



Diseño y estudio de Cápsulas de Café para compostaje como modelo de negocio utilizando café de la región

<https://doi.org/10.53358/ideas.v3i1.565>

Cristian Andrade Teràn

Maestría en Diseño y Simulación, Escuela Politécnica Nacional

cristianandradeteran@hotmail.com

RESUMEN

En el presente proyecto se pretende establecer un modelo de negocio donde prime el cuidado al medio ambiente y se genere una oportunidad utilizando materia prima de la región, como es el café orgánico producido en diferentes provincias del país. Se presenta como producto cápsulas de café elaboradas con material biodegradable a partir de origen vegetal con la finalidad que estas sean fáciles de realizar un compostaje al finalizar su vida útil, con la finalidad de remplazar las cápsulas desechables elaboradas a base de aluminio las cuales son muy difíciles de reciclar produciendo alta contaminación por desechos. En este proyecto se realizó un diseño conceptual del producto con conceptos básicos de ingeniería concurrente donde se aplicó estudios de estructura mecánica de los componentes, estudios de factibilidad, de fabricación, ensamblaje, montaje y de mercado, para lograr un producto competitivo, confiable y sobre todo amigable con el medio ambiente. Se desarrolló un sistema tanto para diseño de producto como tal como para el envasado y el empaquetado, encontrándose factibilidad de la idea y oportunidades de negocio altas. Obteniéndose un modelo compatible con las necesidades de la sociedad actual tanto para el consumo de café orgánico y el cuidado del medio ambiente.

Palabras Clave: biodegradable, compost, orgánico, polímeros para compostaje

Abstract. This project aims to establish a business model where care for the environment prevails and an opportunity is generated using raw materials from the region, such as organic coffee produced in different provinces of the country. It is presented as a product coffee capsules made with biodegradable material from plant origin in order that they are easy to make a composting at the end of their useful life, in order to replace the disposable capsules made of aluminum which are very difficult to recycle producing high waste pollution. In this project, a conceptual design of the product was carried out with basic concepts of concurrent engineering where mechanical structure studies of the components, feasibility studies, manufacturing, assembly, assembly and market were applied, to achieve a competitive, reliable and above-mentioned product. all friendly with the environment. A system was developed for both product design as such and for packaging and packaging, finding feasibility of the idea and high business opportunities. Obtaining a model compatible with the needs of today's society for both the consumption of organic coffee and the care of the environment.

Key Words: Biodegradability, compost, composting polymers, organic

Introducción

Una cápsula de café es un recipiente que se sella con una determinada cantidad de café al interior y solo permite la entrada de agua a elevada temperatura la cual genera una presión al interior del recipiente. Esta cápsula debe funcionar como contenedor, filtro y mezclador para obtener un buen café; debe ser apto para estar en contacto con alimentos, ser fácil de utilizar y de desechar sin afectar al medio ambiente. Desde principios de los 70 se ha utilizado cápsulas fabricadas en aluminio y hasta la fecha se las sigue usando sin embargo tanto para el consumidor como para empresas de reciclaje el deshacerse correctamente de los desechos que causan estas cápsulas es una tarea difícil. Por lo que ha sido necesario reinventar la idea para adaptarse a una era donde la sostenibilidad y el medio ambiente se han vuelto el foco de atención tanto de la industria como de la investigación.

Este dispositivo tiene que soportar altas temperaturas de hasta 90 – 100 ° C que son en las cuales el agua hierve. Además, soportar presiones de hasta 15 bares o 1,5 MPa, debe ser resistente mientras transporta el café en su interior y durante el proceso dentro de la máquina. Este producto debe brindar su principal ventaja frente a otras formas de consumir café que es la velocidad de preparación, no debe ser difícil separar lo orgánico de lo inorgánico y debe poderse desechar en su totalidad de una manera que no cause daños al medio ambiente.

Este es un producto que necesita indispensablemente de un dispositivo o máquina para cumplir su función, por lo que es necesario que este se adapte a los utensilios existentes y así ser compatible con ellos, logrando así ser accesible y atractivo al cliente promedio. Según estudios realizados en España el 45,5 % del consumo de café es de esta forma, utilizando cápsulas [1]. Por otro lado, en Estados Unidos representan el 36 % de las ventas totales según datos del IRI (una agencia investigadora de Chicago). En el Ecuador existe gran diversidad de café, así como de consumidores, por lo que instalar el consumo con este formato es una buena alternativa.

Aspectos de Fabricación y comercialización

Las cápsulas de café son un producto de consumo diario por lo que debe ser producido en masa, puede ser fabricado por partes, varias de ellas pueden ser fabricadas externamente y otras internamente. El ensamblaje no debe ser difícil ni costoso, con lo que el precio disminuiría. Se debe crear un modelo compatible con casi todo tipo de máquina y ser atractivo tanto visual como ecológicamente.

Las cápsulas de café son un producto cuyo diseño se ha liberado hace varios años por lo que existen varios diseños alrededor del mundo en cuanto a forma y función. Sin embargo, en cuanto a medio ambiente apenas en 2016 se empezó a realizar estudios de cartuchos biodegradables y compostables. En la región se presenta como un producto relativamente nuevo por lo que presentaría una ventaja en innovación, sin embargo, al ser un producto extraño se podría tener desventajas con respecto a otros métodos de consumo de café [2].

Como modelo de negocio se pretende que esta cápsula sea totalmente funcional con características similares a una capsula Nespresso (marca líder en este campo), mostrar gran versatilidad y adaptabilidad para ser compatible con la mayoría de las cafeteras de cartucho existentes en el mercado, también ser un producto fácil de manejar antes, durante y luego de utilizarlo. Sobre todo, se pretende presentar un producto totalmente compostable y que no sea necesario ningún tipo de separación de componentes al desecharlo, de esta manera lograr que el usuario deseche esta capsula de una manera correcta incentivando el compostaje. Presenta un atractivo extra al mercado, ofreciendo producto orgánico (café molido) de la región y con variedad de marcas.

Metodología

Origen de las cápsulas

En 1975, los baristas debían tirar continuamente de las palancas de sus máquinas de espresso para aumentar la presión y extraer el café, esta forma de servir el café es muy popular en Europa y Estados Unidos hasta la actualidad. Eric Favre es el inventor que vio la oportunidad de simplificar este proceso creando una máquina más pequeña que imite a la máquina de espresso, obteniendo una patente para este producto en 1976 hace más de cuarenta años. Esta cápsula era pesada por sí sola y estaba fabricada básicamente de aluminio lo que ya desde ese entonces era mal visto para el medio ambiente [3].

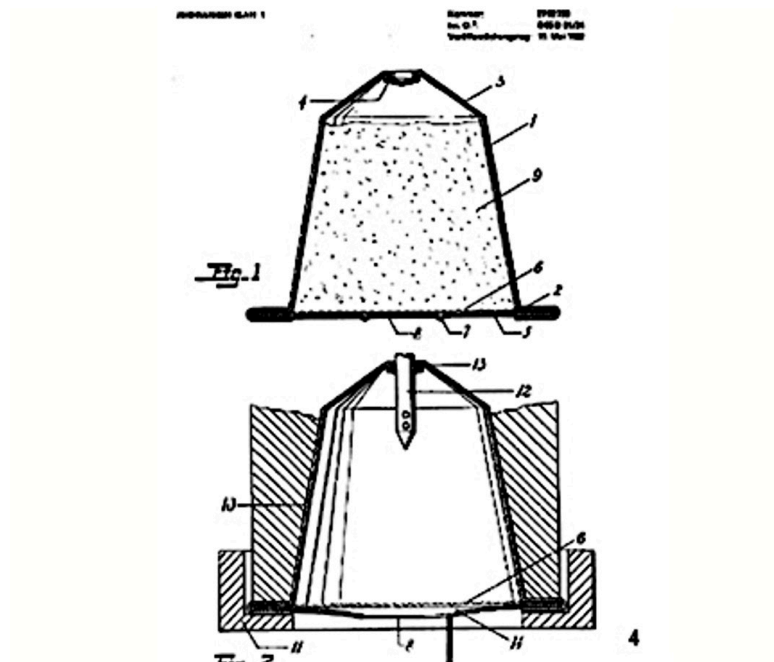


Fig. 1. Modelo original de la capsula de café unidosis

La comodidad y la elegancia de la solución fueron el principal atractivo, que hicieron triunfar a este producto por muchos años, sin embargo, el producto se volvió muy popular y varias empresas lo imitaron a lo largo de la historia. En un inicio, los niveles de fallas en las cápsulas una vez dentro de las máquinas eran altos, al igual que la presencia de oxígeno en las cápsulas, en la actualidad los consumidores también buscan una mayor sostenibilidad y transparencia [4].

Soluciones consideradas

El reciclaje es algo muy conocido en la cultura actual, sin embargo, para el mundo de las cápsulas de café de un solo uso no es una solución, esto debido a las características del diseño. La capsula no puede ser tratada como un envase ya que esto significaría que el contenido adentro del empaque se lo consume y solo queda como desecho el envase, y esto no aplica para las cápsulas ya que el contenido se queda dentro del recipiente una vez terminado su uso lo que dificulta mucho el reciclaje de este. Es un proceso difícil para el usuario por lo que se opta por tirar la capsula sin separar las partes, por ser un producto muy pequeño es difícil para los recicladores separar lo orgánico de lo inorgánico. Según Jan Dube, portavoz del departamento de Energía y Medioambiente de Hamburgo, está en que "las cápsulas no se pueden reciclar con facilidad debido a que normalmente están hechas de una mezcla de plástico y aluminio". Todo esto sumado a que existe un ineficiente llenado y empaquetado colocando poco material en un recipiente que claramente abarca más hace a las capsulas un producto de cuidado. The Grocer indica que uno de cada diez británicos cree que "las cápsulas de café son muy malas para el medioambiente" [5].



Fig. 2. Miles de cápsulas mal desechadas llegan a los depósitos de reciclaje

En el presente trabajo se ha estudiado dos posibles soluciones para consumir café rápidamente en cápsulas sin dañar al medio ambiente con los desechos que causa este proceso. El primero es una cápsula reutilizable que pueda ser usada por mucho y cumpla con todas las características necesarias. Otra solución es un dispositivo de un solo uso que cumpla con todo el proceso de obtención de café pasado, al ser desechado no deba separarse los componentes y no termine su vida contaminando en un botadero.

La solución para los desechos de las cápsulas de café de un solo uso es el compostaje, que quiere decir que todos los desechos se convertirán en compost o abono para la tierra donde se los desechen. Hacer que estas cápsulas estén hechas totalmente de materiales biobasados, es decir vengan de origen vegetal, permite dar al cliente un alivio ambiental al consumir café sin perder la comodidad y elegancia que estos cartuchos ofrecen.

Innovación en el producto

Se presenta un diseño de adaptación que busca mejorar los diseños existentes proponiendo lo siguiente:

- Adaptable a más marcas de cafeteras
- Menos componentes de la cápsula
- Utiliza café de la región
- Ofrece una mayor flexibilidad del producto.

Una gestión directa con productores de café de la región para obtener la materia prima y un proceso automático de envasado son factores que beneficiarían mucho al proyecto, así como el hecho de arribar a un campo relativamente nuevo a nivel nacional permitirá una mejor relación con la industria y el mercado. Además, se podría generar fuertes alianzas con productores de café generando nuevas fuentes de trabajo, así como, alianzas con cafeterías y distribuidores de café a nivel nacional [6].

Estructura del diseño

Análisis del problema

Principalmente se necesita un recipiente que no necesite tratarse para desecharse y no dañe al ambiente, ofrecer un buen café, ser adaptable y atractiva para el usuario. Los materiales para fabricar el producto necesitan cumplir las siguientes restricciones.

- Biodegradable
- Certificado
- Tolerante al calor
- Apto para alimentos

También se desea que cumplan con los siguientes criterios:

1. Menor Precio
2. Facilidad de adquisición
3. Facilidad de transformación final (compostable)
4. Facilidad de manipulación (maquillado)
5. Mejor tolerancia al calor

Los materiales analizados para este producto se enlistan a continuación:

- PLA (ácido poliláctico). Derivado del ácido láctico hecho con materias primas 100% renovables. Apto para la confección de recipientes y embalajes que van a estar en contacto con alimentos.
- PBAT (polibutileno de teraftalato adipato). Con buena tolerancia al calor, se caracteriza por su flexibilidad y su transparencia.
- Ecovio. Polímero compostable certificado con contenido biológico

Bajo criterios de ponderación se llega a escoger un polímero biodegradable de la familia Ecovio ofertada por la empresa BASF, ecovio® TA1241, el cual es resistente a temperatura y presión, es fácil de tratar y tiene buena resistencia mecánica y cumple con las normas de. En la figura 3 se presentan los certificados de biodegradable y compostaje del polímero.



American standard
ASTM 6400



European standard
EN 13432

Norm	EN 13432 (EU)		ASTM D 6400 (USA)
Certification Body	DIN Certco	Vinçotte	BPI
Certification Number	7W0261	016-1902-A	pending

Fig. 3. Certificados del polímero ecovio® TA1241obtenidos del catálogo de BASF [7]

Diseño de geometría

Se buscó un diseño que se adapte fácilmente a una variedad de máquinas de espresso que funcionen con cápsulas, por lo que se parte de un tamaño estándar de 27 mm x 34 mm. Y se enriquece el diseño estudiando diferentes cápsulas desechables existentes para mejorar la geometría de la capsula, la tapa y la forma del filtro. La figura 4 presenta un boceto del modelo seleccionado.

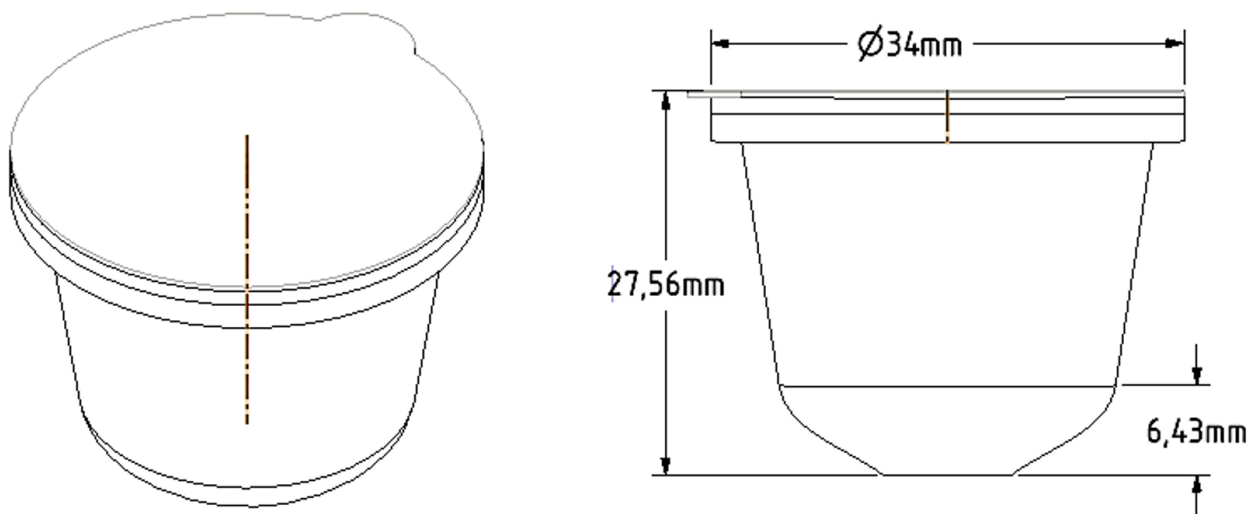


Fig. 4. Modelo propuesto para el análisis

Simulación y Evaluación

Para analizar y evaluar la estructura de la capsula con el material ecológico se realiza un estudio de cómo se comporta la capsula sometida a cargas de presión y temperatura. Se realizan simulaciones numéricas mediante elementos finitos tanto para deformación como tensiones presentes al aplicar las cargas. Se establece el material con las propiedades expuestas en la figura 4. Con los resultados de deformación y tensiones se obtiene datos sobre la estructura de la capsula (Confiablez, Durabilidad) y se analiza si el material es adecuado.

Property	Unit	Test Method	ecovio® TA1241
Mass density	g/cm ³	ISO 1183	1,494
Melt volume rate MVR 190 °C, 2.16 kg*	ml/10min	ISO 1133	2.0
Melting Point	°C	DSC	100-110
HDT B (0.45 MPa)	°C	ISO 75-1/2	94
Tensile modulus	MPa	ISO 527	2700
Tensile strength	MPa	ISO 527	37
Ultimate strength	MPa	ISO 527	34
Ultimate elongation	MPa	ISO 527	13

Fig. 4. Propiedades del polímero ecovio® TA1241 obtenidos del catálogo de BASF [7]

Se establece como condiciones una presión de 15 bares y una temperatura de trabajo de 90 °C. La figura 5 presenta los resultados obtenidos en un estudio mecánico estructural sobre el cuerpo de la cápsula con el material ecovio, como se observa la máxima deformación y esfuerzos se encuentran en la zona del filtro por donde sale el café listo y un ligero incremento de valores en la zona intermedia del producto. Estos valores eran esperados ya que en la zona de la punta se diseñó de un espesor menor para que el café pueda salir por ahí con ayuda de la maquina cafetera.

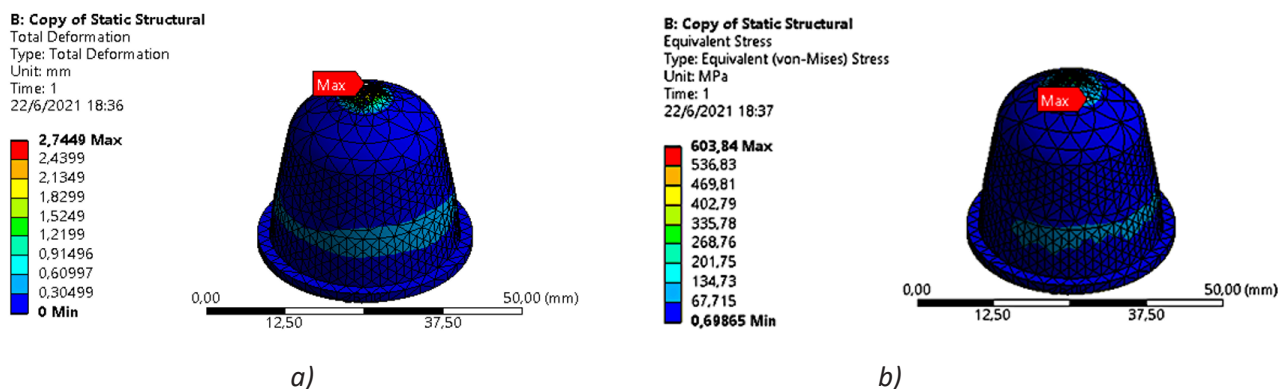


Fig. 5. Resultados obtenidos por simulación numérica para: a) Deformación, b) Esfuerzos

Con la elaboración de un prototipo se puede verificar los resultados obtenidos en la simulación y obtener datos de funcionalidad que virtualmente no se puede obtener como el sabor, el olor y la facilidad de compostaje al desecharlo. Un modelo de impresión rápida puede ser muy útil en primera instancia para constatar y verificar el diseño [8].

Diseño de Fabricación

Las cápsulas de café compostable es un recipiente a base de material biodegradable que contendrá café a su interior y soportará alta temperatura y presión para generar una taza de café lista para servirse como producto final. Este recipiente cumple con las especificaciones expuestas en la tabla 1.

Tabla 1. Especificaciones del modelo de capsula a desarrollar

Cápsulas de café compostables		
Función	Cápsula lista para preparar café y sus derivados en máquina.	
Dimensiones	34 mm x 27 mm	
Cargas	Temperatura máx.: 100 ° C	Presión máx.: 15 bares
Materiales	Plástico Biobasado	Papel
Vida útil	1 ciclo	
Patente	Liberada	
Fabricación	Inyección, Impresión de polímeros	
Impacto ambiental	Desechable, compostaje	
Costo c/u	0,63 – 0,75 \$	

Como todo recipiente de alimentos a base de plástico este puede ser fabricado por un sistema de inyección de polímeros y soplado. En este caso el material a utilizar (ecovio) es un polímero biodegradable que se origina de una mezcla de PLA y aditivos de origen orgánico, es muy manejable tanto para extrusión como para inyección, es tratable como los polímeros convencionales para recipientes plásticos. Además, el fabricante presenta este producto como material de impresión que trabaja con todo tipo de impresora compatible con PLA y maquinas compatibles con PP [7 - 9].

La materia primordial de esta capsula es el café orgánico que llevará en su interior, en Ecuador existe una inmensa variedad de café, este café debe ser tostado y molido para luego sellarse en estas cápsulas al vacío para evitar que el café pierda sus propiedades, Ecuador produce café en 23 de sus 24 provincias [10]. El ofrecer diferentes tipos de café en cada capsula puede convertir a esta capsula en un alto competidor. El producto podría costar entre 0,63 y 0,75 centavos incluyendo ya el costo del café de llenado, esto depende mucho de la cantidad de cápsulas se elabore. Cada recipiente contiene entre 6 y 10 gramos de café orgánico dependiendo si se desea espresso o americano.

Diseño de Montaje

El montaje o ensamblaje de las cápsulas es el proceso muy importante del proyecto, se debe tomar en consideración muchos aspectos, entre ellos: que el café sea recién molido al momento de envasar, que el sellado no deje entrar oxígeno al recipiente para conservar el café orgánico, que el café se compacte de manera adecuada y que se coloque la cantidad de correcta de café para lograr el tipo de preparación deseada. Además, es necesario que este producto se genere en serie y en grandes cantidades por lo que este proceso debe darse a un tiempo corto y debe ser muy controlado. En la figura 6 se presenta un esquema del modelo a seguir para el proceso de envasado, que comprende el llenado, compactado y sellado de las cápsulas.

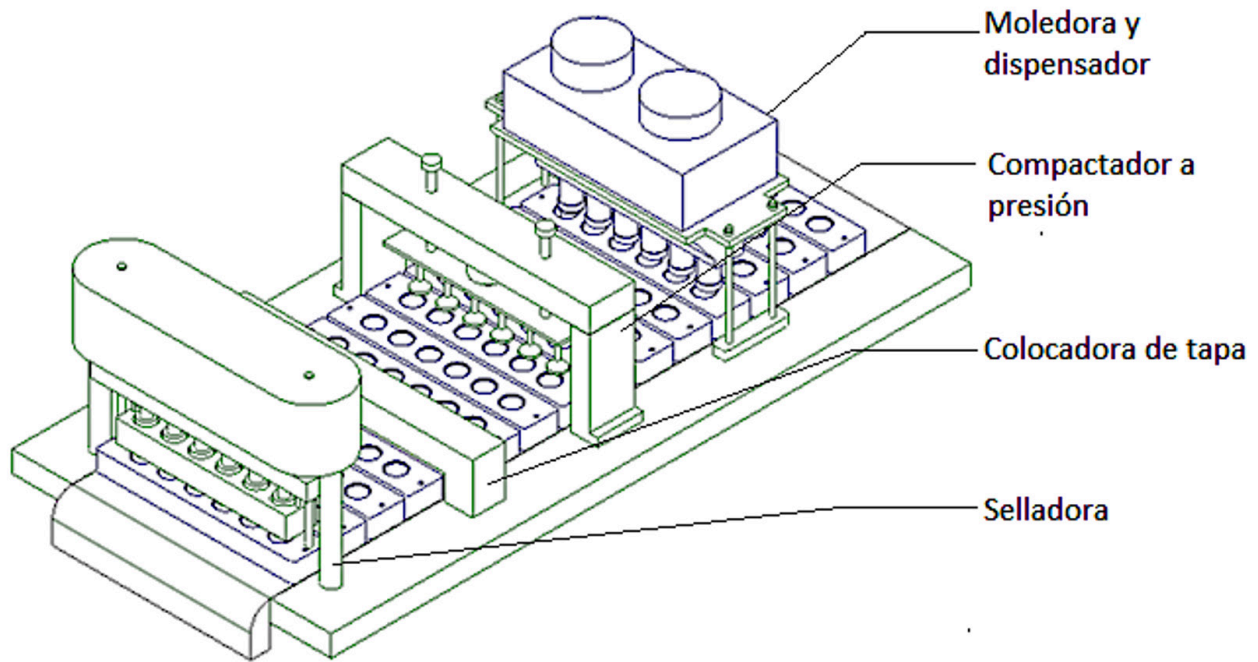


Fig. 6. Modelo propuesto para automatizar el proceso de envasado y sellado.

Aplicando ingeniería y automatización se puede hacer este proceso rápido, eficiente y controlado, con lo que se puede asegurar calidad en el producto. En este proyecto se presenta un modelo de ensamblaje basado en una serie continua de producción con lotes de 6 unidades, partiendo de la colocación de 6 recipientes en una matriz, figura 7, y transportadas por una banda pasa por 4 estaciones.

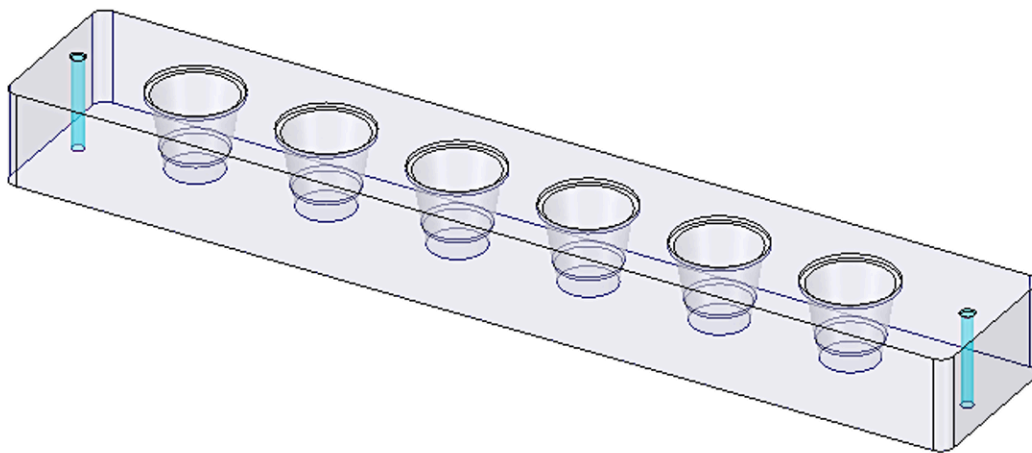


Fig. 7. Matriz de colocación de cápsulas para un lote

La primera estación es donde se muele el café y enseguida se dosifica la cantidad necesaria de café en cada capsula, esta parada asegura que el café tenga las propiedades de un café recién molido y se controle la cantidad de café se deposita en la capsula. La segunda estación se encarga de compactar el café con la presión correcta para no afectar la estructura de la capsula y fijar el café a la capsula. La tercera y cuarta estación se encargan de colocar la tapa de papel y sellar el recipiente al vacío para conservar el café y así obtener un lote de 6 unidades lista para empacar.

Diseño de empaquetado

Al tratarse de un producto de desechable y de consumo frecuente es necesario ofertar un empaque con varias unidades de cápsulas, variedad de producto en cuanto a sabores y tipo de café, así como variaciones de derivados del café. Es importante no dejar de lado en este proceso el eje principal del producto que es no generar desechos y no contaminar.

Se realizó un estudio de mercado donde se encontró que dependiendo del tipo de capsula se oferta empaques que contienen de entre 6 y 10 unidades y rodean el valor de 10 \$ por empaque. Se observa una oportunidad de entrada al mercado proponiendo dos tipos de empaque una con 6 unidades que vendrá con un empaque de papel biodegradable donde se coloca el nombre y logo de la marca. Y un empaque mas grande a base de cáñamo donde se ofertará un numero más grande de cápsulas compostables.



a)



b)

Fig. 10. Empaques para cápsulas compostables, a) empaque de papel (ejemplo café de Perú) y b) bolsa de cáñamo para café.

Conclusiones y trabajos futuros

- El café es un producto muy consumido alrededor del mundo y las cápsulas de café se ha vuelto una manera muy popular de preparación sobre todo en Europa y Estados Unidos. En Sur América se produce y se comercializa el mejor café del mundo por lo que es una gran oportunidad para explotar este sector.
- Se ha observado que las cápsulas de café generan una cantidad extraordinaria de desechos que no son degradables fácilmente y en muchas ocasiones se vuelve demasiado complicado el proceso de reciclado por lo que optar por materiales que se puedan compostar y utilizar en cultivos hace sustentable a este producto y ayuda a una economía circular.
- Estudios ingenieriles en cualquier campo de la industria deben siempre pensar en el medio ambiente y como crear tecnología que sea eficiente y no contamine al medio ambiente, antes, durante y después que el producto o servicio termine su vida útil.

- Es recomendable para futuros trabajos estudiar mas a fondo la producción y manejo de desechos de estas cápsulas en compostaje para disminuir más el impacto ambiental que causen. Además, es importante concientizar y diseñar un protocolo a seguir en cuanto a compostaje a nivel personal y en la comunidad.

Referencias

- OMPI, «¿Un café? La historia tras las cápsulas de café,» Revista de la OMPI, 2010.
- Marca Sur, «Nespresso pierde patente,» Marca Sur, 21 Octubre 2013.
- T. Grant, «Breve Historia de Las Cápsulas de Café,» Perfect Daily Grind , 26 Agosto 2020.
- B. SE, «Ecovio,» 2021. [En línea]. Available: www.ecovio.com.
- C. Riba Romeba, Diseño concurrente, Cataluña: UPC, 2002.
- M. VALERO-VALDIVIESO, «BIOPOLÍMEROS: AVANCES Y PERSPECTIVAS,» Dyna, n° 181, pp. 171-180, 2013.
- S. Carlson, Implementing ConcurrentEngineering inSmall Companies, Afton, Virginia: Macerl Dekker, 2002.
- FórumCafé, «EL CAFÉ EN ECUADOR,» revistaforumcafe, 2019.
- L. Vanguardia, «Casi la mitad del café que consumimos ya es en forma de cápsula,» Redacción Barcelona , 23 03 2018. [En línea]. Available: <https://www.lavanguardia.com/vivo/20180323/441497444582/mitad-cafe-consumimos-capsula.html>. [Último acceso: 2021].
- C. Stokel-Walker, «La amenaza para el medio ambiente de las cápsulas de café,» BBC, 19 Febrero 2016. [En línea]. Available: https://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/02/160219_ciencia_capsulas_cafe_contaminacion_prohibicion_gtg. [Último acceso: 2021].