir, el modelo no solo no entrara en deformación plástica (es decir, que la pieza recuperara su estado original sin deformación alguna), sino que no rompera ante la aplicación de esta carga.

SUBCASO 2:

Como segundo escenario de cargas, se va a simular el comportamiento del envase frente al proceso de presionado automatizado del tapón. Los valores típicos de fuerza aplicada sobre el tapón y con ello el envase para este proceso son entre 300 y 500 N (valores obtenidos de los ajustes de las máquinas de RNB cosméticos), por lo se va a someter a la superficie del cuello a una carga de 500 N por ser el caso más desfavorable (aunque se aplica una fuerza u otra para ajustar el tapón dependiendo de los requerimientos de este ajuste).

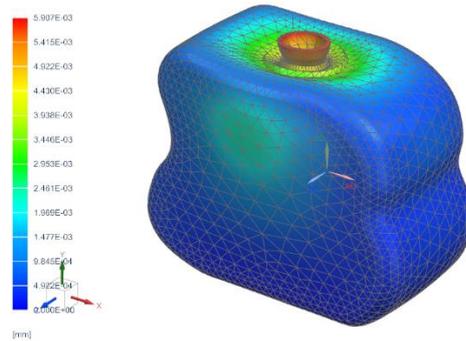


Ilustración 112. Subcaso 2-Desplazamiento. Elaboración propia.

Como se puede ver en la imagen anterior, el desplazamiento nodal mínimo es de 0 mm mientras que el máximo es de 5.907E-03 mm (0.5907 micrómetros), que es el indicado en las zonas rojas. El resultado de nuevo es el esperado, ya que el mayor desplazamiento se produce en la región de aplicación de la carga (en dirección a la aplicación de la fuerza) y en las zonas contiguas, alrededor del cuello de la botella, y va disminuyendo a medida que se aleja de la zona de aplicación. Este desplazamiento máximo de nuevo es muy pequeño, en el orden de micrómetros, por lo que, al igual que en el análisis anterior, es despreciable.

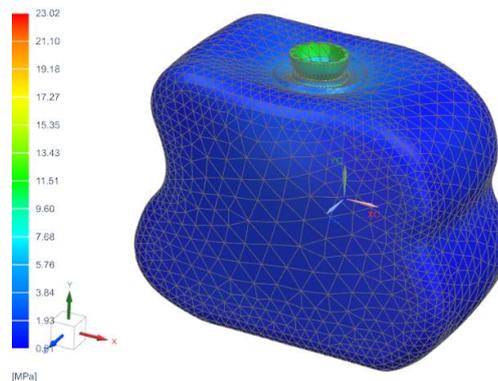


Ilustración 113. Subcaso 2-Tension Von Mises. Elaboración propia.

Como se puede ver en la imagen la tensión mínima es de 0 MPa mientras que la máxima es de 23.02 MPa, un valor notablemente mayor al análisis anterior. La región donde la botella experimenta una mayor tensión es de nuevo la zona del cuello de la botella, concretamente en la zona de intersección entre el cuello de la botella y el anillo autocentrador, donde era de esperar. Con el objetivo de evaluar la seguridad del diseño se va a calcular el factor de seguridad (utilizando un valor de tensión de rotura de 90 MPa).

$$\text{Factor de seguridad} = \text{Tensión de rotura} / \text{Tensión Máx.} = 3.90$$

Como se puede observar, se obtiene un factor de seguridad de un valor muy inferior al caso anterior, ya que las cargas aplicadas han aumentado considerablemente. Pese a que sigue siendo un valor alto, ya que la resistencia a la fractura del vidrio es 3.90 veces mayor que la tensión máxima del modelo. Esto hace que el modelo no solo no entraría en deformación plástica (es decir, que la pieza recuperaría su estado original sin deformación alguna), sino que no rompería ante la aplicación de esta carga.

No obstante, es necesario tener en cuenta que el vidrio es propenso a fracturas frágiles. Es decir, cualquier pequeño defecto o microfisura puede actuar como un inicio para la fractura generalizada del envase. Por ello sería importante someter al envase a ensayos posteriores, como de fatiga (con diversos ciclos en los que se aplique la carga). Por otra parte, para reducir la tensión que se concentra en el radio de acuerdo (que actúa como un concentrador de tensiones) se ha aumentado en la pieza idealizada el valor del redondeo en esta zona de concentración de tensiones y se ha creado una nueva solución con de nuevo distintos subcasos.

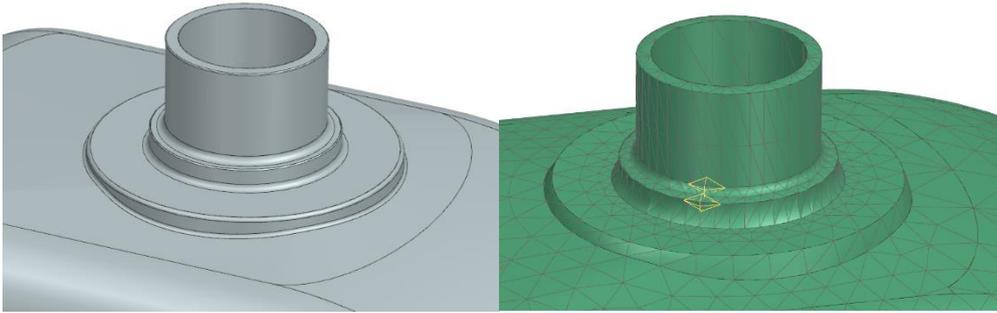


Ilustración 114. Aumento radio de acuerdo. Elaboración propia.

Con estas modificaciones se ha realizado una nueva simulación, manteniendo las condiciones de contorno y cargas de este subcaso, donde se han obtenido los siguientes resultados:

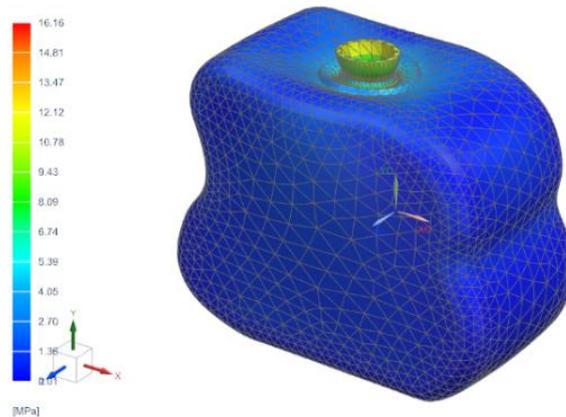


Ilustración 115. Subcaso 2 - tensiones reducidas. Elaboración propia.

Como se puede ver, al aumentar el radio de acuerdo a 0.5 mm, se ha conseguido disminuir notablemente la tensión máxima del modelo ante la aplicación de una carga vertical. Pese a que el concentrador de tensiones sigue siendo el radio de acuerdo, la tensión que sufre esta zona es menor (16.16 MPa como máximo), lo que consigue un factor de seguridad de 5.56, mayor al obtenido en el análisis anterior aplicando la misma carga al diseño.

SUBCASO 3:

Por último, en el **tercer escenario de cargas** se someterá al envase a cargas superiores a las mencionadas hasta provocar el fallo, obteniendo así su carga de rotura. Se ha ido aumentando la carga en intervalos de 500 N hasta llegar a una fuerza aplicada sobre el cuello del envase de 2000N. Aplicando esta carga se ha podido observar una tensión máxima en el modelo de 80.79 MPa. Por ello se ha ido aumentando en intervalos menores la carga aplicada hasta aproximarse lo máximo posible a una tensión de Von Mises máxima de 90 (la tensión de rotura). Gracias a este análisis destructivo se han obtenido los siguientes resultados:

- Aplicando una fuerza de 2000N en la superficie del cuello se obtiene un factor de seguridad de 1.115.

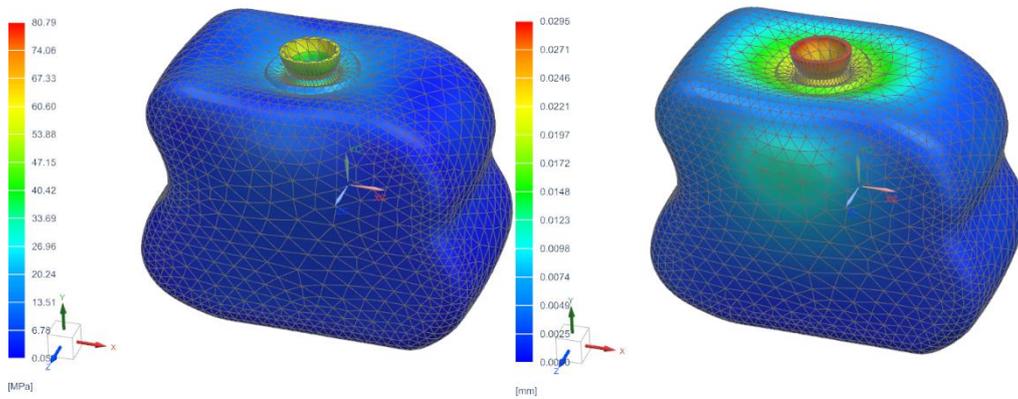


Ilustración 116. Subcaso 3 -2000N. Elaboración propia.

- Aplicando una fuerza de 2220N se puede observar una tensión máxima en el modelo de 89.69 MPa, por lo que se obtiene un factor de seguridad de 1.0035.

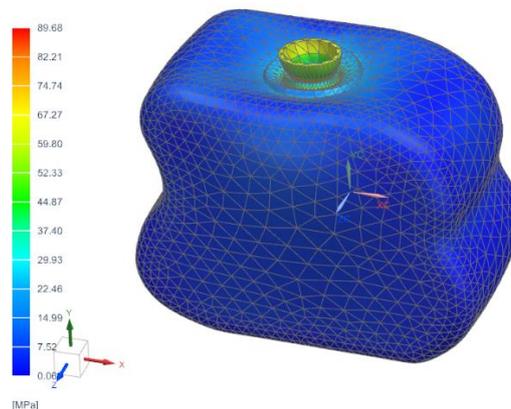


Ilustración 117. Subcaso 3 -2220N. Elaboración propia.

- Aplicando una fuerza de **2230N** se obtiene un valor de tensión máxima de 90.08 (superior a la tensión de rotura del vidrio que es 90 MPa), obteniendo un factor de seguridad menor a 1. Debido a esto se obtiene que 2230N es el valor de la **carga de rotura del diseño**.

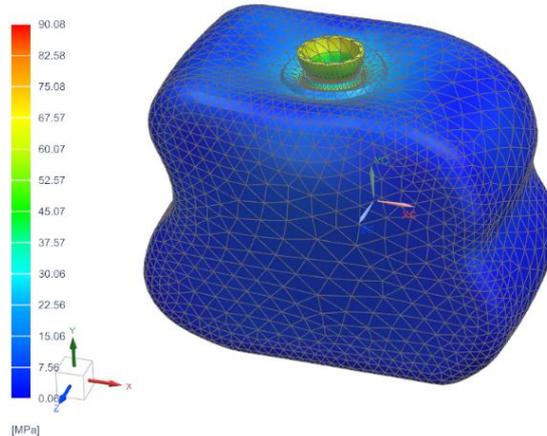


Ilustración 118. Subcaso 3 -2230N. Elaboración propia.

Por todo esto sería recomendable no someter al envase a una carga mayor de 2000N, ya que se obtendría un factor de seguridad menor de 1, lo que para un material como el vidrio sería un valor muy reducido, debido a que es propenso a fracturas frágiles. Es decir, cualquier pequeño defecto o microfisura puede actuar como un inicio para la fractura generalizada del envase. Por ello sería recomendable mantenerse en cargas que permitan un factor de seguridad alto o, en su defecto, mayor que uno.

Como se ha realizado en el apartado anterior, se va a crear una nueva solución aumentando en la pieza idealizada el radio de acuerdo, que es la zona de concentración de tensiones, para ver cómo varía la carga de rotura del modelo después de esta modificación. Efectivamente aumentando el radio de acuerdo se reducen las tensiones en esa zona que, al ser la zona donde se concentraban las tensiones máximas, hace que se reduzcan en general en el modelo. Esto hace que esta modificación en el diseño permita aumentar el valor de la carga de rotura a 2520N (situación de carga donde la tensión máxima es de 90.38, superior a la de rotura, por lo que se obtiene un factor de seguridad < 1).

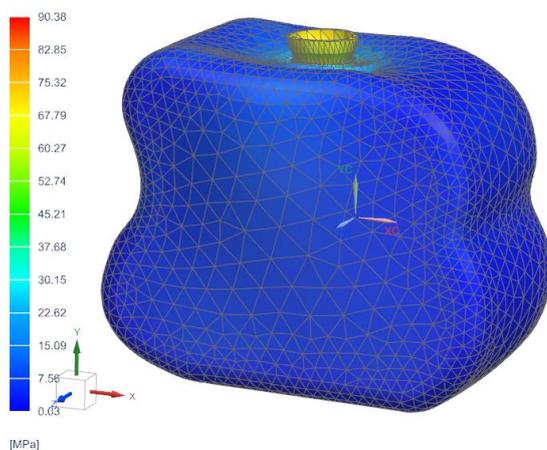


Ilustración 119. Carga de rotura tras modificación. Elaboración propia.

12.3. Conclusiones

En conclusión, realizar el proceso de homologación a través de herramientas de simulación CAE aporta varios beneficios como ahorro de tiempo y dinero y mejora significativa de la eficiencia y la flexibilidad.

Concretamente, en este análisis de elementos finitos se han obtenido distintas conclusiones que permitirán establecer acciones a tomar en los procesos posteriores del ciclo de vida del producto.

Por una parte, se ha podido comparar los resultados obtenidos de los análisis con las especificaciones y características del material, para estimar las cargas que el envase podrá resistir o no. Con esto se ha concluido que el envase resistirá sin llegar a la rotura ni a la deformación plástica al proceso de envasado (inyectando a una presión igual o inferior a 0.5 MPa y taponando con una fuerza de 500N o inferior).

Por otra parte, se han podido identificar puntos críticos, donde las deformaciones y tensiones serán más altas. Para la reducción de las tensiones en estas zonas de concentración se han aumentado los radios de acuerdo, consiguiendo mejores resultados. Por ello se ha concluido que la geometría del cuello del envase afecta directamente en la carga que este es capaz de resistir.

Además, se ha obtenido la carga de rotura del envase era para el diseño inicial 2230N, pero, una vez modificado el radio de acuerdo (la zona de concentración de tensiones) se obtiene una carga de rotura del modelo de 2520N, un valor notablemente mayor. Por ello, para la logística habrá que tener en cuenta esta especificación del producto, indicando que la carga máxima que puede soportar es de 2500N, por lo que se podrán remolcar pallets o se podrán colocar cajas encima que supongan una carga inferior a este valor, para evitar la rotura por aplastamiento.

13. Presupuesto e impacto ambiental

Para este apartado se va a calcular el presupuesto de este proyecto, es decir, los costes estimados que supondría en el caso de llevarse a cabo la fabricación y producción de este envase para perfume.

En este se van a contemplar los costes relacionados con el proceso de fabricación del envase de vidrio, así como el del tapón y los refrentes a la adquisición de las bombas (que son un componente comercial), las pruebas, prototipos y ensayos tanto de decoración como del producto, la mano de obra de ingenieros, técnicos y diseñadores. Además, se va a estudiar la ruta de envasado y acondicionado, las inversiones en utillajes, las inversiones en marketing, los costes de transporte y los costes de gestión de residuos.

Se van a estudiar de manera detallada los **costes de la fabricación, envasado y acondicionado de un envase**, ya que se dispone de más información para la estimación de estos debido al estudio realizado, a la información obtenida de informes en internet y la aportada por la empresa. Por ello el presupuesto total estimado de este proyecto se calculará a partir de la suma de los comentados anteriormente (donde no se van a tener en cuenta los costes indirectos como el alquiler o compra de los establecimientos, los salarios de personal no productivo y los servicios), por lo que a continuación se presenta el desglose:

13.1. Costes fabricación componentes

Para ello se toma como referencia en los costos de las materias primas del vidrio, de la cantidad de piezas por mezcla y de la mano de obra en general los pertenecientes a la empresa *Owens*, líder en fabricación de envases de vidrio, debido a la dificultad de encontrar información sobre los costos de los productos por la falta de transparencia en las empresas que fabrican los frascos en el ámbito de la perfumería.

En el caso de los costos adicionales del frasco, como los moldes o la puesta en marcha de la maquinaria (la amortización o pago mensual de la maquinaria como tal no se tiene en cuenta al ser un gasto indirecto), así como del precio de los lotes comerciales de pulverizadores y los costos de producción del tapón, son obtenidos en cambio del informe "*Diseño estructural y gráfico de un envase y su packaging para un perfume*" (Sánchez Moreno, 2021).

FRASCO VIDRIO

Materias primas	Costo por 1 kg	kg por mezcla	Costo mezcla
Sílice	0,1255 €	1000,4909	125,56 €
Carbonato sodio	0,7270 €	341	247,9070 €
Carbonato calcio	0,2029 €	291,5	59,14554 €
Feldespatio	0,4351 €	175	76,1425 €
Selenio	195,4475 €	0,0491	9,5965 €
Carbón	0,8108 €	0,05	0,0405 €
Sulfato de sodio	0,7401 €	12,28	9,0889 €
Vidrio	0,2920 €	3357,67	980,5404 €

Costos adicionales	Costo por 17.260 uds	Costo por 1 ud
Molde frasco	3500 €	0,20 €
Serigrafía	50 €	0,0029 €
Puesta en marcha maquinaria	300 €	0,017 €
Materiales	100 €	0,0058 €
Coste de almacenamiento		0,3 €

En total 1 mezcla (5178.04 kg) genera 17260 envases y cuesta 1508,0228 euros. Por tanto, el costo de las materias primas por la fabricación de un envase es de:

$$1508,0228 \text{ euros} / 17260 \text{ envases} = 0,087 \text{ euros el envase}$$

El precio total de los costos adicionales por unidad de envase sería:

$$0,20 + 0,0029 + 0,017 + 0,0058 + 0,3 = 0,536 \text{ €/ud}$$

PULVERIZADOR	Tamaño	Precio	Costo x unidad
Lote comercial	5000 uds	2000 €	0,4 €/ud

TAPÓN	Costo por 17.260 uds	Costo x unidad
Molde del tapón	2000 €	0,16 €
Puesta en marcha maquinaria	250 €	0,014 €
Materiales	150 €	0,0087 €
Coste almacenamiento		0,25 €

Por lo que el precio total de los costos del tapón por unidad de producto, teniendo en cuenta que el tapón es enfundado por lo que está formado por dos componentes ensamblados) sería:

$$2 \times (0,16 + 0,014 + 0,0087 + 0,25) = 0,86 \text{ €/ud}$$

MANO DE OBRA	Trabajadores x día	Costo x h	hrs
Horno	9	10,25 €	12
Zona Caliente	12	10,25 €	12
Control Calidad	13	8,97 €	12
Zona fría	12	10,25 €	12
Montacarguistas	7	5,76 €	12
Coordinadores	8	17,26 €	12
Taller eléctrico	4	9,615 €	12
Taller mecánico	4	9,615 €	12
Personal Tercerizado	17	9,615 €	12
Despacho	5	10,25 €	12

En total en un día hacen falta 91 trabajadores que, según su sueldo trabajando todos ellos un total de 12 horas diarias hacen un total de gastos para la empresa de 11.295,83 euros al día.

En un día la empresa produce 70 mezclas (1208200 frascos), por lo que:

$$11.295,83 \text{ euros} / 1208200 \text{ envases} = 0,009349 \text{ €/ud}$$

TOTAL COSTES DE FABRICACIÓN COMPONENTES: 1,8924 €/ud

13.2. Costes envasado y acondicionado envase

Estos costes se van a estimar a partir del estudio y definición de las rutas de envasado y acondicionado de una fragancia de vidrio con bomba roscada y tapón de plástico. Se van a tener en cuenta unas unidades como objetivo anual. Para una producción media/grande, un número de unidades anual adecuado es 20000uds.

De esta forma, sabiendo el número de operarios necesario para las operaciones, así como las unidades por turno y los costes derivados de la adquisición de utillajes (datos estimados a partir de información obtenida de la empresa RNB), se van a poder establecer los €/ud de manera estimada para el cálculo del presupuesto total.

La ruta para el envasado sería la siguiente:

Línea	Unidades/turno	Nº operarios	Tiempo preparación	Nº operarios preparación
x	10000	4	3 h	3

Por otra parte la ruta para el acondicionado sería la siguiente:

Línea	Unidades/turno	Nº operarios	Tiempo preparación	Nº operarios preparación
x	10000	7	1,5 h	2

Como salario base se va a suponer 18 euros de tasa horaria por operario, suponiendo que como se indica en las rutas en total son 16 operarios, que hacen 10000 uds por turno (de 8 horas) y que el objetivo de unidades es de 20000, con esto se obtiene:

$$(480/60) \times 16 \times (18/10000) = 0,23 \text{ €/ud}$$

Además, se debe suponer en este punto una inversión para el utillaje. Este se conformado a partir de un plástico como el PLA 3D850, una variedad de ácido poliláctico (PLA) especialmente diseñada para la impresión 3D, que ofrece alta rigidez y buena durabilidad. Por ello, la inversión aproximada para toda la tanda de godets necesaria sería de 3600 euros.

$$2600 / 20000 = 0,13$$

TOTAL COSTES DE ENVASADO Y ACONDICIONADO: 0,36 €/ud

13.3. Otros costes asociados

Para la estimación de los costes derivados del proyecto, más allá de la fabricación y producción, se van a tener en cuenta las 20000 unidades anuales estipuladas anteriormente para el producto. Por tanto, los costes estimados quedarían de la siguiente forma:

- Pruebas y ensayos:

Se va a estimar un total de 1000 euros anuales incluyendo mano de obra y materiales como muestras o prototipos.

Coste por unidad: $2000 \text{ euros} / 20000 \text{ unidades} = 0,15 \text{ euros/unidad}$

- Ingenieros, técnicos y diseñadores:

Total: 4000 euros anuales

Coste por unidad: $4000 \text{ euros} / 20000 \text{ unidades} = 0,20 \text{ euros/unidad}$

- Inversiones en Marketing:

Total: 2000 euros anuales

Coste por unidad: $2000 \text{ euros} / 20000 \text{ unidades} = 0,10 \text{ euros/unidad}$

- Costes de Transporte:

Total: 1500 euros anuales

Coste por unidad: $1500 \text{ euros} / 20000 \text{ unidades} = 0,075 \text{ euros/unidad}$

- Costes de Gestión de Residuos:

Total: 1000 euros anuales

Coste por unidad: $1000 \text{ euros} / 20000 \text{ unidades} = 0,05 \text{ euros/unidad}$

TOTAL COSTES ASOCIADOS ESTIMADOS: 0,575 €/ud

13.4. Presupuesto final e impacto ambiental

Finalmente, tras el cálculo de los costes supuestos aproximados para la fabricación y procesado de un envase para perfume con el diseño llevado a cabo en este proyecto, se obtiene un presupuesto estimado por la fabricación y producción del envase para perfume de **1,8924 €/ud + 0,575 €/ud + 0,36 €/ud + 21% de IVA = 3,41825 €/ud**

A continuación, se va a analizar el impacto ambiental positivo y negativo, estudiando las características que permiten obtener un diseño y un proceso respetuoso con el medio ambiente, que cumple con los objetivos de la Agenda 21 que se presentan a continuación.



Ilustración 120. Objetivos Agenda 21. Obtenido de comunidadism.es

La utilización del vidrio permitirá reducir la cantidad de residuos ya que es un material 100% reciclable que puede ser reciclado de forma infinita. Además, el aluminio que forma la bomba es también 100% reciclable, por lo que permitirá obtener las mismas ventajas. Por otra parte, pese a que el ABS sacrifica un poco ese reciclaje ya que se busca un acabado determinado, el PET que conforma el tapón interno puede crearse a partir de plásticos reciclados.

Para permitir y facilitar esta reciclabilidad, se ha optado por realizar un diseño donde la bomba sea roscada en lugar de crimpada, por lo que será fácilmente separable por el usuario a la hora de reciclar los materiales en sus respectivos contenedores. Así, se podría decir que se ha hecho un diseño para el reciclaje de manera consciente, buscando la sostenibilidad, facilitando el desensamblaje y la separación de materiales para su reciclaje.

Así, la utilización de materiales reciclados para la fabricación de cada componente del envase permitirá reducir en gran medida la demanda de las materias primas vírgenes, así como ayudará a minimizar el impacto ambiental asociado. Además, la utilización de estrategias de reducción y gestión de residuos, como puede ser el lean manufacturing, podrá ayudar a minimizar los residuos generados en el ciclo de vida de cada envase, a través de una mejora de la eficiencia. Esto permitirá maximizar la reutilización, así como el consumo de energía.

Por último, con el objetivo de cumplir con la reducción de la huella ambiental mediante el diseño, se buscaría también emplear un aroma fuera eco-friendly, es decir, utilizar para su formulación ingredientes naturales, disminuyendo la contaminación del aire propia de la contaminación interior del mundo de la perfumería.

14. Análisis de riesgos

Para este punto se van a analizar los posibles riesgos derivados del diseño de un envase de perfume, con el objetivo de evaluarlos y buscar posibles medidas de mitigación, previniendo así el fallo. Estos posibles riesgos están contenidos dentro de cinco áreas clave: diseño, fabricación, logística, mercado y normativas.

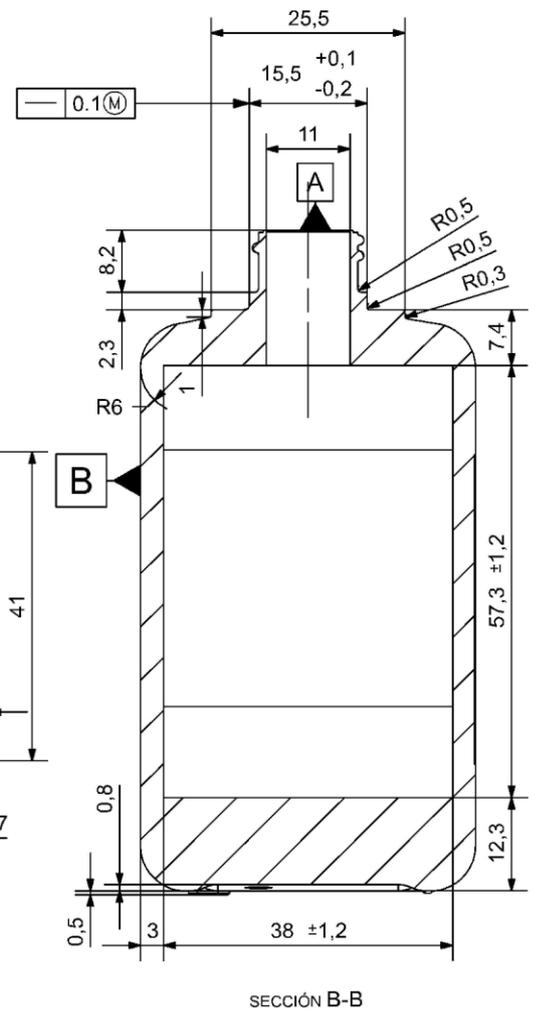
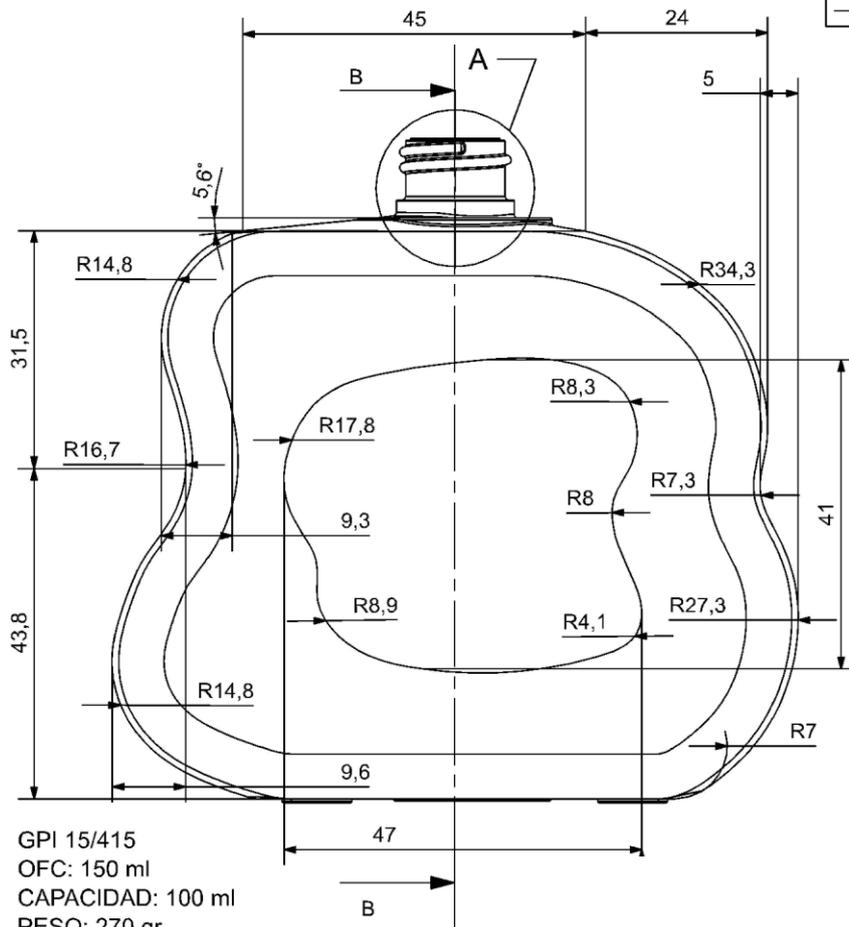
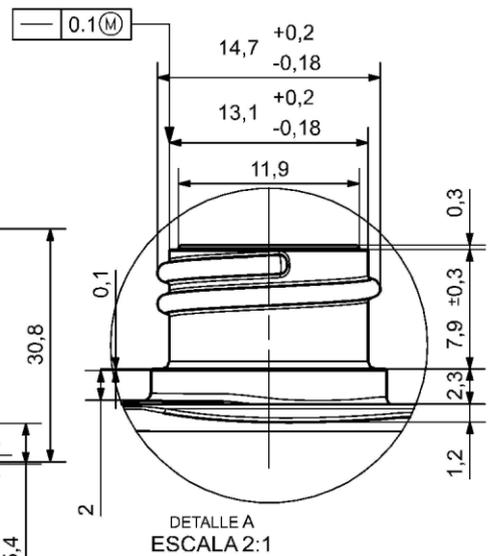
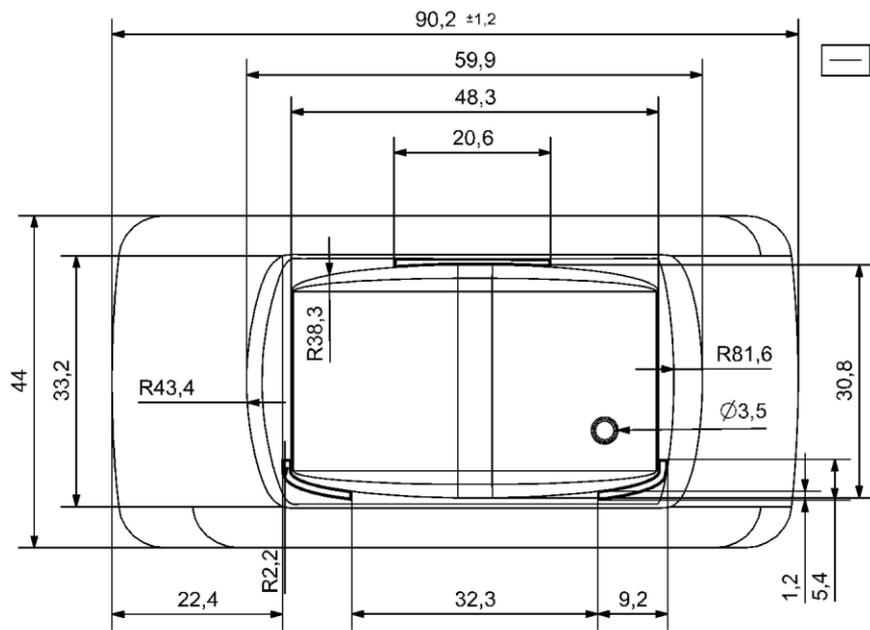
Riesgo	Descripción	Probabilidad de ocurrencia	Impacto	Medidas de mitigación
Fallos en el producto final	El envase finalmente no cumple con los requisitos definidos	Media	Alto	Realizar múltiples pruebas, prototipos y ensayos. Estándares de calidad AQL.
Costos excedidos	Los costos ya sea de materiales o de procesos se exceden de lo previsto	Media	Medio	Análisis de costos exhaustivo en la fase de desarrollo. Tener en cuenta márgenes para posibles sobrecostos.
Incumplimiento normativo	Se detecta que el envase incumple alguna regulación o normativa	Baja	Alto	Incluir en la fase de desarrollo expertos legales que verifiquen el cumplimiento
Problemas de suministro	Retrasos debido a problemas con los proveedores de materiales o maquinaria	Alta	Medio	Realizar una búsqueda durante la fase de desarrollo de proveedores alternativos y homologarlos también.
Problemas en el transporte	El envase se rompe o maltrata durante el transporte	Media	Alto	Realización de pruebas de resistencia y durabilidad. Dar importancia al diseño de embalajes que aseguren la protección.
Incompatibilidad	Surgen problemas de incompatibilidad con el producto químico o entre los propios componentes	Baja	Alto	Realización de ensayos con los componentes ensamblados, ensayos de compatibilidad de fórmula.
Mala percepción en el mercado	El diseño no llama la atención de los consumidores	Media	Alto	Estudios de mercado previos a la fase de desarrollo.

Gracias a este análisis de riesgos se han obtenido ciertas medidas o estrategias de mitigación de riesgos que permitirán la identificación temprana de los problemas, es decir, una estrategia preventiva. Esto ayudará en gran medida a una mejora de la rentabilidad del proyecto en su conjunto, a una mejora en la calidad del producto y un aumento de la seguridad y continuidad del producto en el mercado

FASE 4. RESULTADO FINAL

15. Planos

A continuación, se presentan los planos del diseño final del envase, tanto los planos de conjunto como los de cada componente por separado, numerados del 1 al 6.



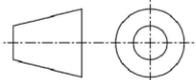
GPI 15/415
OFC: 150 ml
CAPACIDAD: 100 ml
PESO: 270 gr
MATERIAL: Vidrio

Tolerancias generales: ISO 2768 -1

Tolerancias geométricas: ISO 2768 -2

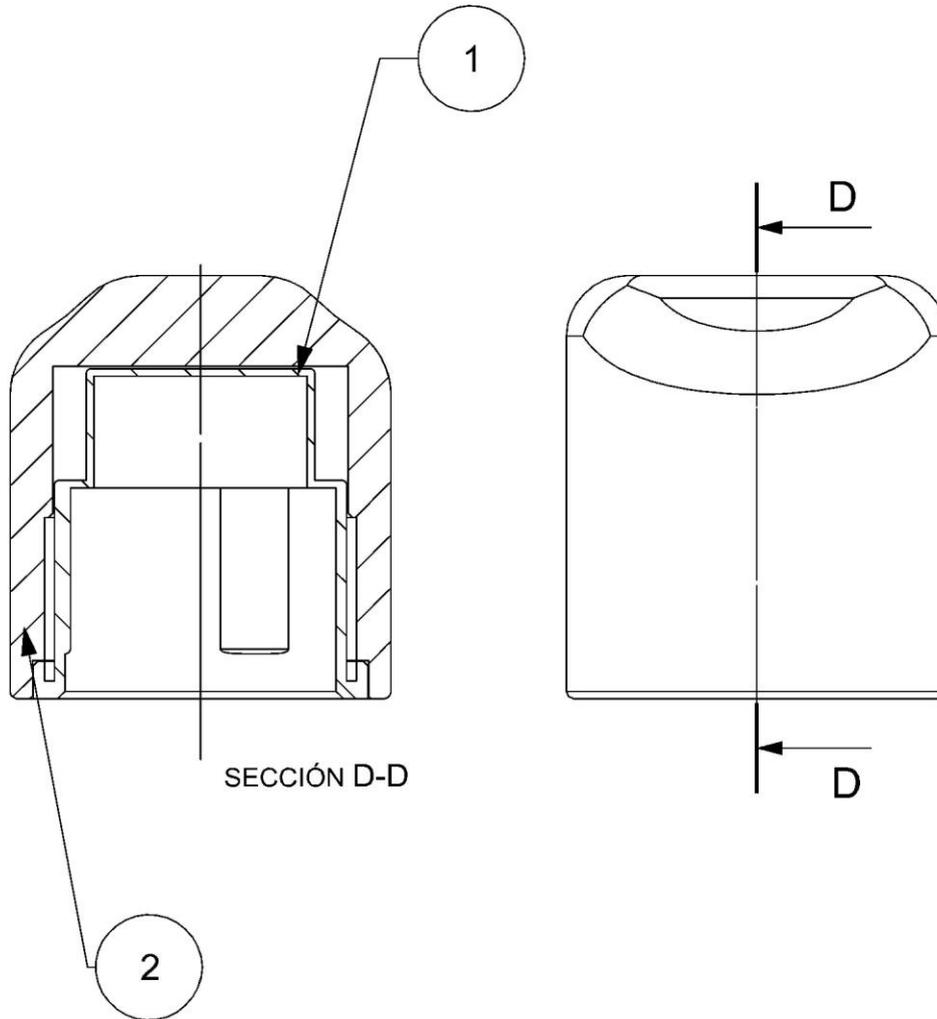
Rugosidad superficial: UNE - EN ISO 1302

Nombre	Fecha
Alicia Orengo Belenguer	12/07/2024
Aprobado	



Máster Universitario en Diseño y Fabricación Integrada Asistidos por Computador

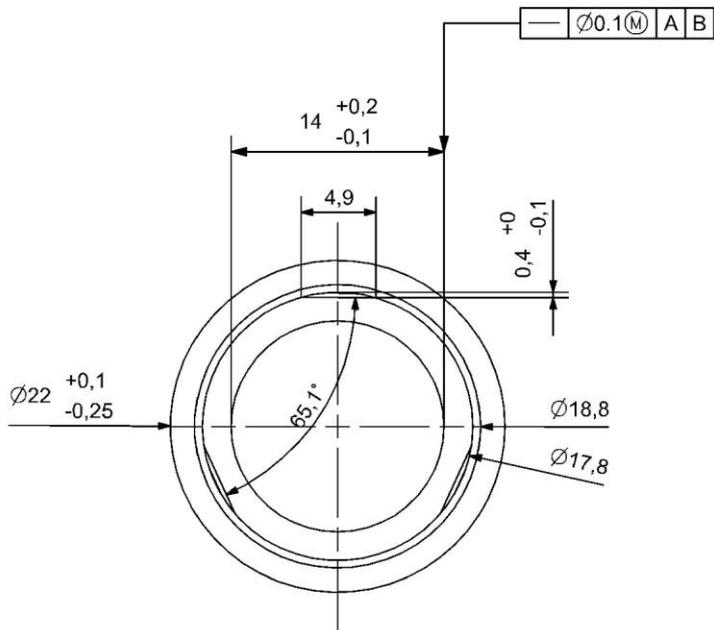
Escala	Denominación	Número
1:1	BOTELLA DE VIDRIO 100ML	1 de 6



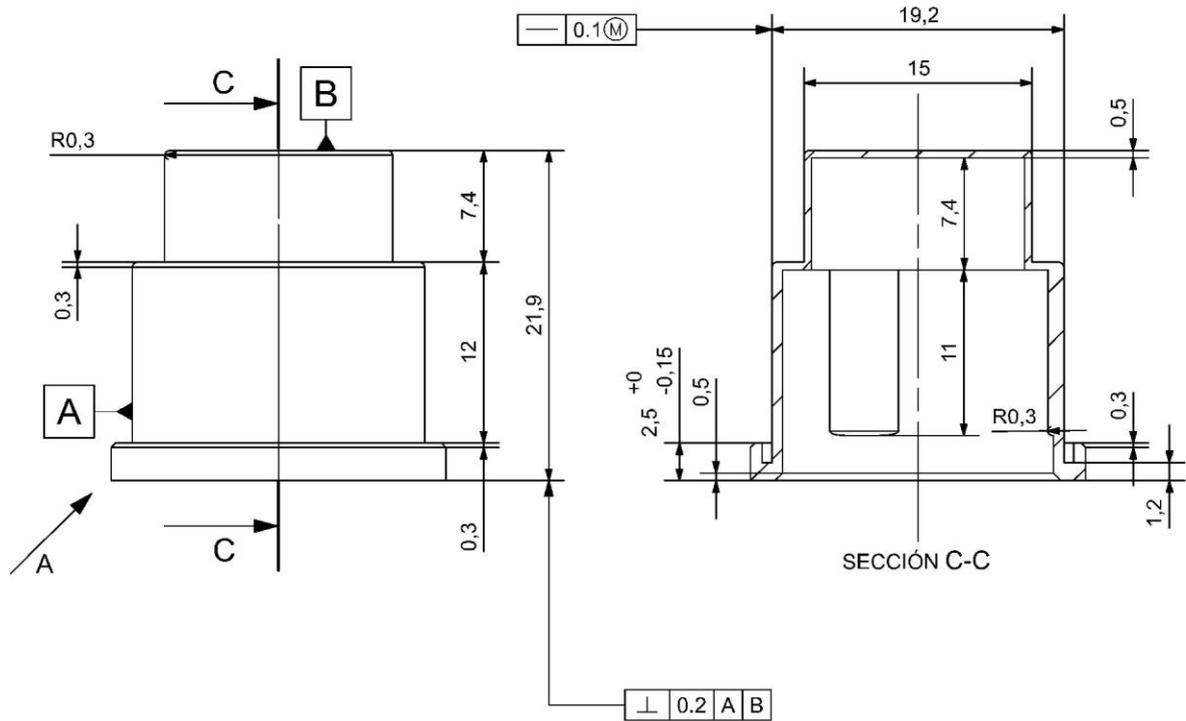
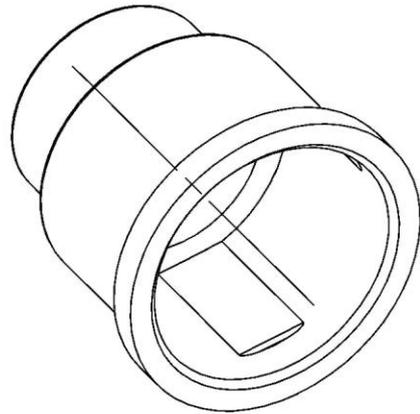
PULL FORCE: 10N
 PESO: 10,8 gr
 ENSAMBLAJE: sellado por calor

COMPONENTES			
1	PZA INTERNA	PET	1
2	FUNDA	ABS	1

	Nombre	Fecha		Máster Universitario en Diseño y Fabricación Integrada Asistidos por Computador
Dibujado	Alicia Orengo Belenguer	14/07/2024		
Aprobado				
Escala	Denominación			Número
2:1	CONJUNTO TAPÓN PERFUME KASENS			2 de 6



VISTA A



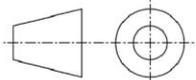
PESO: 4.6 gr
MATERIAL: PET

Tolerancias generales: ISO 2768 -1

Tolerancias geométricas: ISO 2768 -2

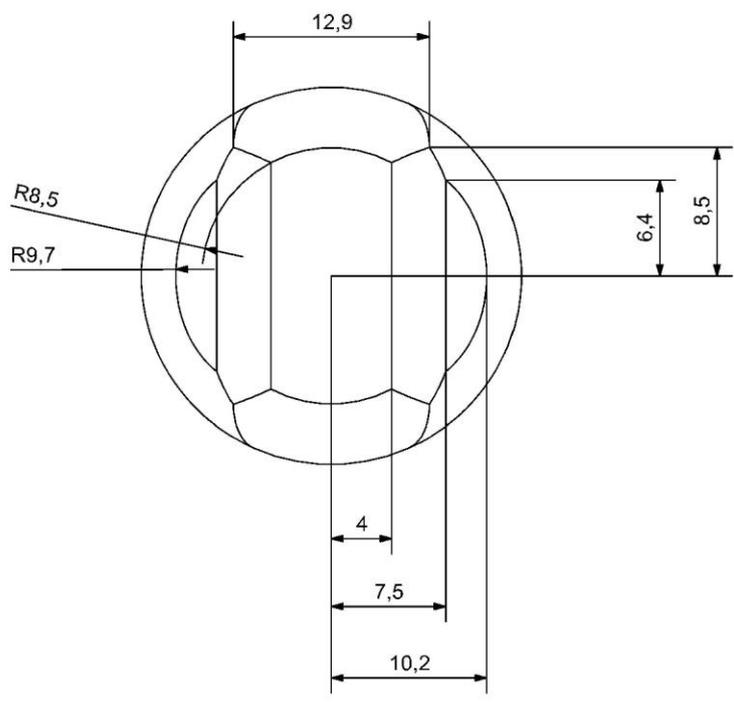
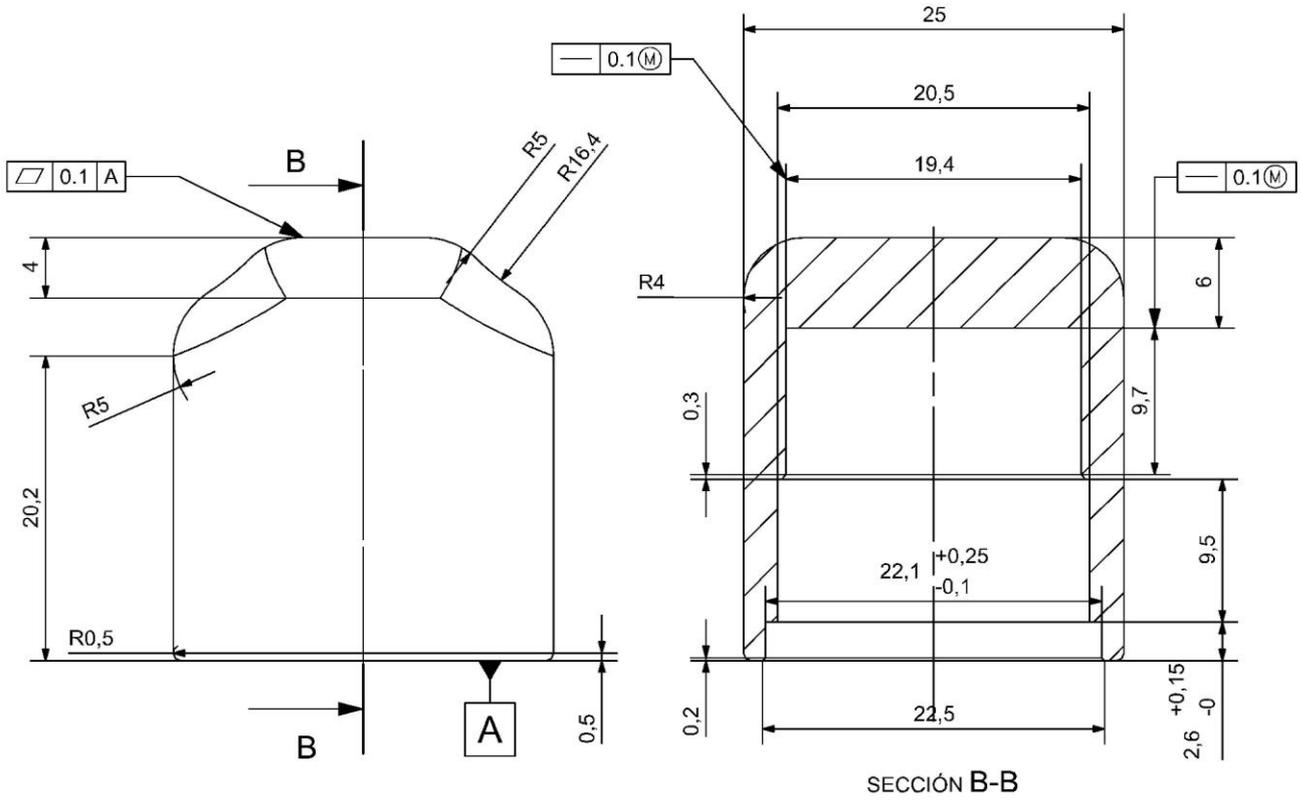
Rugosidad superficial: UNE - EN ISO 1302

	Nombre	Fecha
Dibujado	Alicia Orengo Belenguer	15/07/2024
Aprobado		



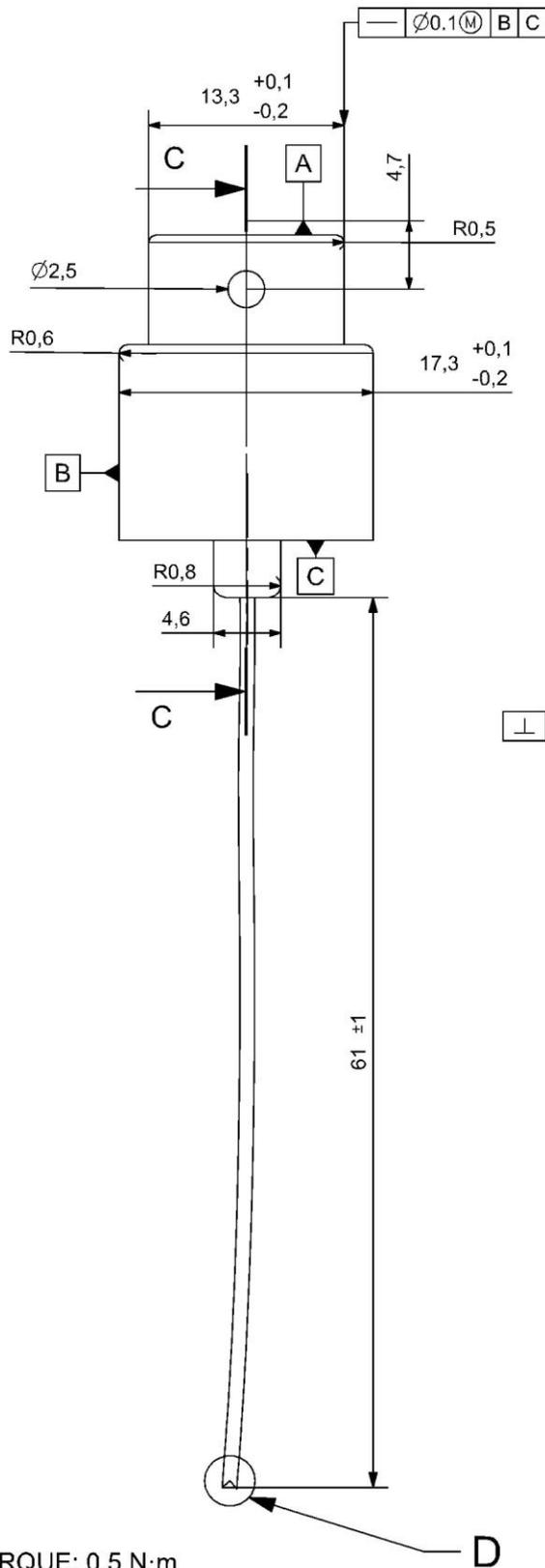
**Máster Universitario en Diseño y
Fabricación Integrada Asistidos
por Computador**

Escala	Denominación	Número
2:1	PIEZA INTERIOR TAPÓN	3 de 6



PESO: 6.2 gr
MATERIAL: ABS

Tolerancias generales: ISO 2768 -1		Tolerancias geométricas: ISO 2768 -2		Rugosidad superficial: UNE - EN ISO 1302	
Dibujado	Nombre Alicia Orengo Belenguer	Fecha 15/07/2024			Máster Universitario en Diseño y Fabricación Integrada Asistidos por Computador
Aprobado					
Escala	Denominación FUNDA EXTERIOR TAPÓN				Número 4 de 6



SECCIÓN C-C

DETALLE D
ESCALA 10:1

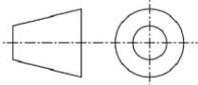
PAR DE TORQUE: 0.5 N·m
 DOSIFICACIÓN: 0.1ml
 PRIMING: 2
 PESO: 3,135 gr
 MATERIAL: Aluminio

Tolerancias generales: ISO 2768 -1

Tolerancias geométricas: ISO 2768 -2

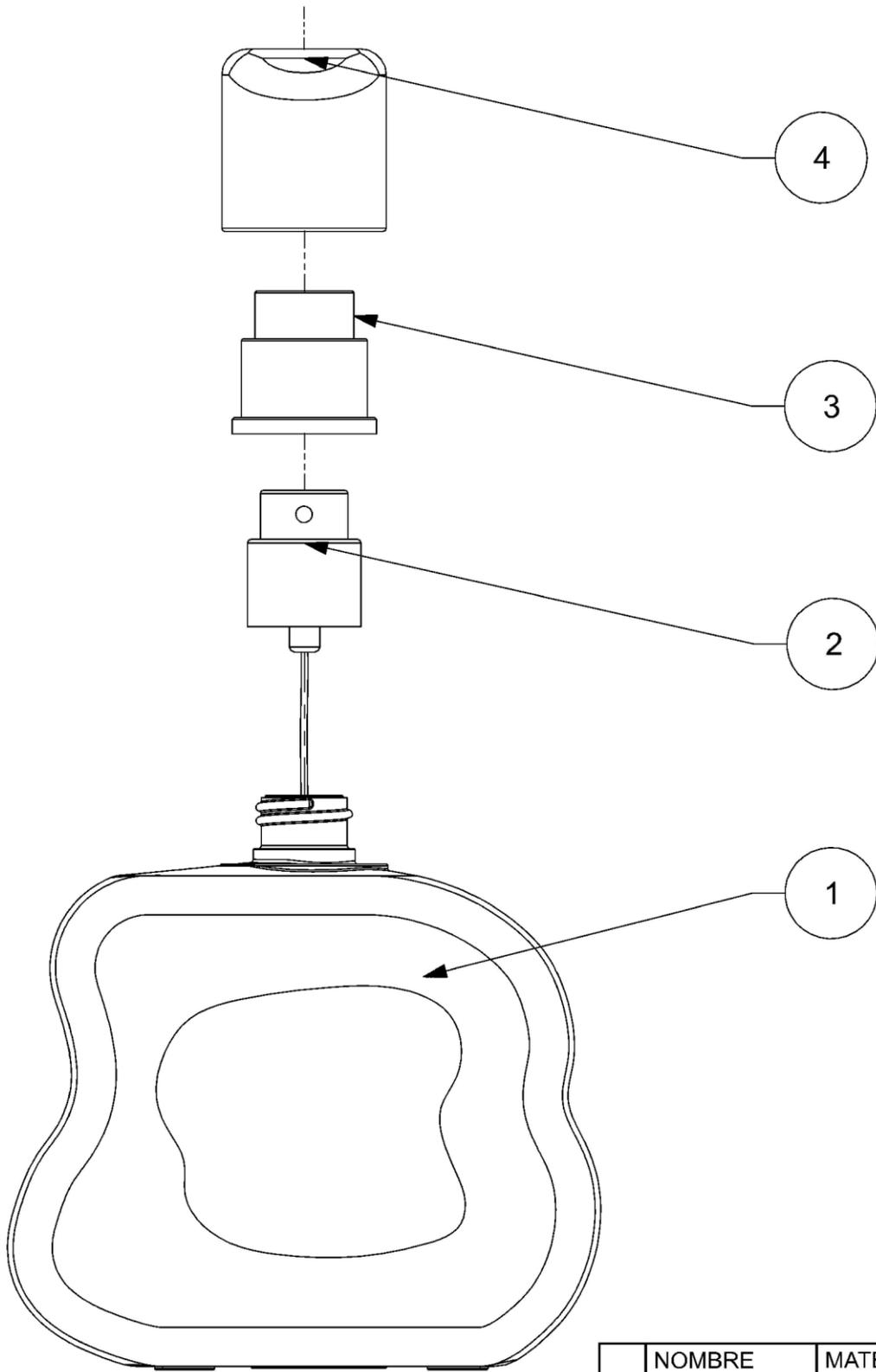
Rugosidad superficial: UNE - EN ISO 1302

	Nombre	Fecha
Dibujado	Alicia Orengo Belenguer	15/07/2024
Aprobado		



**Máster Universitario en Diseño y
 Fabricación Integrada Asistidos
 por Computador**

Escala	Denominación	Número
1:1	BOMBA 15/415 DE PERFUMERÍA	5 de 6



	NOMBRE	MATERIAL	Nº
1	BOTELLA	VIDRIO	1
2	BOMBA	ALUMINIO	1
3	TAPÓN	PET	1
4	FUNDA	ABS	1

	Nombre	Fecha			Máster Universitario en Diseño y Fabricación Integrada Asistidos por Computador
Dibujado	Alicia Orengo Belenguer	17/07/2024			
Aprobado					
Escala	Denominación				Número
1:1	CONJUNTO EXPLOSIONADO FRAGANCIA KASENS				6 de 6

16. Valoración económica

En este punto se van a valorar los costes asociados a la realización del TFM, por lo que se van a desglosar todos los costos estimados asociados, incluyendo tiempo de trabajo y las herramientas utilizadas, incluyendo el uso del ordenador y las licencias de los distintos softwares.

Coste de la mano de obra.

- Total de Horas: 300 horas
- Coste por Hora: 15 €/hora (sueldo estimado a partir del salario común entre ingenieros recién graduados)
- Coste Total: 300 horas × 15 €/hora = **4500€**

Coste de las herramientas utilizadas.

Detalles del Ordenador:

- Modelo: Lenovo Pavilion i7
- Coste del Ordenador: 1000 €
- Vida Útil del Ordenador: 8 años (96 meses)

Amortización del Ordenador:

- Amortización Mensual: 1000€ / 96 meses = 10.42 €/mes
- Horas de Uso para el TFM: 200 horas
- Total de Horas de Uso (Vida Útil): 7680 horas en los 8 años de vida útil (suponiendo 20 horas de utilización a la semana, por lo que se utiliza 80 horas al mes).

Coste por Hora de Uso:

- Coste por Hora: 1000 € / 7680 horas = 0.1302 €/hora
- Coste Total para el TFM: 200 horas × 0.1302 €/hora = **26.04 €**

Coste de los programas utilizados

Siemens NX:

- Coste de la Licencia Anual: 3000 €/año aproximadamente
- Horas de Uso: 200 horas
- Coste por Hora: 3000 € / 8760 horas/año = 0.3425 €/hora
- Coste Total para el TFM: 200 horas × 0.3425 €/hora = **68.50 €**

Microsoft Word:

- Coste de la Licencia Anual (Microsoft 365): 100 €/año
- Coste Total para el TFM: 100 € / 12 meses = 8.33 €/mes
- Sabiendo que el uso de este programa ha sido de 3 meses: 3 × 8.33 = **25 €**

Google Drive:

- Coste de la Licencia Anual: 20 €/año
- Coste Total para el TFM: $20€ / 12 \text{ meses} = 1.67 \text{ €/mes}$
- Debido a que su uso se ha reducido a 3 meses: $3 \times 1.67 = \mathbf{5 \text{ €}}$

Adobe Illustrator:

- Coste de la Licencia Anual: 300 €/año
- Coste Total para el TFM: $300€ / 12 \text{ meses} = 25 \text{ €/mes}$
- Suponiendo 3 meses de uso: $3 \times 25 = \mathbf{75 \text{ €}}$

Canva:

- Coste de la Licencia Anual (Pro): 120 €/año
- Coste Total para el TFM: $120€ / 12 \text{ meses} = 10 \text{ €/mes}$
- Con un uso de 3 meses: $3 \times 10 = \mathbf{30 \text{ €}}$

Teniendo en cuenta estos cálculos, el coste total estimado de la realización de este trabajo final de máster, obtenido a partir de la suma de la mano de obra, el de las herramientas utilizadas y el de los programas usados es: **4729.54 €**

17. Pliego de condiciones

17.1. Alcance e introducción

En este pliego de condiciones se va a fijar el marco para el desarrollo y gestión del proyecto llevado a cabo en este trabajo fin de grado, un envase de perfume de vidrio. Se van a tratar las condiciones entre contratista y contratante para integrar las responsabilidades y obligaciones de cada parte, con el objetivo de asegurar el cumplimiento de la propuesta que conduce a la resolución del proyecto, constituyendo una extensión del contrato entre propiedad y contratista. Por ello, este pliego deberá responder a las preguntas: ¿qué?, ¿cómo?, ¿cuándo?, ¿cuánto?, y ¿qué ocurre si no se cumple?

También se van a definir las especificaciones y características técnicas de los materiales, así como los controles de calidad requeridos para cada componente del envase, asegurando que cumplan con los estándares de funcionalidad, durabilidad y seguridad, indicando por tanto las condiciones necesarias para un adecuado proceso de fabricación del envase de perfume.

Por otra parte, se van a excluir las condiciones económicas de este pliego de condiciones, para asegurar que el enfoque principal se mantenga en los aspectos técnicos y de calidad del proyecto y las cuestiones económicas serían abordadas en etapas futuras, garantizando un proceso de contratación y evaluación centrado en los objetivos técnicos.

El fin de este apartado por tanto será garantizar una adecuada fabricación, consiguiendo la mejor calidad y fiabilidad para el producto, es decir, conseguir que el producto propuesto cumpla con los requisitos y criterios necesarios para la realización del diseño previsto durante la memoria del proyecto.

17.2. Condiciones legales

- **Derechos de Propiedad Intelectual**

Todos los diseños, ideas y/o conceptos empleados en este proyecto deben respetar los derechos de propiedad intelectual existentes. Todas las partes deben comprometerse a garantizar que el producto final no infrinja patentes o derechos de autor. Por esto, en caso de utilizar tecnologías o diseños patentados, se deberán asumir las licencias y costos correspondientes.

- **Normativa y regulación**

El envase deberá cumplir con la totalidad de normativas y regulaciones vigentes relacionadas. Así, deberá estar regulado correctamente en los ámbitos de seguridad, salud y medio ambiente, tanto a nivel local como internacional. Las partes correspondientes deberán asegurar que todos los materiales y procesos empleados estén certificados según los estándares pertinentes.

- **Acuerdos y contratos.**

Se formalizará un documento o contrato que pautará los términos y condiciones del proyecto, donde se incluirán plazos de entrega, costos y obligaciones y condiciones de pago. Además, las partes deberán firmar un acuerdo de confidencialidad que proteja adecuadamente la información, evitando la divulgación sin autorización. La parte contratante se deberá comprometer a efectuar dichos pagos bajo las condiciones y tiempos establecidos. Una condición será que todos los pagos deberán realizarse tras verificar que las entregas cumplan con los requisitos especificados, debiendo resolver cualquier discrepancia previamente a dicho pago.

17.3. Condiciones facultativas

- **Diseño y sostenibilidad**

El diseño del envase deberá cumplir con la totalidad de requisitos establecidos. Esto incluye requisitos estéticos (manteniendo la identidad de la marca), funcionales, normativa, fabricación, de proceso y de transporte. Además, las partes deberán comprometerse a la selección de materiales priorizando la reciclabilidad y biodegradabilidad, además de minimizar el desperdicio en el proceso de producción.

- **Proceso de fabricación y proceso de producción**

Se deberá buscar la máxima eficiencia en utillajes y herramientas necesarios para la fabricación, además de su adecuación para los procesos a llevar a cabo. Se deberán implementar procedimientos de control de calidad rigurosos, con el objetivo de asegurar el cumplimiento de los estándares requeridos en todas las etapas del proceso de fabricación y producción.

- **Validación y aprobación**

La parte contratante deberá revisar y aprobar los diseños y prototipos presentados por el contratista antes de la finalización de los plazos acordados. Esta parte se compromete a la comunicación oportuna de cualquier solicitud de ajuste o cambio en el diseño o proceso.

El envase deberá someterse a análisis CAE para simular su resistencia y funcionalidad, que deberán respaldarse con diversos ensayos físicos para asegurar el cumplimiento de todos los requisitos.

Tras la verificación del cumplimiento de todos los requisitos y especificaciones la parte contratante deberá realizar la aceptación final y comunicarla a la parte contratista.

- **Responsabilidades y Obligaciones**

El contratista se comprometerá a cumplir con los plazos y condiciones establecidos en el contrato para el desarrollo y entrega de los diseños, maquetas y productos. Cualquier discrepancia o retraso deberá ser comunicado lo antes posible, especificando causas y acciones para la resolución.

- **Cooperación**

La parte contratante deberá provisionar al contratista la información necesaria para el correcto desarrollo y mantenimiento del proyecto y viceversa, donde se incluyen especificaciones y documentación técnicas, requisitos de diseño y cualquier otra documentación requerida, como protocolos de prueba y certificados de calidad.

- **Comunicación**

El contratista se compromete a proporcionar informes de manera periódica donde detalle el progreso del trabajo, incluyendo tiempo y avances, así como problemas encontrados y sus acciones correctivas. Además, se compromete a acudir a las reuniones de seguimiento acordadas con la parte contratante a excepción de tener causas justificadas de falta

- **Subcontratación**

Cualquier subcontratación de procesos o subprocesos para el avance del proyecto deberá ser comunicada a la parte contratante y autorizada por esta antes de su ejecución. En el caso de aceptarse, será el contratista el que deberá asumir de la calidad del trabajo realizado por sus subcontratistas.

17.4. Condiciones técnicas

17.4.1. Bomba dosificadora

- **Función.**

Dispensar/dosificar el producto químico adecuadamente y de manera controlada mediante un mecanismo de bombeo.

- **Material.**

Denominación: Aluminio, aleación 6061 (AlMg1SiCu).

Composición: Aluminio (Al): Balance.

Silicio (Si): 0.40-0.80%.

Magnesio (Mg): 0.80-1.20%.

Cobre (Cu): 0.15-0.40%.

Hierro (Fe): $\leq 0.70\%$.

Cromo (Cr): 0.04-0.35%.

Zinc (Zn): $\leq 0.25\%$.

Otros elementos en trazas.

Propiedades: Resistencia a la tracción: 270-310 MPa.

Límite elástico: 240 MPa.

Módulo de Young: 69 GPa

Dureza: Aproximadamente 95-105 HV.

Densidad: 2.70 g/cm³.

Módulo de Young: 69 GPa.

Coefficiente de Expansión Térmica: 23.6 $\mu\text{m}/(\text{m}\cdot\text{K})$.

Conductividad Térmica: 167 W/(m·K).

Conductividad Eléctrica: 35.8 MS/m.

- **Especificaciones.**

Acabado exterior: Brillo

Altura interior: 8.1 +/- 0.25 mm

Anchura: 17.3 +0.1/-0.3 mm

Color: Plateado

Diámetro exterior rosca: 14.7 +/- 0.2 mm

Diámetro interior rosca: 13.6 +/- 0.2 mm

Par de torque: 0.5 N.m

Longitud de caña: 61 +/- 1 mm

Peso: 3.135 gr

Pulsaciones de cebado (priming):2

Tipo de cierre/métrica: GPI 15/415

Dosificación: 0.1 ml

- **Controles de Calidad:**

Control dimensional, Ensayo de dosificación y funcionalidad, Resistencia a la corrosión, Par de apriete y desapriete para el correcto sellado, Compatibilidad con el producto químico, Adherencia de la decoración (del acabado exterior), Merma y Ensayo de caída/impacto.

17.4.2. Botella

- **Función.**

Contener, transportar y proteger el producto de manera adecuada y preservando la calidad. Identidad de marca.

- **Material.**

Denominación: vidrio borosilicato

Composición: Silicio Dióxido (SiO_2): 70-80%.

Bórax (B_2O_3): 10-15%.

Sodio Óxido (Na_2O): 5-10%.

Aluminio Óxido (Al_2O_3): 1-5%.

Calcio Óxido (CaO): <1%.

Otros Componentes: Puede incluir trazas

Propiedades: Densidad: 2490 kg/m³

Módulo de Young: 70000 MPa

Coeficiente de Poisson: 0.22

Máxima Resistencia a la Compresión: 980000 MPa

Máxima Resistencia a la Tracción: 900 bar -> 90 MPa

Coeficiente de Expansión Térmica: $9 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

- **Especificaciones.**

Altura interior: 75.2 +/- 1.2 mm

Alto exterior: 87.5 +/- 1.2 mm

Ancho: 44 +/- 1.2 mm

Largo: 90.2 +/- 1.2 mm

Color: Translúcido, sin tinte.

Capacidad nominal: 100 ml

Capacidad a derrame (OFC): 150 ml

Altura cuello: 8.2 mm

Diámetro boca: 11.9 mm

Diámetro exterior rosca: 14.7 +0.2/-0.18 mm

Diámetro interior rosca: 13.1 +0.2/-0.18 mm

Peso: 270 gr

Tipo de cierre/métrica: GPI 15/415

- **Controles de Calidad:**

Control dimensional, Par de apriete y desapriete para el correcto sellado, Pruebas de estanqueidad, Inspección visual de defectos superficiales, Compatibilidad con el producto químico, Adherencia de la decoración (del acabado exterior), Merma, Ensayo de resistencia a la carga vertical, Prueba de compresión, Resistencia a presión interna, Prueba de nivel, Ensayo de caída/impacto y Ensayo de tracción/pull force

17.4.3. Tapón

- **Función.**

Sellar el envase de manera hermética, protegiendo el contenido con un acoplamiento ergonómico. Identidad de marca.

- **Componentes.**

Pieza interior (COMPONENTE 1) y funda exterior (COMPONENTE 2).

- **Materiales.**

COMPONENTE 1.

Denominación: Tereftalato de polietileno (PET)

Composición: Tereftalato de Dimetilo (DMT)

Etilenglicol (EG):

Propiedades: Densidad: 1.38 g/cm³

Módulo de Young: 2.5-3.5 GPa

Coefficiente de Poisson: Aproximadamente 0.35.

Resistencia a la Tracción: 50-70 MPa.

Resistencia al Impacto: Moderada.

Temperatura de Fusión: 250-260°C.

Temperatura de Transición Vítrea (T_g): 70-80°C.

Coefficiente de Expansión Térmica: 70-80 × 10⁻⁶ /°C.

COMPONENTE 2.

Denominación: Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS)

Composición: Acrilonitrilo (AN)

Butadieno (BD)

Estireno (ST)

Propiedades: Densidad: 1.04-1.06 g/cm³

Módulo de Young: 2.0-2.5 GPa

Resistencia a la Tracción: 40-50 MPa.

Resistencia al Impacto: Excelente.

Temperatura de Fusión: 100-120°C.

Temperatura de Transición Vítrea (T_g): 105°C.

Coefficiente de Expansión Térmica: 70-100 × 10⁻⁶ /°C

- **Especificaciones.**

Acabado exterior: brillo

Altura interior: 21.9 mm

Alto exterior: 28.1 mm

Ancho: 25 mm

Color: negro

Diámetro interior (nervios): 17.8 mm

Pull Force: 10 N

Peso COMPONENTE 1: 4.6 gr

Peso COMPONENTE 2: 6.2 gr

Peso total: 10.8 gr

Ensamble componentes: sellado por calor

- **Controles de Calidad:**

Control dimensional, Pruebas de sellado y hermeticidad, Inspección visual de defectos superficiales, Compatibilidad con el producto químico, Adherencia de la decoración (del acabado exterior), pruebas de pelado y desgaste, Ensayo de resistencia a la carga vertical, Prueba de compresión, Ensayo de caída/impacto, Ensayo de tracción/pull force.

18. Conclusiones

Este trabajo final de máster ha culminado en un diseño final de un envase completo de fragancia que es capaz de garantizar la calidad e integridad del producto a lo largo de todas las etapas por las que deberá pasar este hasta convertirse en el producto final que llegue al consumidor. Gracias a la fase de estudio que se ha llevado a cabo, así como al análisis y evaluación del diseño conceptual inicial, se han podido delimitar ciertos requisitos de diseño derivados de tipo funcionales, normativos, de seguridad, de fabricación, de procesado y estéticos. Con el objetivo de cumplir estos requisitos, se ha realizado un rediseño de la idea conceptual inicial que ha permitido optimizar el diseño y asegurar que cumple con todas las demandas de su ciclo de vida.

El rediseño del envase ha permitido la estandarización y normalización del producto, además de una mejora de aspectos clave como la estanqueidad, el sistema de cierre y anclaje, y la reducción de la merma. Además, gracias a los aspectos modificados en el diseño conceptual, se ha conseguido un producto que permitirá facilitar y optimizar el proceso de moldeo y desmoldeo, así como el proceso industrial de envasado, asegurando una mayor garantía de resistencia a las presiones derivadas de estos procesos.

Se ha concluido que la fase de homologación es muy importante en el diseño, realizando ciertos puntos de este a través de herramientas de simulación de elementos finitos (CAE), para ahorrar tiempo y mejorar la eficiencia y flexibilidad del diseño. Gracias a estas, se han obtenido conclusiones que derivan directamente en el diseño, como la posibilidad del envase para soportar el proceso de envasado sin llegar a la rotura ni a la deformación plástica. Además, se han podido estimar los puntos críticos donde las deformaciones y tensiones serán más altas, llevando a cabo las medidas y modificaciones geométricas necesarias para reducir esas tensiones.

También, gracias a establecer un presupuesto estimado para la fabricación y procesamiento de cada unidad, así como a analizar su impacto ambiental y los riesgos asociados al proyecto, se han podido obtener conclusiones de viabilidad, sostenibilidad y huella ambiental.

En resumen, se obtiene un diseño final que no solo cumple con todos los requisitos necesarios para ser funcional, fabricable, industrializable, transportable e identificable, sino que también podrá presentar unas etapas en su ciclo de vida optimizadas. Así, gracias a este proyecto, se consigue asegurar un producto de alta calidad y fiabilidad, preparado para los desafíos del mercado y del proceso industrial, con un impacto ambiental y riesgos controlados.

Bibliografía

ECOEMBES, AIMPLAS, & AINIA. (s. f.). La correcta especificación de los envases. En www.ecoembesthecircularcampus.com. Recuperado 27 de junio de 2024, de <https://www.ecoembesthecircularcampus.com/web/app/uploads/2021/01/la-correcta-especificacion-de-los-envases.pdf>

MORENO LERMA, M. (2019). SEGURIDAD EN LOS ENVASES COSMÉTICOS. *Revista Industria Cosmética*. <https://www.industriacosmetica.net>

Martín Gil, E. (2020). El sector cosmético en España.

De Embalaje, S. (2020, 10 septiembre). FAQs: ¿Qué hace falta para fabricar un envase cosmético? Soluciones de Embalaje. Recuperado 4 de mayo de 2024, de <https://solucionesdeembalaje.com/que-hace-falta-para-fabricar-un-envase-cosmetico/#:~:text=Para%20poder%20fabricar%20envases%20para,procesos%20industriales%20al%20fabricar%20envases>.

BOE.es - Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. (s. f.). <https://www.boe.es/>

EUSTAT [Instituto vasco de estadística]. (s. f.). Definición envase. Recuperado 4 de mayo de 2024, de https://www.eustat.eus/documentos/opt_1/tema_285/elem_17366/definicion.html#:~:text=Se%20considera%20envase%20todo%20producto,de%20fabricaci%C3%B3n%20distribuci%C3%B3n%20y%20consumo.

BOE.es - DOUE-L-1994-82289 Directiva 94/62/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de diciembre de 1994, relativa a los envases y residuos de envases. (s. f.). [https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-1994-82289#:~:text=1\)%20%C2%ABenvase%C2%BB%3A%20todo,el%20usuario%20o%20el%20consumidor](https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-1994-82289#:~:text=1)%20%C2%ABenvase%C2%BB%3A%20todo,el%20usuario%20o%20el%20consumidor).

Conejero, T. (2017). MANUAL BÁSICO PARA DESARROLLO TÉCNICO DE PACKAGING COSMÉTICO [RNB cosméticos].

Admin. (2019, 2 julio). ¿Cómo se fabrican los envases de aluminio para aplicaciones varias? AQinstruments. <https://www.aquateknica.com/como-se-fabrican-los-envases-de-aluminio-para-aplicaciones-varias/>

Nvl. (2024, 12 febrero). Embalaje primario, secundario y terciario: Tipos y diferencias en su almacenaje | AR Racking. AR Racking. Recuperado 5 de mayo de 2024, de <https://www.ar-racking.com/es/blog/embalaje-primario-secundario-y-terciario-tipos-y-diferencias/>

AT2E Mexico. (2017, 28 junio). FHG - Calibre de Nivel de Llenado | AT2E. AT2E. <https://www.at2e.mx/project/fhg-calibre-de-nivel-de-llenado/>

Administrador. (2024, 11 junio). Partes de la botellas de vidrio para bebidas espirituosas. BPSGlass. <https://bpsglass.com/las-partes-de-la-botella-de-vidrio-para-bebidas-espirituosas/>

Tapasytapas. (2023, 14 diciembre). TIPOS DE CORONAS EN TAPAS. Tapas y Tapas. <https://tapasytapas.com/tipos-de-coronas-en-tapas/>

Studocu. (s. f.). FEA Final - NORMAS FEA DE AEROSOLES - Normas FEA Clasificación No. Título Normas de 100 - Studocu. <https://www.studocu.com/cl/document/universidad-de-tarapaca/introduccion-a-la-ingenieria/fea-final-normas-fea-de-aerosoles/81099127>

De Rivera, J. R. (2021, 18 octubre). La verdadera razón por la que las latas de conserva tienen anillos en el envase. *El Español*. https://www.elespanol.com/ciencia/nutricion/20211019/verdadera-razon-latas-conserva-anillos-envase/620438906_0.html

PerfoBlogger - Drilling Blog. (2016). Presión de colapso. En *Scribd*. Recuperado 28 de junio de 2024, de <https://es.scribd.com>

iProfesional. (2020, 31 julio). *Misterios: ¿por qué algunas botellas de vino tienen el fondo hundido para adentro?* iProfesional. <https://www.iprofesional.com/actualidad/320626-por-que-algunas-botellas-de-vino-tienen-el-fondo-hundido-para-adentro>

Gómez Correa, H. L., Herrera Bazurto, E. A., & López Flórez, Á. (2021). Propuesta de plan de mantenimiento preventivo para la línea de extrusión-soplado en la empresa Polimérica SAS.

Padial, J. (2022, 20 diciembre). *Diferencia entre vidrio y cristal: tipos y uso en la cocina - Blog Conasi*. Blog Conasi. <https://www.conasi.eu/blog/consejos-de-salud/diferencia-vidrio-cristal/>

Novoa Beltrán (2011), Á. R. Desarrollo de un sistema integrado de envase y empaque para sapparì express un servicio delivery de comida saludable.

La clasificación de los plásticos. (s. f.). <https://gestoresderesiduos.org/noticias/la-clasificacion-de-los-plasticos>

Verallia Iberia. (s. f.). <https://es.verallia.com/s/proceso-de-fabricacion-del-vidrio?language=es>

Botellas de aluminio: los secretos de su fabricación. (2023, 20 noviembre). Tournaire. <https://www.tournaire.fr/es/tournaire-noticias/como-se-fabrican-las-botellas-de-aluminio-para-almacenar-sustancias-delicadas/#:~:text=Se%20uelen%20utilizar%20dos%20m%C3%A9todos,la%20base%20y%20el%20cuello.>

AMPCO METAL S.A. (2024, 10 abril). *Embutición profunda* | AMPCO METAL. <https://www.ampcometal.com/es/aplicaciones/embuticion-profunda/>

Admin. (2019, 2 julio). *¿Cómo se fabrican los envases de aluminio para aplicaciones varias?* AQinstruments. <https://www.aquatecnica.com/como-se-fabrican-los-envases-de-aluminio-para-aplicaciones-varias/>

Fabricación. (s. f.). Asociación de Latas 2023. <https://latasdebebidas.org/fabricacion/#:~:text=Las%20latas%20pasan%20a%20trav%C3%A9s,caliente%20para%20secar%20la%20laca.&text=Tambi%C3%A9n%20se%20aplica%20una%20capa,la%20tinta%20y%20el%20barniz.>

Gioffre, P., & Gioffre, P. (2022, 8 julio). Ciclo de vida de un producto | Diseño sostenible de envases cosméticos. COSMETIC LATAM. <https://www.cosmeticlatam.com/index.php/2022/07/13/evaluacion-del-ciclo-de-vida-de-un-producto/>

Fabricacion del vidrio | Anfevi. (s. f.). <https://www.anfevi.com/el-envase-de-vidrio/fabricacion/>

Stocksmetic Packaging | *Frascos de vidrio y plástico, ambientadores, envases personalizables para perfumes, cosméticos, líneas farmacéuticas y herbolarios*. - Stocksmetic. (s. f.). Stocksmetic.com. <https://www.stocksmetic.com/es/>

Ecovidrio. (2022, 10 febrero). *La cadena del reciclado de vidrio: La fábrica de envases de vidrio*. Hablando En Vidrio. <https://hablandoenvidrio.com/la-cadena-del-reciclado-de-vidrio-2-la-fabrica-de-envases/>

WiseGen. (2012, 18 diciembre). *De la Fabrica a tu Casa «BOTELLAS DE VIDRIO y VIDRIO PLANO» #5* [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=VgOpycVjSYE>

LOBECOR Transformaciones Metalicas. (2016, 8 noviembre). *EMBUTICION AISI304 3mm* [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=N7c56GNY-9I>

colaboradores de Wikipedia. (2023, 16 octubre). *Embutición*. Wikipedia, la Enciclopedia Libre. <https://es.wikipedia.org/wiki/Embutici%C3%B3n>

Daniel Aldama. (2013, 14 junio). *Embutido* [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=KHKPYLcMwH0>

Moldeo por inyección de plásticos - La máquina inyectora de plástico. (s. f.). <https://total-manufacturing.com/produccion/procesos-de-manufactura/inyeccion-plasticos-maquina/>

Beltrán, M., & Marcilla, A. (s. f.). *Tecnología de polímeros* [Universidad de Alicante]. https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/16980/1/TEMA5_Moldeo_por_inyecci_n.pdf

Morales, R. (s. f.). *Diagnóstico física IV (3ra U) | Quizizz*. <https://quizizz.com/admin/quiz/62e3e695a6b3c5001ffb21ed/diagnostico-fisica-iv-3ra-u>

Wayback machine. (s. f.). <https://web.archive.org/web/20110718095314/http://www.areadecalculo.com/monograficos/vidrio/PDFs/Anexo.pdf>

Sánchez Moreno, V. (2021). *Diseño estructural y gráfico de un envase y su packaging para un perfume* [Trabajo Fin de Grado]. Universidad Politécnica de Valencia.