



UNIVERSIDAD DE OVIEDO

PROGRAMA DE DOCTORADO

**REINGENIERÍA DE ELEMENTOS INDIVIDUALES DESECHABLES PARA
EROGACIÓN DE INFUSIONES
OCTUBRE 2.012**



Autor: David PECHARROMÁN CLEMENTE

Director: Dr. José Manuel Mesa Fernández

Director: Dr. Valeriano Álvarez Cabal

“Son los problemas sin resolver, no los resueltos, los que mantienen activa la mente”

Erwin Guido Kolbenheyer (1.878-1.962)

AGRADECIMIENTOS

A los profesores, técnicos y especialistas que prestaron su ayuda en el proceso de creatividad.

A todas las personas que colaboraron en las catas.

A Jesús Laine por enseñarme como funciona el complejo mundo de las patentes y guiarme a través de él.

A Vicente Rodríguez por encauzarme en momentos claves del proceso.

A Valeriano Álvarez y José Manuel Mesa, por dirigir mi tesis

A Henar por la compañía en muchas tardes de trabajo.

A Francisco Ortega, por volver a confiar en mí.

A mis compañeros del Área que siempre me apoyaron.

Por último a mi madre, que fue la primera en animarme a hacer esta tesis y no dudó en apartar otras prioridades para que pudiera llevarla a cabo.

GLOSARIO

- **Acidez:** Sabor básico que se nota en la parte posterior de la lengua. Se presenta comúnmente en los granos tostados que no estaban maduros.
- **Año cafetero:** Es el período de un año comprendido entre cosecha y cosecha, que varía según el país y la zona de cultivo.
- **Arábica:** Variedad de café que se caracteriza por tener bastante cuerpo y un aroma afrutado. Se cultivan principalmente en Centroamérica y África.
- **Beneficio:** Proceso de extracción de los granos de café de las cerezas.
- **Blend:** Mezcla de distintas variedades de café verde.
- **Café torrefacto:** Café natural al que durante el proceso de tueste se le añade azúcar o glucosa, obteniéndose granos más oscuros y café más fuerte.
- **Café tostado:** Es el café obtenido por tratamiento térmico del café verde, en el que se producen modificaciones físico-químicas fundamentales en su estructura y composición tomando un color oscuro y un olor y sabor característicos.
- **Café verde:** Nombre que se le da a los granos de café después del beneficiado y antes del tostado.
- **Café:** Es el fruto del cafeto, verde o maduro, desnudo o con endosperma, lavado o no. Incluye también el grano tostado o molido, el descafeinado, la infusión líquida o el preparado soluble.
- **Cafeína:** Es el principal alcaloide del café, caracterizada particularmente por sus propiedades diuréticas. Excita el sistema nervioso central. Actúa sobre los sistemas muscular y circulatorio, sobre el músculo cardíaco, como antioxidante, etc.
- **Cafetal:** Plantación de café.
- **Cafetera:** Máquina para obtener la infusión del café.
- **Cafetera Espresso:** Su característica principal es que tiene una bomba a presión. Las cafeteras espresso de hogar suelen calentar el agua hasta unos 92 °C y ejerciendo una presión aproximada de 9 bar.
- **Cafeto:** Arbusto perteneciente a la familia de las rubiáceas del que se obtiene el café.

- **Cuerpo:** Propiedad organoléptica que se le atribuye a la infusión de café que tiene consistencia y que da la sensación de tener la boca llena.
- **Descafeinado:** Café al que se le ha extraído la cafeína.
- **Erogación:** Acción de distribuir caudales.
- **Espresso:** Es una infusión de café rica en aroma y sabor, densa, de color negro y con una uniforme capa de crema color avellana en la parte superior, obtenida por elevación de la temperatura y la presión a la hora de preparar la infusión.
- **Extracción:** Es el tiempo de caída del café a la taza. El tiempo de extracción de un espresso está sobre los 25 segundos.
- **Mezcla:** Es una variedad de café que combina café, molido o grano, tostado natural con tostado torrefacto.
- **Milds o suaves:** Nombre que llevan los cafés arábigos de América Central y del Sur preparados por la vía húmeda.
- **Propiedades Organolépticas:** Son aquellas que son percibidas a través de los sentidos durante la degustación.
- **Robusta:** Cierta variedad de café que tiene el grano de café más pequeño, es resistente y posee un mayor nivel de cafeína. Se cultiva en África, Asia y Brasil. Es originario de la actual República Democrática del Congo (Zaire).
- **Torrefacción:** Acción de calentar los granos a una temperatura que provoca modificaciones físico-químicas que hacen que los granos sean aptos para dar una infusión de aroma y sabor más fuerte.
- **Torrefacto:** Café sometido a un proceso de torrefacción.
- **Tostado natural:** Tostado normal por aire caliente. Da como resultado cafés suaves.
- **Vending:** Acción de distribuir las bebidas de café a través de máquinas automáticas.

ACRÓNIMOS

- **ABECAFE:** ASOCIACIÓN DE BENEFICIADORES Y EXPORTADORES DE CAFÉ DE ECUADOR (ECUATORIAN PROCESSORS AND EXPORTERS OF COFFEE ASSOCIATION)
- **ACV:** ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA (LCA-LIFE CYCLE ANALYSIS)
- **AM:** TECNOLOGÍAS ADITIVAS DE FABRICACIÓN (ADDITIVE MANUFACTURING TECHNOLOGIES)
- **AMFE:** ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (FMEA-FAILURE MODES AND EFFECTS ANALYSIS)
- **ASERM:** ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE RAPID MANUFACTURING (SPANISH ASSOCIATION OF RAPID MANUFACTURING), <http://www.aserm.net/>
- **BOE:** BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO (SPANISH OFICIAL BULLETIN), www.boe.es.
- **CAD:** DIBUJO ASISTIDO POR ORDENADOR (COMPUTER-AIDED DESIGN).
- **CBI:** CENTRO PARA LA PROMOCIÓN DE LAS EXPORTACIONES DEL MINISTERIO DE ASUNTOS EXTERIORES DE LOS PAÍSES BAJOS (CENTRE FOR THE PROMOTION OF IMPORTS OF THE MINISTRY OF FOREIGN AFFAIRS OF THE NETHERLANDS) <http://www.cbi.nl/?pag=1>
- **CEP:** CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS (STATISTICAL PROCESS CONTROL SPC)
- **CGE:** CONFEDERACIÓN GRANADINA DE EMPRESARIOS (ENTREPRENEURS CONFEDERATION OF GRANADA), <http://www.cge.es/portal/default.aspx>
- **CICAS:** CENTRO DE INFORMACIÓN CAFÉ Y SALUD (SPANISH CENTRE OF COFFEE AND HEALTH), <http://www.cicas.es/>
- **COFENAC:** CONSEJO CAFETERO NACIONAL DEL CAFÉ DE ECUADOR (NATIONAL COFFEE BOARD OF ECUADOR), <http://www.cofenac.org/>
- **CPU:** UNIDAD CENTRAL DE PROCESAMIENTO (CENTRAL PROCESSING UNIT)
- **CSPI:** CENTRO CIENTÍFICO PARA EL INTERÉS PÚBLICO (CENTER FOR SCIENCE IN THE PUBLIC INTEREST), <http://www.cspinet.org/>
- **DIN:** INSTITUTO ALEMÁN DE NORMALIZACIÓN (GERMAN INSTITUTE FOR STANDARDIZATION) (En alemán DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG)
- **ECF-COFFEE:** FEDERACIÓN EUROPEA DEL CAFÉ, (EUROPEAN COFFEE FEDERATION) <http://www.ecf-coffee.org/>.
- **EPO:** OFICINA EUROPEA DE PATENTES (EUROPEAN PATENT OFFICE), <http://www.epo.org/index.html>
- **EVOH:** ETILEN-VINIL-ALCOHOL (ETHYLENE VINYL ALCOHOL)
- **FAO:** ORGANIZACIÓN DE LA UN PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UN), http://www.fao.org/index_es.htm.

- **FAOSTAT:** BASE DE DATOS DE PRODUCCIÓN, COMERCIO Y CONSUMO DE ALIMENTOS DE LA FAO (DATABASE OF PRODUCTION, TRADE AND FOOD CONSUMPTION OF FAO), <http://faostat.fao.org/>
- **FEC:** FEDERACIÓN ESPAÑOLA DEL CAFÉ (SPANISH COFFEE FEDERATION), <http://www.federacioncafe.com/home.asp>.
- **HORECA:** HOSTELERÍA, RESTAURACIÓN, CAFETERÍAS. (HOTELS, RESTAURANTS & COFFEE SHOPS) Acrónimo para definir la industria de la restauración y la hostelería en España.
- **I + D:** INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO (RESEARCH AND DEVELOPMENT)
- **ICO:** ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL CAFÉ (INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION), <http://www.ico.org/>.
- **INE:** INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (SPANISH NATIONAL INSTITUTE OF STATISTICS), www.ine.es/
- **INID:** NÚMERO INTERNACIONAL PARA LA IDENTIFICACIÓN DE DATOS BIBLIOGRÁFICOS (INTERNATIONALLY AGREED NUMBERS FOR THE IDENTIFICATION OF BIBLIOGRAPHIC DATA)
- **INTRACEN:** CENTRO INTERNACIONAL DE COMERCIO DE LA WTO (WTO INTERNATIONAL TRADE CENTER), <http://www.intracen.org/>
- **ISBN:** NÚMERO ESTÁNDAR INTERNACIONAL DE LIBROS (INTERNATIONAL STANDARD BOOK NUMBER), <http://agenciaisbn.es/web/index.php>
- **ISIC:** INSTITUTO PARA LA CIENCIA Y LA INFORMACIÓN DEL CAFÉ (INSTITUTE FOR SCIENTIFIC INFORMATION ON COFFEE), <http://www.coffeeandhealth.org/>
- **ITC:** COMITÉ INTERNACIONAL DEL TÉ (INTERNATIONAL TEA COMMITTEE), <http://www.inttea.com/>.
- **MAGRAMA:** MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE DE ESPAÑA (SPANISH AGRICULTURE, FOOD AND ENVIRONMENT DEPARTMENT), <http://www.magrama.gob.es/es/>
- **MFI:** ÍNDICE DE FLUIDEZ DE POLÍMEROS (MELT FLOW INDEX)
- **NASA:** ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE AERONÁUTICA Y DEL ESPACIO (NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION), <http://www.nasa.gov/>
- **NIDA:** INSTITUTO NACIONAL SOBRE EL ABUSO DE DROGAS DE LOS ESTADOS UNIDOS (US NATIONAL INSTITUTE ON DRUG ABUSE), <http://www.drugabuse.gov/>
- **OEPM:** OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS (SPANISH PATENT AND TRADEMARK BUREAU), <http://www.oepm.es/es/index.html>
- **OMPI:** ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL (EN INGLÉS WIPO, WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION), <http://www.wipo.int/portal/index.html.en>
- **PA:** POLIAMIDA (POLYAMIDE)
- **PA-6:** POLIAMIDA 6 ó NYLON 6 (POLYAMIDE-6)

- **PBT:** POLIBUTILENO TEREFTALATO (POLYBUTYLENE TEREPHTHALATE)
- **PE:** POLIETILENO (POLYETHYLENE)
- **PET:** POLIETILENO TEREFTALATO (POLYETHYLENE TEREPHTHALATE)
- **PP:** POLIPROPILENO (POLYPROPYLENE)
- **PS:** POLIESTIRENO (POLYSTYRENE)
- **PRODINTEC:** CENTRO TECNOLÓGICO PARA EL DISEÑO Y LA PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DE ASTURIAS (TECHNOLOGY CENTRE FOR INDUSTRIAL DESIGN AND PRODUCTION OF ASTURIAS), <http://www.prodintec.es/prodintec/es/Home>
- **PVC:** POLICLORURO DE VINILO (POLYVINYL CHLORIDE)
- **PYME:** PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS (LITTLE AND MEDIUM SIZE COMPANIES)
- **QFD:** DESPLIEGUE DE LA FUNCIÓN DE CALIDAD (QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT)
- **R.D.:** REAL DECRETO DEL REINO DE ESPAÑA (ROYAL DECREE OF THE KINGDOM OF SPAIN).
- **RAE:** REAL ACADEMIA ESPAÑOLA (ROYAL ACADEMIC OF SPANISH LANGUAGE), <http://www.rae.es/rae.html>
- **SCAA:** ASOCIACIÓN AMERICANA DE CAFÉS ESPECIALES (SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA), <http://www.scaa.org/>
- **SLA:** ESTEREOLITOGRAFÍA (STEREOLITHOGRAPHY).
- **SLS:** SINTERIZADO LÁSER SELECTIVO (SELECTIVE LASER SINTERING)
- **TRIZ:** TEORÍA PARA RESOLVER PROBLEMAS DE INVENTIVA (THEORY TO SOLVE INVENTIVE PROBLEM) (ACRÓNIMO ORIGINAL EN RUSO “ТЕОРИЯ РЕШЕНИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ” Y EN ALFABETO CIRÍLICO “ТЕОРИЯ РЕШЕНИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ”)
- **UE:** UNIÓN EUROPEA (EUROPEAN UNION), http://europa.eu/index_es.htm
- **UN:** NACIONES UNIDAS (UNITED NATIONS), <http://www.un.org/es/>
- **UPC:** UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUÑA (POLYTECHNIC UNIVERSITY OF BARCELONE), www.upc.edu/.
- **US:** ESTADOS UNIDOS (UNITED STATES), <http://www.usa.gov/>
- **USDA:** DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DE LOS ESTADOS UNIDOS (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE), <http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome>
- **USPTO:** OFICINA DE PATENTES Y MARCAS DE LOS ESTADOS UNIDOS (UNITED STATES PATENT & TRADEMARK OFFICE)
- **UV:** RADIACIÓN ULTRAVIOLETA (ULTRAVIOLET RADIATION)
- **WCE:** COMITÉ MUNDIAL DE EVENTOS DEL CAFÉ (WORLD COFFEE EVENTS COMMITTEE), <http://www.worldcoffeeeevents.org/>
- **WIPO:** WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION (EN ESPAÑOL OMPI ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL) <http://www.wipo.int/portal/index.html.en>

- **WTO:** ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE COMERCIO (WORLD TRADE ORGANIZATION), <http://www.wto.org/>

UNIDADES Y SÍMBOLOS

- **€/kg:** Euro partido por kilogramo.
- **°C:** Grado centígrado.
- **Al:** Aluminio.
- **atm:** Atmósferas. (1 atm=101.365 Pa)
- **cm:** Centímetros (10^{-2} m)
- **d.C.:** Después de Cristo.
- **g/cm³:** Gramos por centímetro cúbico.
- **g/taza:** Gramos de café por cada taza preparada.
- **g:** Gramo.
- **GPa:** Gigapascales (10^9 Pa).
- **ha:** Hectárea (10^4 m²)
- **J:** Julio.
- **kg/ha:** Kilogramos de granos de café producidos por hectárea cultivada.
- **kg:** Kilogramo.
- **m:** Metro.
- **mbar:** Milibar (10^{-3} bar)
- **mm:** Milímetro.
- **ml:** Mililitro.
- **MPa:** Megapascales (10^6 Pa).
- **Mt:** Millones de toneladas.
- **N:** Newton.
- **N₂:** Nitrógeno.
- **N·mm:** Newton por milímetro.
- **O₂:** Oxígeno.
- **Pa:** Pascales.
- **s:** Segundo.
- **S/U:** Sin unidad.
- **t:** Tonelada métrica (10^3 kg).

- μm : Micras o micrómetro (10^{-6} m)

RESUMEN

El mercado internacional del café se encuentra hoy en día caracterizado por un descenso continuo en los niveles de consumo. A pesar de este descenso el sector de las cápsulas de café presenta en un ascenso de más del 20% anual desde el 2001, siendo el modelo Nespresso el indiscutible dominador del sector.

En la presente tesis se presenta el desarrollo del proceso de diseño de una cápsula monodosis, compatible con el sistema Nespresso, que presenta una serie de novedades técnicas que permiten optimizar la erogación.

Para lograr este objetivo se inició el proceso estableciendo los requisitos de diseño, basados en las necesidades que presenta el sistema, redactando un borrador de especificaciones técnicas. Seguidamente se llevó a cabo un análisis de las familias de patentes involucradas a nivel mundial para conocer el estado del arte y las restricciones legales en temas de protección de la propiedad intelectual. Utilizando técnicas de creatividad (TRIZ, DELPHI y Brainstorming) y herramientas de gestión (Análisis de Valor y QFD) se propusieron cuatro configuraciones de la morfología, la selección de materiales y elementos constructivos. En especial destacó la instalación de deflectores que permitieron que una porción del flujo de fluido presentara una turbulencia en el interior y consiguiese aumentar el tiempo de residencia, para la implementación del diseño original.

A continuación, estas configuraciones fueron sometidas a estudio mediante la técnica AMFE, para la evaluación de las diferentes alternativas presentadas y establecer la configuración más viable, así como posibles mejoras de la misma.

De la configuración más viable se fabricaron una serie prototipos mediante técnicas de Additive Manufacturing, que fueron sometidos a estudio, primero con las cápsulas vacías y luego con carga de café, mediante una novedosa metodología para comprobar si el diseño cumplía con los requisitos de funcionamiento y los de calidad planteados. La metodología para la calidad de la erogación se basó en las propiedades organolépticas del café, parámetros que se usan en los concursos internacionales de catas de café.

ABSTRACT

Nowadays, the international coffee trading market is characterized by a progressive fall in consumption levels. Despite this descend; the coffee capsule sector presents a rise by more than 20% a year since 2001, with Nespresso brand undoubtedly dominating the capsule market.

This thesis presents the development of the designing process for a monodosis capsule which is compatible with the Nespresso system, presenting a series of technical innovations which allow the optimization of the outlay.

In order to achieve this objective, first the technical specifications were drafted to establish the designing requirements based on the system own needs. Next, a global

analysis on the different patent families involved was conducted, in order to learn about the state of the Art and legal restrictions on issues concerning the protection of intellectual property. Using creativity techniques (TRIZ, DELPHI and Brainstorming) and management tools (Value Analysis and QFD), eventually four morphology configurations were proposed as well as the selection of materials for construction. It was particularly emphasized the installation of deflectors, which allow a portion of liquid flow to present turbulence inside and managed to increase the residence time for the implementation of the original design.

These considerations were next analysed by the AMFE technique for the evaluation of the different alternatives presented and to establish the most viable configuration, as well as its possible improvements.

A series of prototypes of the most viable configuration were manufactured by Additive Manufacturing techniques. These were subjected to study by a innovative methodology to test if the design met the performance and quality requirements exposed. It was conducted first with empty capsules and then with capsules filled with coffee. The methodology for the quality of outlay was based upon the organoleptic properties of coffee, these same parameters being the ones used for international coffee tastings.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS	4
GLOSARIO	5
ACRÓNIMOS	7
UNIDADES Y SÍMBOLOS	11
RESUMEN	13
ABSTRACT	13
ÍNDICE DE CONTENIDOS	15
ÍNDICE DE FIGURAS	18
INDICE DE TABLAS	21
1. INTRODUCCIÓN.	23
2. LAS INFUSIONES.	27
2.1 ANTECEDENTES: HISTORIA DE LAS INFUSIONES.	27
2.2 PRINCIPALES INFUSIONES.	30
2.2.1 <i>Clasificación de las infusiones.</i>	30
2.2.2 <i>El Café.</i>	31
2.2.3 <i>El Té.</i>	42
2.3 EL MERCADO DEL CAFÉ Y DEL TÉ.	45
2.3.1 <i>Mercado mundial del café.</i>	45
2.3.2 <i>Mercado español del café.</i>	51
2.3.3 <i>Mercado del café en cápsulas.</i>	59
2.3.4 <i>El mercado del té.</i>	62
3. JUSTIFICACIÓN DE LA TESIS.	66
3.1 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA.	66
3.2 JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA.	67
4. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA DE TRABAJO.	70
4.1 OBJETIVOS.	70
4.2 METODOLOGÍA.	71
5. ESTADO DEL ARTE.	74
5.1 CAFETERAS DE CÁPSULAS.	74
5.1.1 <i>Visión general.</i>	74
5.1.2 <i>Partes y funcionamiento de una cafetera de cápsulas.</i>	75

5.2	EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LAS CÁPSULAS DE CAFÉ. ANÁLISIS DE PATENTES DE NESPRESSO.	77
5.2.1	<i>Historia de las cafeteras espresso y las cápsulas de café.</i>	77
5.2.2	<i>Patente original de Nestlé.</i>	82
5.2.3	<i>Evolución de las cápsulas de Nestlé.</i>	84
5.3	MODELOS ACTUALES DE CÁPSULAS. ANÁLISIS DE PATENTES DE CÁPSULAS AJENAS A NESPRESSO.	94
6.	HERRAMIENTAS DE DISEÑO.	108
6.1	INTRODUCCIÓN.	108
6.2	TÉCNICAS DE CREATIVIDAD.	109
6.2.1	<i>Introducción.</i>	109
6.2.2	<i>Brainstorming.</i>	110
6.2.3	<i>Método DELPHI.</i>	112
6.2.4	<i>TRIZ.</i>	114
6.3	HERRAMIENTAS DE GESTIÓN DEL DISEÑO.	117
6.3.1	<i>Análisis de Valor.</i>	117
6.3.2	<i>QFD.</i>	119
6.4	PROTOTIPADO RÁPIDO.	123
6.4.1	<i>Introducción.</i>	123
6.4.2	<i>Principales técnicas de prototipado rápido.</i>	124
6.4.3	<i>Estereolitografía (SLA).</i>	125
6.4.4	<i>Sinterizado láser (SLS).</i>	127
6.5	ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (AMFE).	129
7.	HERRAMIENTAS DE VALIDACIÓN.	135
7.1	INTRODUCCIÓN.	135
7.2	METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA CÁPSULA.	135
7.3	METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA INFUSIÓN PREPARADA.	136
7.3.1	<i>Propiedades organolépticas del café.</i>	136
7.3.2	<i>Restricciones de la metodología. Objetivos.</i>	138
7.3.3	<i>Bases de las catas.</i>	139
7.3.4	<i>Operativa.</i>	143
8.	FASES DE DISEÑO Y FABRICACIÓN.	145
8.1	CRITERIOS DE DISEÑO Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.	145
8.1.1	<i>Introducción.</i>	145
8.1.2	<i>Requisitos de trabajo.</i>	146
8.1.3	<i>Requisitos de calidad.</i>	147
8.2	DISEÑO.	148
8.2.1	Introducción.	148

8.2.2	<i>Morfología.</i>	158
8.2.3	<i>Selección de materiales.</i>	172
8.3	FABRICACIÓN.	180
8.3.1	<i>Fabricación de prototipos.</i>	180
8.3.2	<i>Fabricación industrial.</i>	181
9.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.	184
9.1	INTRODUCCIÓN.	184
9.2	PRUEBAS CON LAS CÁPSULAS VACÍAS.	185
9.3	PRUEBAS CON LAS CÁPSULAS RELLENAS.	187
9.4	CATAS PARA LA MEDICIÓN DE LAS PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS DE LA INFUSIÓN PREPARADA.	189
9.5	CATAS COMPARATIVAS ENTRE DISTINTAS CÁPSULAS.	192
9.6	VENTAJAS COMPETITIVAS DEL PRODUCTO.	196
10.	CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO.	199
10.1	CONCLUSIONES.	199
10.2	FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO.	200
11.	REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA.	203
11.1	LIBROS.	203
11.2	ARTÍCULOS Y PUBLICACIONES.	204
11.3	PÁGINAS WEBS.	208
11.4	PATENTES.	210
11.5	OTROS.	211
12.	ANEXO I: PATENTES INVOLUCRADAS.	214
12.1	INTRODUCCIÓN.	214
12.2	FAMILIA DE PATENTES INVOLUCRADAS.	217
13.	ANEXO II: LISTADO DE ELEMENTOS DESECHABLES.	223
14.	ANEXO III: LEGISLACIÓN APLICABLE.	227
15.	ANEXO IV: MATRIZ DE RELACIONES QFD.	231
16.	ANEXO V: MATRIZ AMFE.	233
17.	ANEXO VI: CUESTIONARIO DE LA METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA INFUSIÓN PREPARADA.	237

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. CEREZAS DEL CAFETO. GRANOS VERDES DE CAFÉ. [MEY05]	24
FIGURA 2. PAÍSES MIEMBROS DE LA ICO EN EL AÑO 2.011. [ICO11A].....	29
FIGURA 3. PAÍSES PRODUCTORES CLASIFICADOS POR TIPO DE CAFÉ PRODUCIDO. [CDC11B]	35
FIGURA 4. DIAGRAMA DE FLUJO DEL BENEFICIO POR VÍA SECA DEL CAFÉ. [FIG16]	35
FIGURA 5. DIAGRAMA DE FLUJO DEL BENEFICIO POR VÍA HÚMEDA DEL CAFÉ. [COF11]	36
FIGURA 6. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE DESCAFEINACIÓN. [ICO12c]	38
FIGURA 7. CAFETERA DE CÁPSULAS MONODOSIS. [TAY12]	41
FIGURA 8. PROCESO DE ELABORACIÓN DEL CAFÉ COMERCIAL. [CBI10]	42
FIGURA 9. PROCESO DE ELABORACIÓN DEL TÉ COMERCIAL. [UKT12]	44
FIGURA 10. ESTRUCTURA DEL MERCADO MUNDIAL DEL CAFÉ. [CBI10].....	46
FIGURA 11. PORCENTAJE PRODUCIDO DE CADA VARIEDAD DE CAFÉ. [ICO12A].....	47
FIGURA 12. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL PRECIO DEL CAFÉ VERDE. [ICO12B]	48
FIGURA 13. PRECIOS AL POR MENOR EN LOS PRINCIPALES PAÍSES CONSUMIDORES Y EL INDICADOR ICO AL POR MAYOR. [ICO12c] 50	50
FIGURA 14. GRÁFICA DE CONSUMO FRENTE A LA PRODUCCIÓN. [ICO12c]	50
FIGURA 15. BALANZA COMERCIAL IMPORTACIONES-EXPORTACIONES EN EL PERIODO 2.006-2.010. [ITR11].....	54
FIGURA 16. PRINCIPALES PROVEEDORES DE CAFÉ VERDE EN EL MERCADO ESPAÑOL. [ICO12c]	55
FIGURA 17. CONSUMO ANUAL MEDIO EN DISTINTOS PAÍSES. [ICO12c]	57
FIGURA 18. PORCENTAJE DE CONSUMO HORECA DE LOS DISTINTOS TIPOS DE CAFÉ EN ESPAÑA EN EL AÑO 2.011. [MAG11]	58
FIGURA 19. PORCENTAJE DE CONSUMO DOMÉSTICO DE LOS DISTINTOS TIPOS DE CAFÉ EN ESPAÑA EN EL AÑO 2.011. [MAG11] ..	59
FIGURA 20. COMPARATIVA DE PRECIOS DE VENTA DE LOS DISTINTOS TIPOS DE CAFÉ EN EL MERCADO ESPAÑOL.....	62
FIGURA 21. EVOLUCIÓN DE LAS IMPORTACIONES DE TÉ EN ESPAÑA. [FAO11]	63
FIGURA 22. CONSUMO DE TÉ EN ALGUNOS PAÍSES. [FAO11]	64
FIGURA 23. PARTES DE UNA CAFETERA DE CÁPSULAS ESTÁNDAR.	76
FIGURA 24. DIBUJO ORIGINAL DE LA PATENTE DE BEZZERA. [BEZ03]	78
FIGURA 25. IMAGEN ORIGINAL DEL <i>POD</i> EN LA PATENTE DE HUMMEL. [HUM47].....	80
FIGURA 26. IMAGEN ORIGINAL DE LA CÁPSULA DE ALUMINIO EN LA PATENTE DE RODTH. [ROD54].....	80
FIGURA 27. IMAGEN ORIGINAL DE LA CÁPSULA PLANA Y DEL SISTEMA DE DOBLE INYECCIÓN DE LA PATENTE DE GOROS. [GOR61] .	81
FIGURA 28. IMAGEN ORIGINAL DE LA CÁPSULA IDEADA POR FAVRE PARA NESTLÉ. [FAV76].....	82
FIGURA 29. IMAGEN DE LAS CÁPSULAS ORIGINALES DE NESPRESSO DE 1.986. [NES86]	85
FIGURA 30. IMAGEN ORIGINAL DE LA CÁPSULA CON ZONA DE DEBILIDAD REDUCIDA IDEADA EN LA PATENTE [ES2061284].....	86
FIGURA 31. IMAGEN DE LOS RELIEVES SOBRE LA TAPA INFERIOR DE ALUMINIO, UNA DE LAS MODIFICACIONES DE LA CÁPSULA INICIAL.	87
FIGURA 32. DIFERENCIAS ENTRE LAS VÁLVULAS PROPUESTAS EN LAS PATENTES DE 1.999 [EP1165398] Y DE 2.005 [US7658141].	88
FIGURA 33. IMAGEN DE LA VÁLVULA DE PAPEL INSTALADA EN LAS CÁPSULAS NESPRESSO SIGUIENDO LA PATENTE [US7658141] DE 2.006.	88

FIGURA 34. IMAGEN DEL SISTEMA DE CUCHILLAS PRESENTADO EN LA PATENTE DE 2.003. [US0116029].....	89
FIGURA 35. IMAGEN DE LA TRIPLE PERFORACIÓN EN LA COPELA DE LA CÁPSULA ACTUAL.	90
FIGURA 36. IMAGEN DEL SISTEMA DE ANILLO SELLANTE IDEADO EN LA PATENTE [EP1654966].....	91
FIGURA 37. CAMBIO DE LA FORMA DEL ALA PARA FIJAR CREAR EL ELEMENTO SELLANTE. [WO2006/045536]	92
FIGURA 38. JUNTA DE GOMA USADA COMO MATERIAL SELLANTE DE LA CÁPSULA. [WO2006/045536].....	93
FIGURA 39. ALZADO Y PLANTA DE LA CÁPSULA ACTUAL DE NESPRESSO. [NES12]	94
FIGURA 40. IMAGEN DE LAS CÁPSULAS L'AROME ESPRESSO DE MARCILLA. [SAR11]	95
FIGURA 41. PERFORADO DE LA TAPA SUPERIOR DE LAS CÁPSULAS DE MARCILLA L'AROME. [SAR11].....	96
FIGURA 42. PLANTA Y ALZADO DE LA CÁPSULA DE MARCILLA L'AROME. [SAR11]	96
FIGURA 43. IMAGEN COMPARATIVA ENTRE LA CÁPSULA NESPRESSO (IZQUIERDA) Y LA CÁPSULA MARCILLA (DERECHA). [SAR11] [NES12]	97
FIGURA 44. IMAGEN DE LAS CÁPSULAS DE ETHICAL COFFEE DE MATERIAL BIODEGRADABLE. [ETH12].....	98
FIGURA 45. ALZADO Y PLANTA DE LA CÁPSULA DE ETHICAL COFFEE. [ETH12].....	98
FIGURA 46. IMAGEN DE LAS CÁPSULAS NE-CAP Y DEL RELIEVE QUE DEJA EN LA TAPA SU USO EN LA MÁQUINA NESPRESSO. [NEC12]	101
FIGURA 47. ALZADO Y PLANTA DE LA CÁPSULA NE-CAP. [NEC12].....	101
FIGURA 48. IMAGEN DE LAS CÁPSULAS CAPSUL-IN. [CAP12]	102
FIGURA 49. CÁPSULA DE MOCAVA BASADA EN LA PATENTE ORIGINAL DE FAVRE. [MOC12].....	103
FIGURA 50. IMAGEN DE LA CÁPSULA DE CAFFÈ VERGNANO. [VER12]	103
FIGURA 51. CÁPSULA DE CAFÉS FORTALEZA, FOTOGRAFÍA DEL PROTOTIPO, Y DETALLES DE LOS ELEMENTOS INNOVADORES SEÑALADOS EN LA PATENTE. [ES1075815U]	104
FIGURA 52. IMAGEN DEL PERFORADO DE LA BASE SUPERIOR DE LA CÁPSULA DE CAFÉ CANDELAS. [EP2452893].....	105
FIGURA 53. IMAGEN DE LAS CAFÉ-CAPS COMERCIALIZADAS POR CAFÉS OQUENDO. [OQU12]	106
FIGURA 54. ESQUEMA DE LAS FASES DEL PROCESO QFD. [CLA88].....	120
FIGURA 55. RELACIÓN DE LAS MATRICES DEL CICLO COMPLETO DEL QFD. [CLA88]	122
FIGURA 56. PROTOTIPO DE VENTILADOR AXIAL REALIZADO POR SLA. [ASE12A].....	127
FIGURA 57. PROTOTIPO DE UN ENVASE REALIZADO POR SLS. [ASE12B].....	129
FIGURA 58. ESTRUCTURA DEL CUESTIONARIO PROPUESTO PARA LAS CATAS. [SCA12]	142
FIGURA 59. ESQUEMA DE LA EVOLUCIÓN DEL PROCESO DE DISEÑO DEL ELEMENTO DESECHABLE.....	149
FIGURA 60. DIBUJO DEL ALZADO Y LA PLANTA DE LA CÁPSULA CON DEFLECTOR ANULAR CONTINUO. [ES2370862].....	162
FIGURA 61. DIBUJO DEL ALZADO Y LA PLANTA DE LA CÁPSULA CON DEFLECTOR ANULAR DISCONTINUO. [ES2370862]	163
FIGURA 62. ESQUEMA DEL FLUJO DE LIXIVIADO EN LA CÁPSULA CON DEFLECTOR ANULAR. [ES2370862].....	163
FIGURA 63. DIBUJO DE PLANTA Y ALZADO DE LA CÁPSULA CON EL DEFLECTOR DE CARA PLANA DE 10° A 45°. [ES2370862]	164
FIGURA 64. DETALLE DEL DEFLECTOR DE LA CÁPSULA ANTERIOR. [ES2370862].....	164
FIGURA 65. . ESQUEMA DEL FLUJO DE LIXIVIADO EN LA CÁPSULA CON DEFLECTOR DE CARA PLANA. [ES2370862]	165
FIGURA 66. DIBUJO DE PLANTA Y ALZADO DE LA CÁPSULA CON EL DEFLECTOR LATERAL. [ES2370862].....	166

FIGURA 67. DIBUJO DE PLANTA Y ALZADO DE UNA CÁPSULA CON TRIPLE DEFLECTOR, FLOTANTE, LATERAL Y ANULAR DISCONTINUO. [ES2370862]	167
FIGURA 68. ESQUEMA DEL FLUJO DE LIXIVIADO EN LA CÁPSULA CON DEFLECTOR FLOTANTE PERFORADO. [ES2370862]	167
FIGURA 69. DETALLES DE LOS DEFLECTORES FLOTANTES PERFORADOS CIRCULARES Y LAMINARES. [ES2370862]	168
FIGURA 70. IMAGEN DE LOS ELEMENTOS INNOVADOS EN LA CONFIGURACIÓN DEFINITIVA.	171
FIGURA 71. DETALLE DE LA CUÁDRUPLE CONICIDAD DE LA CÁPSULA DISEÑADA, VISTA EN LOS PROTOTIPOS DE PA.....	171
FIGURA 72. CORTE LONGITUDINAL DEL MODELO 3D DISEÑADO EN CAD.	172
FIGURA 73. DETALLE DE LA PA 2200 ANTES DE LA TERMOCONFORMACIÓN. [EOS12]	180
FIGURA 74. IMAGEN DE LA MÁQUINA SLA 5000 UTILIZADA EN LA FABRICACIÓN DE LOS PROTOTIPOS. []	181
FIGURA 75. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE LAS MÁQUINA DE MOLDO POR INYECCIÓN. [BRY96]	182
FIGURA 76. ASPECTO DE LA MAQUINARIA DE INYECCIÓN SELECCIONADA PARA LA FABRICACIÓN INDUSTRIAL.	182
FIGURA 77. DETALLE DE LAS PERFORACIONES OBTENIDAS EN LA CÁPSULA TRAS LA PRUEBA EN VACÍO.	186
FIGURA 78. DETALLE DEL PARRILLADO DE LA TAPA DE ALUMINIO RESULTANTE TRAS LA PRUEBA EN VACÍO.....	186
FIGURA 79. A) RELLENADO MANUAL, B) CAFÉ COMPACTADO, C) CÁPSULA SELLADA.	187
FIGURA 80. DETALLE DEL FLUJO DE EROGACIÓN OBTENIDO CON LOS PROTOTIPOS DE PA NATURAL.	188
FIGURA 81. IMAGEN DEL ESTADO DE UN PROTOTIPO RELLENO DESPUÉS DE LA EROGACIÓN.	189
FIGURA 82. IMAGEN DE LA CÁPSULA CARGADA Y SELLADA ANTES DE LA EROGACIÓN.	190
FIGURA 83. CARGA DE LA CÁPSULA PARA LA EROGACIÓN DE UNA DE LAS CATAS.	190
FIGURA 84. IMAGEN DEL PARRILLADO ORIGINADO POR EL SISTEMA DE SELLADO EN UNA DE LAS CÁPSULAS DE LAS CATAS.	191

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. PRODUCCIÓN MUNDIAL DE VEGETALES PARA INFUSIÓN EN 2.009 Y 2.010. [FAO11]	30
TABLA 2. CLASIFICACIÓN OFICIAL DE LA ICO SEGÚN LA VARIEDAD DE CAFÉ. [CDC11C]	33
TABLA 3. ASPECTOS BOTÁNICOS MÁS IMPORTANTES DE LOS CAFETOS. [ICO12E]	34
TABLA 4. CONTENIDOS MEDIOS DE CAFEÍNA EN DISTINTAS SUSTANCIAS. [CSP12]	39
TABLA 5. CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES DEL CAFÉ ESPRESSO. [USD11]	41
TABLA 6. CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES DEL TÉ NEGRO. [USD11]	45
TABLA 7. PRODUCCIÓN MEDIA ANUAL SEGÚN LA ICO. [FAO11]	47
TABLA 8. EVOLUCIÓN DE LOS PRECIOS EN EL AÑO 2.012. [ICO12B]	49
TABLA 9. CONSUMO DE CAFÉ VERDE DESDE 2.008 A 2.011. [ICO12C]	51
TABLA 10. DATOS ESTADÍSTICOS SOBRE LA IMPORTACIÓN DE CAFÉ VERDE EN ESPAÑA. [FAO11]	56
TABLA 11. DESCENSO RELATIVO DEL CONSUMO EN ALGUNOS PAÍSES CONSUMIDORES. [ICO12C]	57
TABLA 12. DATOS DEL CONSUMO ESPAÑOL EN EL AÑO 2.011. [MAG11]	58
TABLA 13. COMPARATIVA DE LOS MERCADOS DE CAFÉ, TÉ E INFUSIONES EN EL MERCADO ESPAÑOL, EN VOLUMEN. [MAG11]	64
TABLA 14. COMPARATIVA DE LOS MERCADOS DE CAFÉ, TÉ E INFUSIONES EN EL MERCADO ESPAÑOL, EN VALOR. [MAG11]	64
TABLA 15. COMPARATIVA ENTRE LAS CÁPSULAS DE NESPRESSO Y LAS DE MARCILLA. [SAR11] [NES12]	97
TABLA 16. NIVELES DE LOS GRADOS DE NOVEDAD SEGÚN EL MÉTODO TRIZ. [TRI12]	115
TABLA 17. PROPUESTAS MÁS RELEVANTES OBTENIDAS EN LA FASE DE CREATIVIDAD.	150
TABLA 18. CUADRO RESUMEN DE RESULTADOS DE LA TÉCNICA DE ANÁLISIS DE VALOR.	152
TABLA 19. PROPIEDADES MÁS IMPORTANTES DE LOS MATERIALES DE LA SELECCIÓN PREVIA. [DSM12]	174
TABLA 20. RIGIDEZ A FLEXIÓN DE LOS MATERIALES SELECCIONADOS. [GOO12] [QUI12]	175
TABLA 21. PRECIOS RELATIVOS DE LOS MATERIALES PRESELECCIONADOS. [BOV12]	176
TABLA 22. PROPIEDADES REOLÓGICAS DE LOS POLÍMEROS SELECCIONADOS. [GOO12] [DIN90]	177
TABLA 23. PROPIEDADES MÁS IMPORTANTES DE LOS MATERIALES DE LA SELECCIÓN PREVIA. [DSM11A]	179
TABLA 24. CUADRO RESUMEN DE LA VALORACIÓN DE LAS PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS DE LAS INFUSIONES PREPARADAS.	192
TABLA 25. CUADRO RESUMEN DE LA SELECCIÓN DE CAFÉS PARA LAS CATAS COMPARATIVAS.	194
TABLA 26. CUADRO RESUMEN DE LAS NOTAS OBTENIDAS POR LOS DISTINTOS CAFÉS EN LAS CATAS COMPARATIVAS.	194
TABLA 27. OTROS DATOS SIGNIFICATIVOS DE LAS CATAS COMPARATIVAS.	195
TABLA 28. CUADRO RESUMEN SOBRE LAS FAMILIAS DE PATENTES DEL SISTEMA NESPRESSO. [ESP12]	217
TABLA 29. FAMILIA DE PATENTES INVOLUCRADAS EN EL SISTEMA NESPRESSO PATENTADAS POR NESTLÉ S.A. [ESP12]	218
TABLA 30. FAMILIA DE PATENTES INVOLUCRADAS EN EL SISTEMA NESPRESSO PATENTADAS POR NESTEC S.A. [ESP12]	219
TABLA 31. ESTADÍSTICA SOBRE LAS PATENTES PRESENTADAS POR NESTLÉ Y NESTEC EN DIVERSOS PAÍSES Y/U ORGANIZACIONES. [ESP12]	220
TABLA 32. FAMILIA DE PATENTES DE LAS CÁPSULAS COMPATIBLES DE SARA LEE. [ESP12]	221
TABLA 33. FAMILIAS DE PATENTES DE CÁPSULAS COMPATIBLES DE OTRAS EMPRESAS. [ESP12]	221

INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN.

La palabra infusión procede del latín infusio-infusionis, y según el diccionario de la RAE significa acción de extraer de las sustancias orgánicas las partes solubles en agua, a una temperatura mayor que la del ambiente y menor que la del agua hirviendo. [RAE01]

Existe un gran número de infusiones cuya capacidad medicinal y su contribución al mejor funcionamiento del organismo son objeto de infinidad de estudios científicos.

Los beneficios sanitarios de muchas plantas se conocen desde la antigüedad y, se administran en forma de infusión desde siempre. Muchos medicamentos, como por ejemplo la aspirina, fueron creados a partir de infusiones de plantas. [BAY11]

Las infusiones más comunes y conocidas en los mercados occidentales no son medicamentos, aunque poseen ciertas propiedades beneficiosas.

Cada país o cultura ha desarrollado de distinta manera el consumo de las infusiones. La principal ventaja que cabe destacar es el hecho de que se pueden preparar en los hogares, lo que garantiza su pureza y que no tienen gas, por lo que se digieren con mayor sencillez, siendo simple su elaboración y el reducido tiempo que se tarda en prepararlas.

De entre todas las infusiones la más popular a nivel mundial es el café. Se denomina Café a la bebida que se hace por infusión con la semilla tostada y molida del cafeto. [RAE01]

El café es por tanto un alimento consumido normalmente como bebida, que se obtiene por infusión, cuya principal característica es que contiene una sustancia estimulante llamada cafeína, que es la principal responsable de las características de sabor y aroma típicas de la infusión.



Figura 1. Cerezas del Cafeto. Granos verdes de café. [MEY05]

La palabra café proviene del término turco *qahve*, que a su vez procede del árabe, *qahwa*. El término árabe podría ser una abreviación de la expresión *qahwat al-bun* que traducida al castellano vendría a significar vino de la habichuela. [RAE01]

El cafeto pertenece a la familia de las rubiáceas (*Rubiaceae*), que tiene alrededor de 500 familias y más de 6.000 especies, la mayoría árboles y arbustos. Se reconocen actualmente 103 especies, sin embargo, sólo dos son responsables del 99 % del comercio mundial, el *coffea arábica* y el *coffea canephora o robusta*. [WOL08]

El cultivo del cafeto se encuentra ampliamente difundido en los países tropicales y subtropicales, aunque los principales consumidores de la infusión son los países desarrollados. Los granos del café son uno de los principales productos de origen agrícola comercializados en los mercados internacionales, y a menudo suponen una aportación significativa de la exportación total de los países productores.

La infusión suele tomarse en los desayuno y en las sobremesas después de las comidas, siendo probablemente, la bebida sin alcohol más socializadora del mundo.

El mercado internacional del café se encuentra hoy en día caracterizado por un descenso continuo en los niveles de consumo de los países importadores. Por ejemplo España presenta un descenso desde los 6,5 millones de sacos en 2.008 hasta los 3,15 millones de sacos consumidos en 2.011. [ICO11]

A pesar de este descenso del consumo, hay un formato dentro del mercado que continúa en ascenso. El sector de las cápsulas de café, introducido por *Nestlé* con su marca *Nespresso*, ha sufrido un crecimiento espectacular a nivel internacional durante los últimos años. El sector de las cápsulas creció un 95,7 % en volumen, 3.241,4 t en valor absoluto, y un 111,9 %, unos 99 millones de €. Su cuota de mercado es aproximadamente del 5,1 % en

volumen y del 16,5 % en valor, según datos de un estudio realizado por la consultora *SymphonyIri*.

Actualmente existen en el mercado diversas alternativas a la máquina *Nespresso*, pero dado su carácter pionero en el sector, conserva una gran cuota de mercado. Según datos de un estudio de la consultora *GFK*, casi una de cada dos máquinas *espresso* que se venden en España es *Nespresso*.

Debido a estos datos las empresas cafeteras nacionales e internacionales han introducido en el mercado cápsulas compatibles con las cafeteras *Nespresso*. En los últimos años han llegado al mercado diferentes modelos de cápsulas para la erogación de infusiones, como son las cápsulas de *Mocava*, *L'Or Espresso* (Marcilla), *Ne-Cap*, *Ethical Coffee*.

El mercado de las cápsulas de café ha crecido fundamentalmente en el último lustro, popularizándose entre las clases medias europeas. Las cápsulas ofrecen varias ventajas competitivas como son la rapidez de preparación, la calidad de la infusión, la variedad de sabores disponibles, etc. Si a estas ventajas se añade el importante avance de la tecnología, que ha conseguido disminuir los precios de las cafeteras haciéndolas accesibles cada vez a un mayor público, tenemos un nuevo y emergente mercado que se ha hecho un importante hueco en los hábitos de consumo de café.

LAS INFUSIONES

2. LAS INFUSIONES.

2.1 Antecedentes: historia de las infusiones.

La presencia de patógenos infecciosos en el agua de consumo para humanos y el ganado ha sido siempre un importante problema desde el inicio de la historia del hombre hasta nuestros días. A partir del neolítico dicho problema se acentuó notablemente al comenzar la transición del nomadismo al sedentarismo, lo que permitió la aparición de aglomeraciones de personas, que facilitaban la extensión de enfermedades entre los individuos, además de requerir de reservas mayores de agua.

La primera defensa con la que el ser humano contó para combatir este problema fueron los preparados a partir de productos orgánicos. Los primeros en surgir de forma generalizada fueron los de base alcohólica, obtenidos como producto de la fermentación, como son el vino y la cerveza, seguidos por otros preparados en los que para la extracción de sabor y propiedades era necesario hervir el agua, lo que dotaba al producto del mismo efecto purificador que el contenido en alcohol de los otros. [TOP00]

Las estimaciones históricas concluyen que el té apareció en China y se expandió durante los primeros años a los países circundantes. El té constituye la primera evidencia del consumo de estos preparados. [WOL08]

Aproximadamente al mismo tiempo que el té, se introduce en Europa a través de Estambul el consumo de otro preparado muy común en las tierras árabes: el café.

El primer registro histórico del que se tiene conocimiento sitúa el origen del café en la región de Kaffa (Etiopía), en torno al siglo IX d.C., por tanto es factible suponer que el origen de la planta pudiera ser etíope, y que comerciantes y exploradores árabes llevaran los frutos del cafeto por primera vez a la península arábiga hacia el siglo X d.C., aunque la cuestión no está resuelta completamente por los historiadores. [TOP00]

Su cultivo se extendió por la península arábiga, donde se popularizó aprovechando la prohibición del alcohol por el Islam. Probablemente el territorio que actualmente ocupa Yemen fuese el primer centro de cultivo y comercio de café del mundo, desde donde se

propagó al resto del mundo árabe, debido a las invasiones musulmanas de Oriente Próximo, norte de África y Europa. [TOP00]

La bibliografía histórica sitúa hacia el siglo XVI el inicio del ritual de la toma de café como la bebida social por excelencia del mundo árabe. Las primeras cafeterías de las que se tienen conocimiento se abrieron en La Meca; hacia el año 1.510, y desde allí se extendieron hacia Constantinopla donde pronto adquirieron notoriedad por el lujo que conllevaba el ritual de tomar el café.

La extensión del café en los países musulmanes fue bastante rápida, quizás debida a las peregrinaciones de los fieles hacia La Meca. Estos llevaron la costumbre de tomar café por el Mediterráneo y la península de Anatolia. Sus efectos y sabor hicieron que su difusión por Europa fuese bastante rápida, inaugurándose en Venecia el primer café en Europa, hacia el año 1.645. [TOP00]

El primer café que se abrió en España fue en Madrid, en 1.764 en la calle Atocha, la Fonda de San Sebastián. El éxito de esta bebida en España se vio reflejado con la apertura de numerosos establecimientos en distintas ciudades de España, habiendo a finales del siglo XVIII cientos de café por todo el país. [FEC11b]

Conscientes de que los climas ecuatoriales y tropicales eran muy propicios y favorables para el cultivo a gran escala del cafeto, los países europeos introdujeron en sus colonias de África y América el cultivo del café. [DAV01]

Los avances tecnológicos permitieron una expansión del consumo a lo largo del siglo XX. Durante este siglo se desarrolló el consumo del café como bebida social entre las clases medias, y no solamente como alimento, posicionándola entre los productos más demandados en los países industrializados.

La ICO es la principal organización intergubernamental que se ocupa del café, y reúne en su seno a los Gobiernos exportadores e importadores. Los Gobiernos Miembros de la ICO representan el 97% de la producción mundial y más del 80% del consumo mundial de café. Fue establecida en 1.963, a raíz de la entrada en vigor del primer Convenio Internacional del Café, y viene funcionando desde entonces al amparo de sucesivos Convenios. El Acuerdo más reciente, que es el de 2.007, fue aprobado por el

Consejo en septiembre de 2.007 y entró en vigor definitivamente el 2 de febrero de 2.011.

[ICO11a]

En la actualidad la ICO cuenta con 44 países productores, incluyendo a los tres principales productores, Brasil, Vietnam y Colombia, y 30 países consumidores, entre los cuales están la UE y los Estados Unidos. [ICO11a]

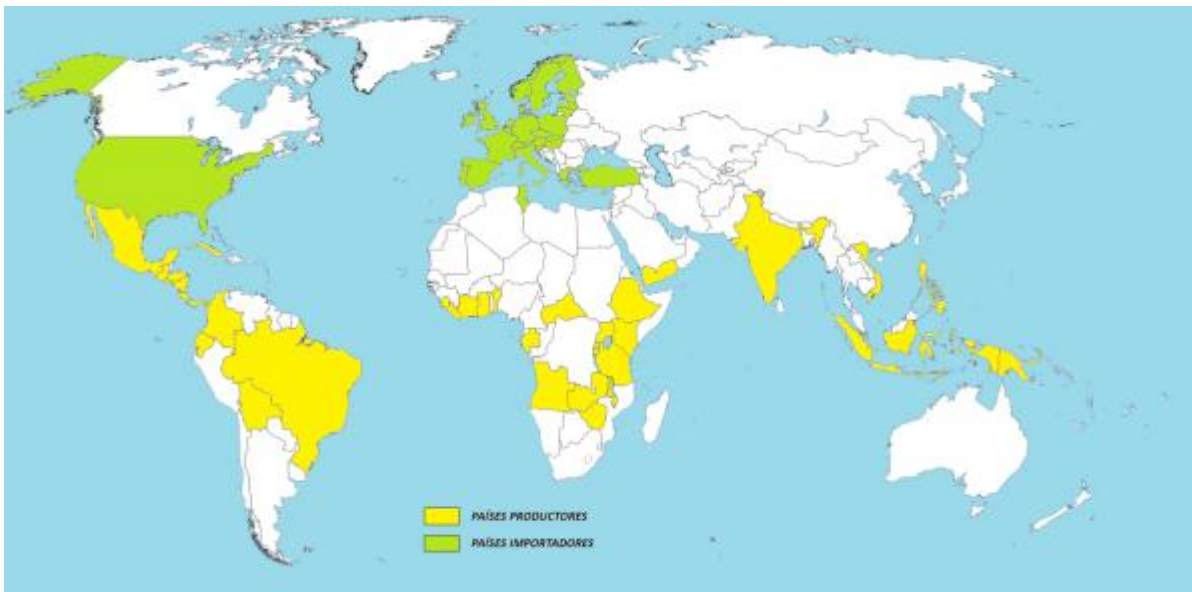


Figura 2. Países miembros de la ICO en el año 2.011. [ICO11a]

El café representa uno de los productos más exportados del mundo, siendo uno de los productos primarios más valiosos. El cultivo, procesamiento, comercio, transporte y comercialización del café proporciona empleo a millones de personas en todo el mundo. El café tiene una importancia crucial para la economía y la política de muchos países en desarrollo. Para muchos de ellos, las exportaciones de café representan una parte sustancial de sus ingresos en divisas, siendo en algunos países el principal producto de exportación como en Colombia o Vietnam. El café es un producto básico que se comercia en los principales mercados de materias primas y de futuros, sobre todo en Singapur, Londres y Nueva York, siendo uno de los productos de más valor añadido del mercado de futuros de la bolsa de Nueva York.

2.2 Principales infusiones.

2.2.1 Clasificación de las infusiones.

La infusión es el método más frecuente de extraer a una planta los principios activos que contiene. Aunque hay procesos más complejos, el proceso normalmente consiste en verter agua caliente, sin necesidad de que llegue a hervir, en las partes de la planta de las que se pretende extraer el principio activo. Las partes útiles de la planta para realizar la infusión varían según el vegetal que consideremos, así por ejemplo, la infusión del café se realiza con los frutos tostados del cafeto, sin embargo la del té se obtiene con las hojas de árbol de té.

No existe una clasificación estandarizada de las infusiones debido al gran número de plantas, hierbas, hojas y frutos de los que se pueden extraer infusiones. De una misma planta se pueden obtener infusiones de distinta parte, aunque predominan las infusiones de hojas y de frutos o bayas. En general hay dos infusiones que dominan el mercado mundial tanto de producción como de consumo: el Té y sobre todo el Café.

La producción mundial de estos dos elementos implica más del 68 % de la producción mundial de hierbas para infusiones. Si bien casi toda la producción de té y café se dedica al consumo humano en forma de infusiones, otras plantas y hierbas como el poleo, la manzanilla o el anís tienen otros usos en medicina y herboristería.

Producto	2.009	%	2.010	%
Café	8.204.144	59,06	8.228.018	57,10
Té	4.246.867	30,57	4.483.954	31,12
Mate	748.351	5,39	761.172	5,28
Anís-Cilantro-Hinojo	523.965	3,77	755.308	5,24
Amapola	98.942	0,71	92.922	0,64
Menta-Hierbabuena	59.720	0,43	81.241	0,56
Vainilla	8.794	0,06	6.680	0,05
Total	13.890.783	100	14.409.295	100

Tabla 1. Producción Mundial de Vegetales para Infusión en 2.009 y 2.010. [FAO11]

En la Tabla 1 se incluyen los datos disponibles en el FAOSTAT de la FAO. Esta base de datos no proporciona datos oficiales de otros productos como la tila, el poleo o la

manzanilla, por lo que no se puede asegurar que representen la totalidad de la producción mundial, pero sí permite hacerse una idea del orden de magnitud en que el café y el té dominan el mercado.

Por tanto atendiendo a su peso en el mercado podemos clasificar las infusiones en tres grandes grupos:

- 1) **Infusiones Primarias:** Aquellas que sostienen el mercado mundial, o sea el café y el té.
- 2) **Infusiones Secundarias:** Aquellas cuyo consumo en el mercado es relativamente significativo, como son la manzanilla, la tila, el poleo menta, el rooibos y la valeriana.
- 3) **Infusiones Terciarias:** Aquellas cuyo consumo es escaso en el mercado, en muchos casos son infusiones de frutas, hierbas menos frecuentes como la hierbaluisa o la melisa o bien mezclas de varias plantas ideadas para ciertos problemas médicos como la obesidad, el insomnio o la retención de líquidos.

2.2.2 El Café.

a) El cafeto.

El cafeto o árbol del café es una especie botánica que pertenece a la familia Rubiaceae, que tiene unos 500 géneros y más de 6.000 especies. [TPL11]

La mayoría son árboles y arbustos tropicales que crecen en la capa más baja de los bosques. Los cafetos pueden llegar a medir más de 12 m de altura en estado salvaje, incluso algunas variedades, 20 m. Sin embargo, y con el fin de facilitar la recolección, en las plantaciones se podan entre los dos y los cuatro metros de altura. [FEC11a]

El cafeto suele dar su primer fruto entre los tres y los cinco años de vida, y ofrece un rendimiento de entre 400 g y 2,2 kg al año, durante un periodo que oscila entre 30 y 50 años. [FEC11a]

El fruto del cafeto tiene la apariencia de una cereza pequeña. Cuando nace es de color verde y durante los ocho u once meses siguientes, según la especie y la zona de cultivo y maduración, pasa por las distintas tonalidades que van del amarillo al rojo. En el interior de cada cereza, hay dos semillas separadas por un surco y rodeadas de una pulpa amarilla. Son los granos de café.

b) Variedades.

Existen más de 25 especies distintas del cafeto, todas ellas indígenas de las zonas tropicales de África y de las islas del Océano Indico, sobre todo Madagascar. De entre todas las especies de cafeto, las más importantes, desde el punto de vista industrial, son el cafeto Arábica y el cafeto *Canephora* o Robusta. Tanto sus diferencias botánicas, como la procedencia de las mismas, hacen que el café que se obtiene de unas plantas y otras presente matices distintos. [FEC11c]

- 1) **Café Arábica:** Es un café originario de Abisinia (Etiopía), siendo la especie más antigua que se conoce, datada desde mediados del siglo XVIII. Su área de cultivo se localiza en zonas intertropicales a una altura de hasta 2.000 m sobre el nivel del mar, y nunca por debajo de los 500 m. Proporciona un café suave y aromático. Las nuevas variedades son muy productivas y con un ciclo de vida de hasta 20 años. Actualmente representa al mayor porcentaje de la producción del café, por encima del 60 %, y produce variedades de café apreciadísimas como *Moka*, *Bourbon*, *Maragogipe*, Nacional o Brasilla. [FEC11d]
- 2) **Café Robusta:** Esta variedad procede de la ribera del río Congo y fue descubierto sobre el año 1.895. Se trata de una planta fuerte y resistente que crece en regiones húmedas de escasa altitud. Proporciona un café fuerte, con mucho cuerpo y un contenido de cafeína mayor. Produce unos granos más redondeados y pequeños que el arábica, con un periodo de maduración mayor, hasta 11 meses. Algunas variedades conocidas son *Java*, *Kouilou*, *Niaolili* y *Congensis*. El café Robusta se cultiva en África Occidental y Central, en todo el sudeste de Asia y, en cierta medida, en Brasil, donde se le conoce como *Conillon*. [FEC11e]

Existe otra variedad de café con aplicación industrial, que es el café Libérica, cuya producción está limitada a Costa de Marfil, Liberia y Sierra Leona. Esta especie constituye sólo el 1 % de la producción mundial de café. [GAR11]

A su vez los cafés también se clasifican en función del país de origen del mismo. Así, un café cultivado en Brasil no tendrá el mismo sabor o cuerpo que uno de Vietnam o México, a pesar de que sea la misma especie. Por ello, a la hora de realizar estudios de mercado y estadística, la ICO estableció los siguientes grupos de café:

Robusta	Americanas	Brasil-Ecuador-Trinidad y Tobago
	Asiáticas	Filipinas-India-Indonesia-Laos-Malasia-Sri Lanka-Tailandia-Vietnam
	Africanas	Angola-Benín-Camerún-Congo-Costa de Marfil-Ghana-Guinea Ecuatorial-Gabón-Liberia-Madagascar-Nigeria-Rep. Centrafricana-Sierra Leona-Togo-Uganda
Arábica	Brasileños Naturales	Brasil-Etiopía-Paraguay
	Otros Naturales	Ecuador-Yemen
	Suaves Colombianos	Colombia-Kenia-Tanzania
	Suaves Americanos	Bolivia-Costa Rica-Cuba-Ecuador-El Salvador-Estados Unidos (Hawái)-Puerto Rico-Guatemala-Haití-Nicaragua-Jamaica-México-Honduras-Panamá-Perú-Rep. Dominicana-Venezuela.
	Suaves Africanos	Burundi-Camerún-Congo-Madagascar-Malawi-Nigeria-Ruanda-Zambia-Zimbabwe
	Suaves Asiáticos	India-Indonesia-Papúa Nueva Guinea.

Tabla 2. Clasificación oficial de la ICO según la variedad de café. [CDC11c]

Propiedad	Arábica	Robusta
Descubrimiento	1.753	1.895
Cromosomas	44	22
Tiempo de Maduración	9 meses	10-11 meses
Floración	Tras las lluvias	Irregular
Cerezas Maduras	Caen	Quedan
Rendimiento (kg/ha)	1.500-3.000	2.300-4.000
Tª óptima Media Anual (°C)	15-24	24-30
Pluviosidad Óptima Media Anual (mm)	1.500-2.000	2.000-3.000
Altitud de Crecimiento Óptimo (m)	1.000-2.000	0-700
Contenido de Cafeína (%)	0,8 - 1,4%	1,7 - 4,0%
Forma del grano	Chato	Alargado
Sabor	Acidez	Amargor

Tabla 3. Aspectos botánicos más importantes de los cafetos. [IC012e]

El café requiere unas condiciones especiales para su cultivo, que se cumplen específicamente en las zonas situadas entre el Trópico de Cáncer y el Trópico de Capricornio, como puede verse en el listado de países productores de café en la Tabla 2 y en la Figura 3.

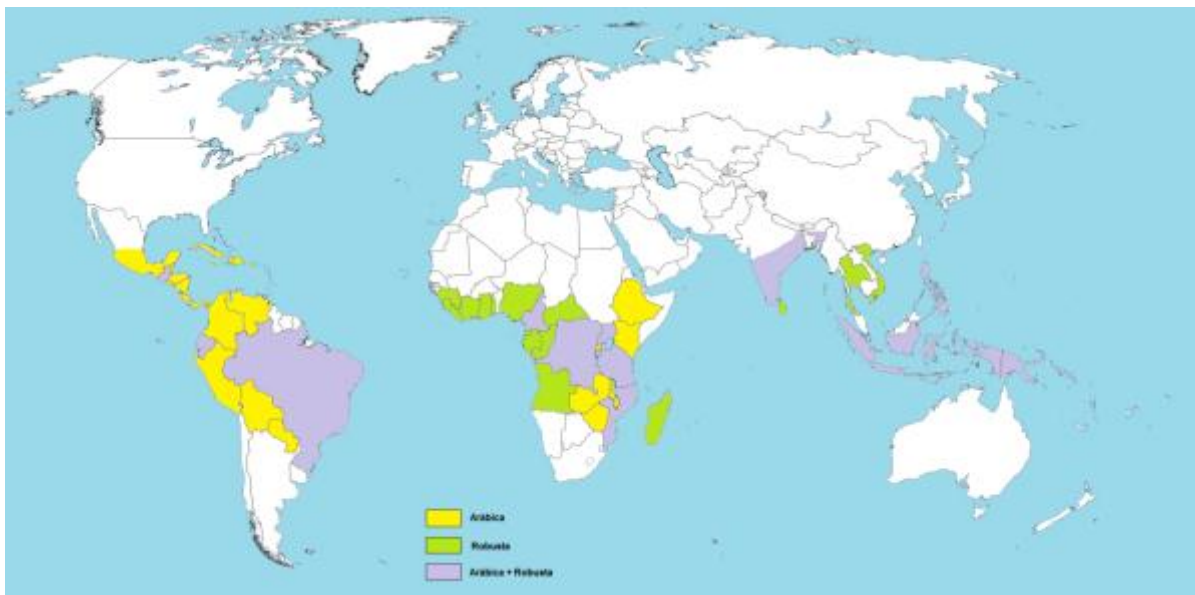


Figura 3. Países productores clasificados por tipo de café producido. [CDC11b]

c) Beneficiado del café.

Existen dos métodos para procesar el café; el beneficiado seco y el beneficiado húmedo. Cuando se termina esta etapa, y el grano de café todavía está sin tostar, tenemos un producto llamado café verde que es que suele comercializarse al por mayor. [ICO11b][ALV94]

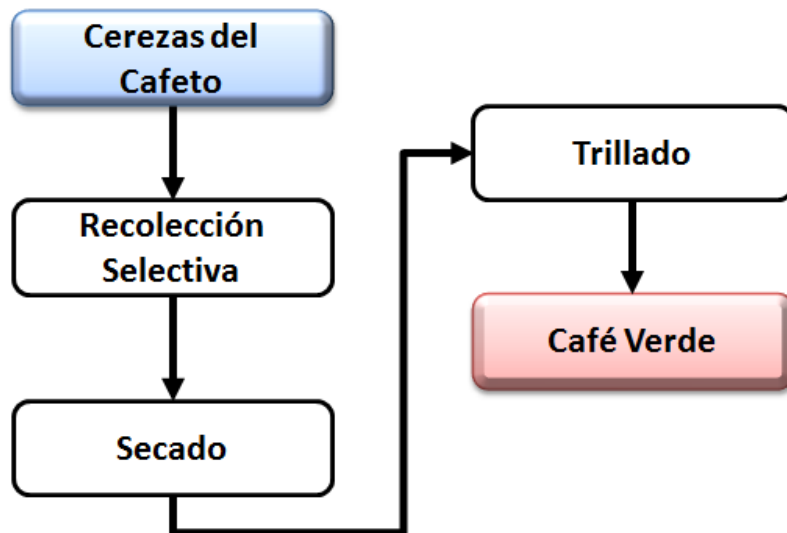


Figura 4. Diagrama de flujo del beneficio por vía seca del café. [FIG16]

El beneficiado húmedo es el método que permite obtener los llamados cafés suaves. Requiere el uso de maquinaria especializada y cantidades considerables de agua.

Con este método se consigue que el café verde sea más homogéneo y tenga pocos granos defectuosos. De ahí que el café que se beneficia con este método se considere en general de mejor calidad y alcance precios más altos. [ICO11b][ALV94]

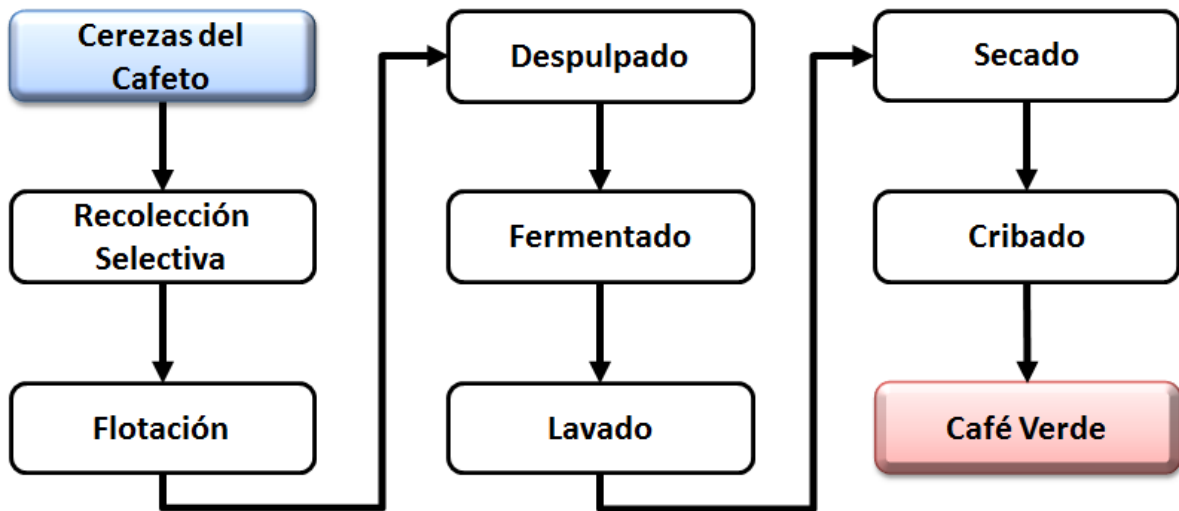


Figura 5. Diagrama de flujo del beneficio por vía húmeda del café. [COF11]

El método de vía húmeda se usa en general para las variedades arábicas, a excepción de Brasil, y se usa rara vez para la variedad robusta. [ALV94]

Terminado el proceso de beneficiado, se seleccionan los granos verdes y se clasifican, en función de varios criterios, predominando el tamaño y densidad. A partir de aquí el café verde se exporta a los países compradores, normalmente en sacos de 60 kg, medida estándar implantada por la ICO, conocidos popularmente como costales. [ICO12a]

d) Tostado.

El grano de café verde no tiene ni olor ni sabor y es de color marrón oscuro. El aroma y el sabor del café se crean al someter al café verde a una tostación.

Los granos de café verde se calientan entre 8 y 15 minutos a una temperatura de entre 180 °C y 240 °C, según el grado de tueste requerido. En el proceso de tueste, el grano pierde humedad. Al tostarlo tiene lugar una reacción química mediante la cual el almidón se convierte en azúcar. Las enzimas generadas por la reacción van descomponiendo las proteínas y alterando la estructura celular del grano. El proceso de tostación provoca que se desprenda el aceite del café, llamado también cafeol, que es la esencia del café, y quien genera las propiedades organolépticas del café. Las propiedades organolépticas son

aquellas que se pueden captar por los sentidos, que en el caso del café son el aroma, el sabor, la acidez y el cuerpo. [CDC11a] [ICO11c]

Este proceso de tostado se le conoce con el nombre de tueste natural.

El proceso de tueste provoca que el grano pierda humedad, aumentando el volumen y cambiando de color. Se desprenden compuestos aromáticos volátiles, responsables del olor tan característico del café. El enfriamiento debe ser rápido y a ser posible al igual que el tueste por aireación, con lo cual se garantiza un tostado más uniforme. [FEC11f]

La elección del tueste más o menos intenso está en función de varios factores, como la variedad, la calidad de grano, el origen y de la forma en que va a preparar la infusión. Si se va a realizar con cafetera de filtro es conveniente un tueste ligero, mientras que para una cafetera tipo *espresso* el tueste debe ser más intenso. [FEC11f]

Según la normativa europea se considerará tueste natural al café que contenga un mínimo de 0,7 % de cafeína, un máximo de 5 % de humedad, un máximo de 6 % de cenizas y un máximo del 5 % de granos carbonizados. [RDE01]

En la península ibérica hay un proceso de tueste especial llamado torrefacción. El café torrefacto se diferencia del café natural en que, a la hora del tueste, se introduce en la tostadora azúcar que, por efecto del calor, carameliza y envuelve el grano. Se obtienen unos granos brillantes, de color más oscuro, casi negro y un café más fuerte de sabor. Este tipo de café no tiene un consumo muy alto, apenas el 1,35 % del café consumido en España, pero se emplea mucho en mezcla con café de tueste natural. [MAG11]

Según la normativa europea se considerará tueste torrefactado al café tostado con adición de sacarosa o glucosa anhidra, en proporción máxima del 15 % en peso, que contenga un mínimo de 0,6 % de cafeína, un máximo de 5 % de humedad, un máximo de 5,5 % de cenizas y un máximo del 5 % de granos carbonizados. [RDE01]

e) Cafeína. Café descafeinado.

La cafeína es un alcaloide, con propiedades cardiotónicas, que se obtiene de las semillas y de las hojas del café, del té y de otros vegetales. [RAE01]

Su fórmula según la nomenclatura IUPAC es 1, 3, 7-trimetil-1H-purina-2,6(3H, 7H)-diona, también conocida como metilteobromina, trimetilxantina o 1, 3, 7-trimetilxantina. [IUP11]

El café descafeinado es el café natural al que se le elimina un alcaloide fundamental: la cafeína. En España el porcentaje máximo de cafeína que puede llevar el café descafeinado es del 0,12 %, como indica el artículo 4 del R.D. 1231/1988. [RDE01]

Existen cuatro métodos para descafeinar el café, que siguen un mismo procedimiento y que sólo se diferencian en los agentes descafeinantes utilizados. Dichos agentes pueden ser agua, algunos disolventes orgánicos y algunos disolventes clorados. El procedimiento es similar para todos los métodos. [ICO11d] [ISI11]

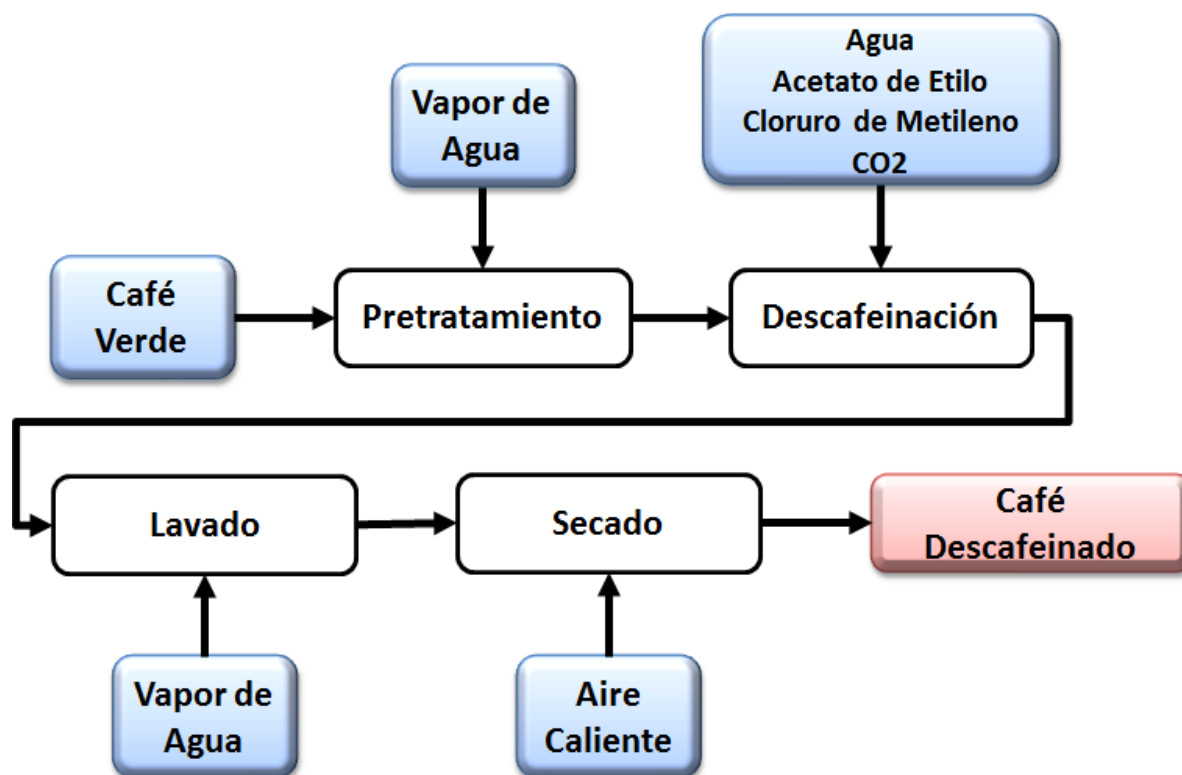


Figura 6. Diagrama de flujo del proceso de descafeinación. [ICO12c]

El proceso de descafeinación apenas altera las propiedades organolépticas del café, por lo que en cuanto a la calidad, la infusión resultante debe ser similar al café sin descafeinar. La normativa europea especifica que los parámetros de calidad del café descafeinado deben ser los mismos que los del café sin descafeinar. [RDE01]

La mayor diferencia en el contenido de cafeína que tiene la infusión final está en el modo de preparación de la misma, como puede verse en la Tabla 4:

Producto	Contenido de Cafeína (mg/l)
Café (Italiano)	386-652
Café (Filtro)	555-845
Café Espresso	1.691-2.254
Café Descafeinado	24-72
Té Verde	282
Té Negro	169
Coca Cola	96
Red Bull	320

Tabla 4. Contenidos medios de cafeína en distintas sustancias. [CSP12]

f) Preparación de la infusión. Cafeteras.

La calidad del café depende de muchísimos factores, que incluyen no sólo la especie y variedad cultivada sino el lugar del cultivo, el beneficio, el tueste y por supuesto, la forma de preparación de la infusión.

Las distintas formas de preparar café vienen condicionadas por el tipo de cafetera que se emplea. Existen numerosas cafeteras en el mercado, pero las más comunes según la clasificación de la FEC, son:

- 1) **Cafetera de filtro:** Consta de dos cuerpos; en el superior hay un filtro, normalmente de papel, donde se coloca el café molido. Luego se vierte agua caliente generándose la infusión, que cae al recipiente inferior. Es ideal para cafés con tostado suave, de color claro y molido medio. Se necesita entre 8-10 g/taza. Este sistema proporciona un café muy suave y ligero. [FEC11g]
- 2) **Cafetera moka, de rosca o italiana:** La cafetera consta de dos cuerpos metálicos que se enroscan en la parte central, donde se sitúa el café molido y el filtro. En la zona inferior, el agua hierve y se transforma en vapor que pasa a través del café contenido en el filtro. Dicho vapor arrastra toda la sustancia del café, y se depositará ya convertido en bebida de café en la parte superior. Requiere café tostado mediano a oscuro y molido medio, con carga de entre 7-10 g/taza. Ofrece un café consistente y aromático. [FEC11g]

- 3) **Cafetera espresso:** La infusión se extrae a gran velocidad (20-30 s.), altas temperaturas (96-98 °C) y altas presiones (8-10 atm). Es un invento italiano del siglo XIX; y su inventor fue *Angelo Moriondo* en 1.884 (Patente Nº: 33/256, 16 de mayo de 1.884). Ha contribuido de forma muy importante a la difusión del café. Su funcionamiento consiste en calentar el agua y comprimirla dentro de una caldera. Entonces se abre la válvula que permite pasar durante unos 20 s. el vapor de agua por el filtro, que contiene el café. Después, por gravedad la infusión ya condensada cae en la taza situada justo debajo. Requiere un café molido muy fino y bien compactado. Se necesitan unos 7 g/taza, pero la dosis depende del modelo de cafetera y del barista. La infusión resultante es de color oscuro, muy aromático, denso y con una uniforme capa de crema (o espuma) color avellana en la parte superior. [FEC11g]
- 4) **Cafetera monodosis o de cápsulas:** Se trata de una adaptación de las cafeteras *espresso*, en las que se suprime el filtro donde se carga el café por una cápsula individual, que hace las veces de filtro. Esta cápsula es monodosis, una vez usada se reemplaza por otra. Hay diversos modelos pero su funcionamiento es similar. La diferencia entre unos modelos y otros se basa en la temperatura y la presión a la que se prepara la infusión. Para prepararla, se introduce la cápsula en el orificio, se pulsa el botón y el café se obtiene automáticamente. Como la cafetera *espresso*, calienta y comprime el agua, abriéndose una válvula que permite el paso del agua vaporizada por la cápsula durante unos 20 s. Requiere un café molido muy fino y bien compactado, normalmente de calidad alta, pero la dosificación media es menor que en las cafeteras *espresso*, 6 g/taza aunque depende del sistema de la cafetera. La infusión resultante es muy aromática, densa y presenta una capa de espuma característica en la parte superior. [FEC11g]



Figura 7. Cafetera de cápsulas monodosis. [TAY12]

g) Características nutricionales del café.

El café suele ser consumido por su sabor, pero también presenta algunos los efectos fisiológicos en los consumidores. El café contiene varios oligoelementos, vitaminas y lípidos, pero no contiene ni hidratos de carbono ni azúcares de manera natural. La sustancia más significativa que se encuentra en el café, y que es la principal responsable de los efectos fisiológicos, es la cafeína. [USD11]

A nivel energético, la cantidad de calorías es prácticamente despreciable, unas 2 kcal por taza. [USD11]

Componente	Unidad	Valor para 100 g.
Agua	g	97,80
Energía	kcal	2,00
Proteínas	g	0,12
Lípidos	g	0,18
Carbohidratos	g	0,00
Fibra	g	0,00
Azúcar	g	0,00

Tabla 5. Características nutricionales del café espresso. [USD11]

La cantidad de carbohidratos o azúcares, que antes de tostar el café supone un 50 % de la materia en seco, disminuye tras el tostado y no llega a aportar energía. Sin embargo, sí que una pequeña cantidad actuará como fibra dietética, que no es absorbida en el intestino, pero que si llega al colon y es usada por las bacterias intestinales. [CAP10]

El tostado del café produce una reacción química denominada reacción de *Maillard*, también conocida como pardeamiento no enzimático, responsable del color y de los sabores del café. Como consecuencia de esta reacción, se originan unos pigmentos oscuros que se denominan melanoidinas, responsables en parte de las propiedades organolépticas. [CAP10]

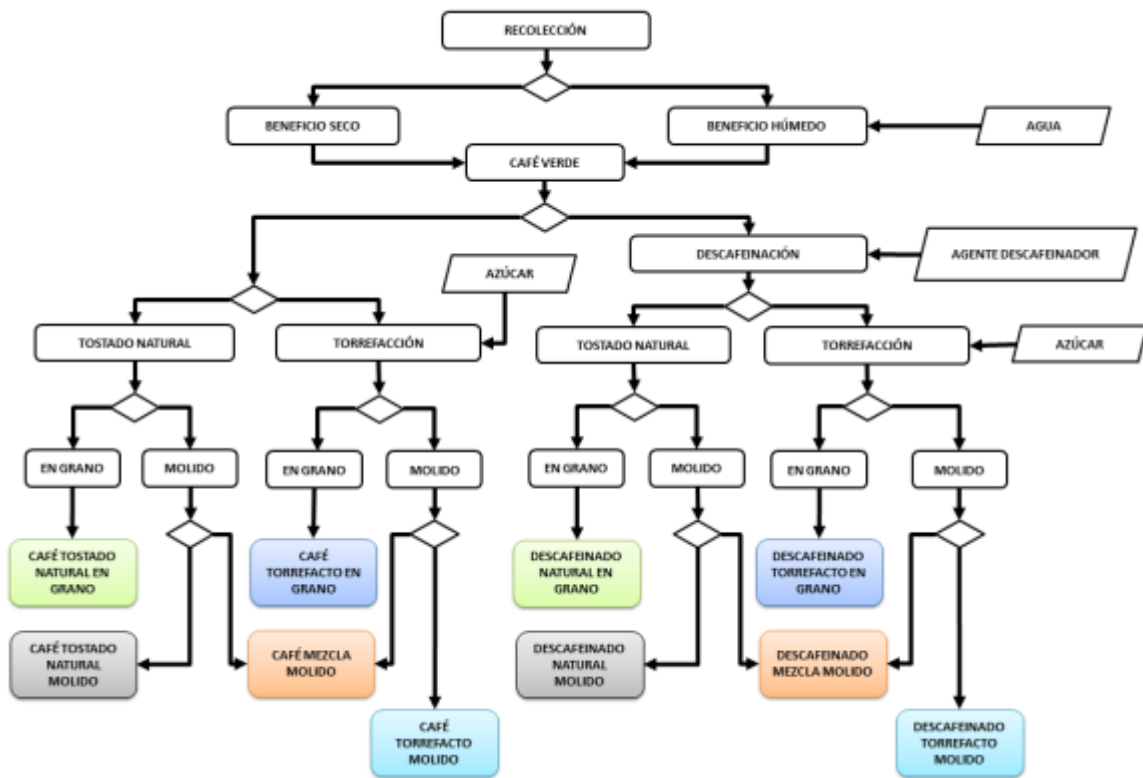


Figura 8. Proceso de elaboración del café comercial. [CBI10]

2.2.3 El Té.

a) El árbol de Té.

La planta de té (*Camellia Sinensis*) es la especie cuyas hojas y brotes se utilizan para elaborar té. El nombre científico es *Thea Sinensis*, siendo un arbusto, que pertenece a la familia de las ternstroemiáceas (teáceas). En estado silvestre, el Té es un arbusto perenne, que habitualmente alcanza unos 4 m de altura, pudiendo algunas especies superar los 10 m. La planta produce hojas alternas, persistentes, finamente dentadas y coriáceas, de color verde oscuro brillante en su haz, siendo mates verdes más claras por el envés. Las flores son pequeñas y de color blanco. [ITI11]

Su origen es asiático, del sudeste de China e Indochina. Se desarrolla mejor en zonas cálidas y húmedas, con temperaturas medias de 20 °C, si bien. La pluviometría ideal es unos 2.500 mm anuales y la altitud más frecuente oscila entre 300 a 2.000 m. [ITI11]

b) Variedades.

Existen cuatro tipos principales de té; el blanco, el verde, el rojo y el negro. Dentro de estos cuatro tipos existen múltiples variedades, que suman aproximadamente unas 3.000 variedades distintas.

c) Cultivo, tratamiento y envasado del té.

Los árboles de té cultivados en plantaciones similares a un jardín, en hileras separadas 1,5 m entre sí para facilitar la cosecha. Los árboles se mantienen en una altura media de 1,5 m, con el fin de facilitar la recolección de las hojas. [UTK11]

La insolación es el factor principal que influye en la generación de los aceites esenciales, y por tanto en la calidad de la infusión. La luz solar no debe incidir directamente sobre las hojas. Esta la razón por la que en algunas plantaciones se colocan grandes árboles, que difuminan los rayos del sol. [UTK11]

Normalmente a partir del quinto año de crecimiento, se puede comenzar la cosecha del té. Esta operación consiste en una poda selectiva de las ramas más jóvenes, repetida en ciclos semanales o quincenales, en función del crecimiento y de las características climáticas de la zona. [UTK11]

La producción media es de unos $450 \frac{kg}{ha}$, pero pueden llegar a conseguirse hasta $680 \frac{kg}{ha}$. [BRI11]

El procesamiento del té es más simple que el del café. Implica diferentes maneras de oxidar las hojas deteniendo este proceso natural en el momento oportuno. En las cuatro clases de tés comerciales se produce una fase de laminación y otra de secado.

El sabor final del té queda determinado por el tipo de arbusto, el método de cosecha, la calidad de las yemas, y la forma del procesamiento.

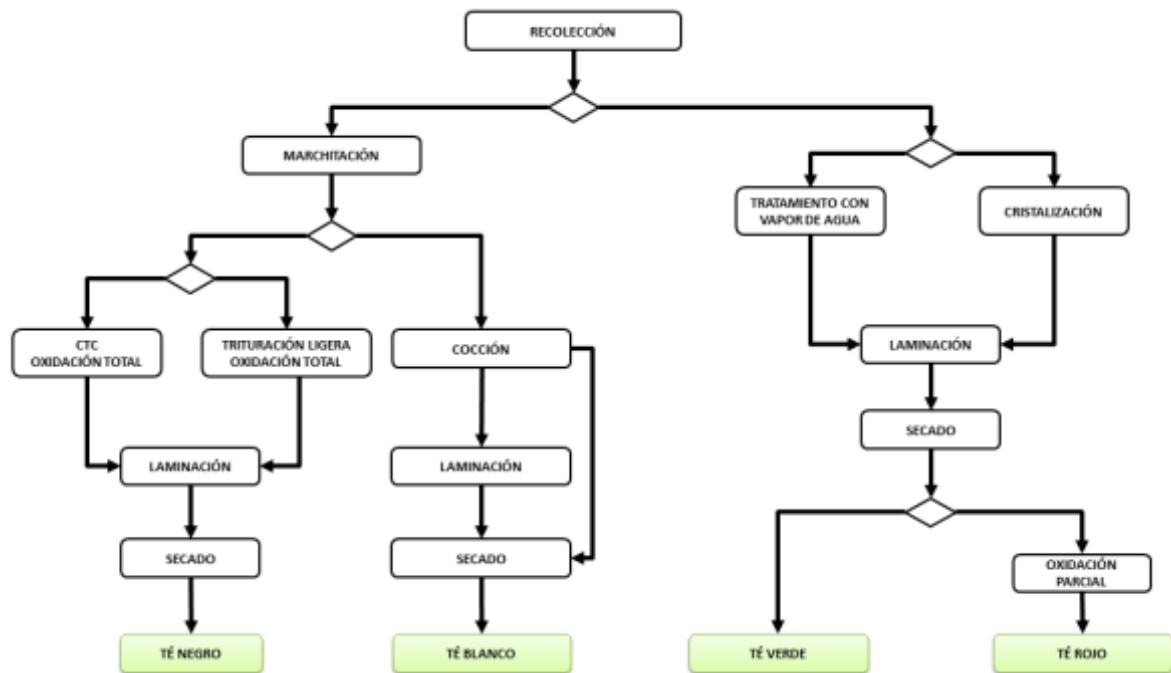


Figura 9. Proceso de elaboración del té comercial. [UKT12]

El envasado se realiza mediante tolvas de dosificación. Existen dos envases comunes para el té, la caja y la bolsa, pero estas últimas ocupan más de un 90 % del consumo de té en la actualidad. Las bolsas de té fueron inventadas por Thomas Sullivan en 1.908, pero la que actualmente se comercializa fabricada en papel fue patentada en 1.930 por la *Technical Papers Corporation*. [ABC11] [TEL08]

d) Características nutricionales del té.

El té suele ser consumido por su sabor, pero también presenta algunos los efectos fisiológicos en los consumidores. El té contiene varios oligoelementos (principalmente potasio), vitaminas y carbohidratos y cantidades ínfimas de lípidos y azúcares de manera natural. La sustancia más significativa que se encuentra en el té, y que es la principal responsable de los efectos fisiológicos, es la cafeína, aunque el contenido es inferior, por regla general al del café. [USD11]

A nivel energético, la cantidad de calorías es prácticamente despreciable, aproximadamente 1 kcal por taza. [USD11]

Componente	Unidad	Valor para 100 g
Agua	g	99,70
Energía	kcal	1,00
Proteínas	g	0,00
Lípidos	g	0,00
Cenizas	g	0,00
Carbohidratos	g	0,30
Fibra	g	0,00
Potasio	mg	21,00

Tabla 6. Características nutricionales del té negro. [USD11]

2.3 El mercado del café y del té.

2.3.1 Mercado mundial del café.

a) Marco general y estructura del mercado.

El mercado del café ha sido tradicionalmente cíclico en cuanto a precios y producciones. Existen diversos factores que influyen en el mercado del café, pero los que mayor significación tienen son los descensos de la demanda de consumo en los países importadores, las variaciones de la producción interanuales y las condiciones meteorológicas. [ECF11]

Una característica importante del mercado del café es la movilidad del producto. Esto se debe a que la producción se centra en los países tropicales, que poseen los climas óptimos para el cultivo del cafeto, mientras que el procesado del café verde y el consumo de la infusión son tradicionales de países europeos, Estados Unidos, etc.

Este transporte provoca un coste añadido al precio final del café, además de ser otro factor que puede afectar a las curvas de oferta y demanda dependiendo de la disponibilidad del transporte, el precio de los combustibles, la meteorología, etc.

La estructura del mercado se compone por tanto de una etapa en el país productor y otra etapa importador. Las interacciones de esta estructura pueden verse en la Figura 10.

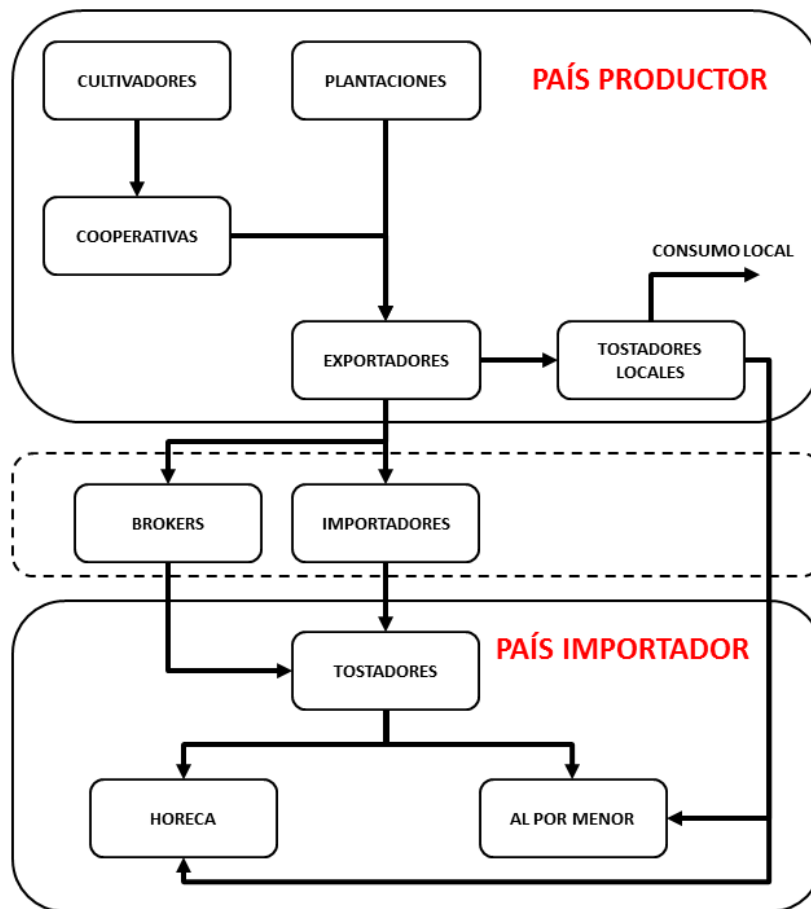


Figura 10. Estructura del mercado mundial del café. [CBI10]

b) Producción.

La producción de café ha seguido una línea ascendente durante la primera década del siglo XXI, siendo la producción media anual de $100.441 \frac{t}{año}$. [ICO12a] [FAO11]

En cuanto a las variedades tanto la robusta como la arábica incrementaron su producción, pero el peso relativo de la robusta se ha incrementado en los últimos años, como puede verse en la Figura 11. [ITR11]

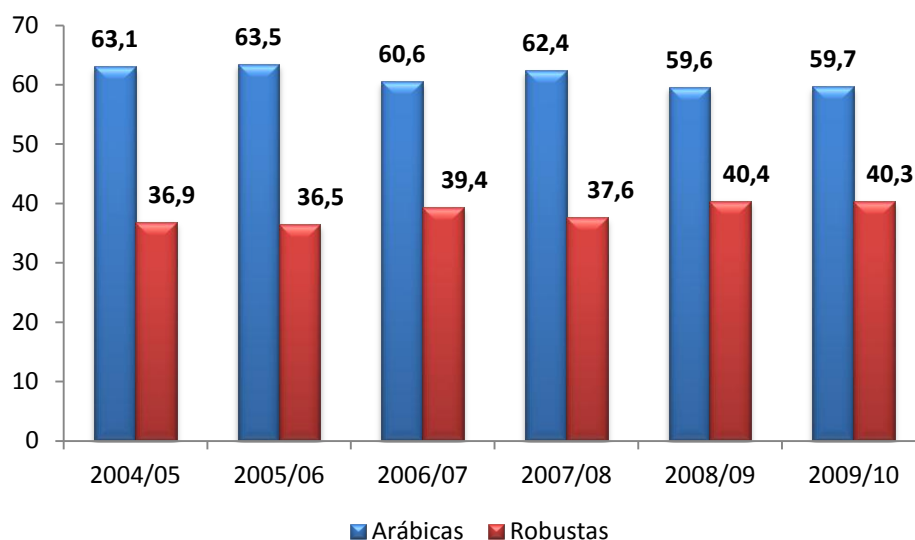


Figura 11. Porcentaje producido de cada variedad de café. [ICO12a]

Los 10 primeros productores mundiales en esta década han sido:

	<i>País Productor</i>	<i>Producción Media Anual (t)</i>
1	<i>Brasil</i>	<i>2.399.581</i>
2	<i>Vietnam</i>	<i>953.395</i>
3	<i>Colombia</i>	<i>696.091</i>
4	<i>Indonesia</i>	<i>683.614</i>
5	<i>México</i>	<i>285.348</i>
6	<i>India</i>	<i>279.917</i>
7	<i>Guatemala</i>	<i>247.333</i>
8	<i>Etiopía</i>	<i>237.890</i>
9	<i>Perú</i>	<i>231.324</i>
10	<i>Honduras</i>	<i>195.523</i>

Tabla 7. Producción media anual según la ICO. [FAO11]

Los datos correspondientes al año cafetero 11-12 están de acuerdo con la teoría cíclica del mercado, ya que muestran un descenso del 2,3 % respecto al año 10-11. Este descenso fue debido a la rotación de los cultivos, con baja producción en Brasil. Se prevé un aumento del 16 % en Brasil, lo que debería tender a hacer bajar los precios hasta alcanzar un equilibrio. [ICO12c]

c) Precios.

Al igual que la producción, los precios del café verde en el mercado han seguido una tendencia cíclica, pero ésta parece haberse atenuado desde el 2.001, momento a partir del

cual el precio del café comenzó a aumentar gradualmente hasta alcanzar en Abril de 2.011 su máximo histórico, $5,10 \frac{\$}{kg}$. [ICO12]

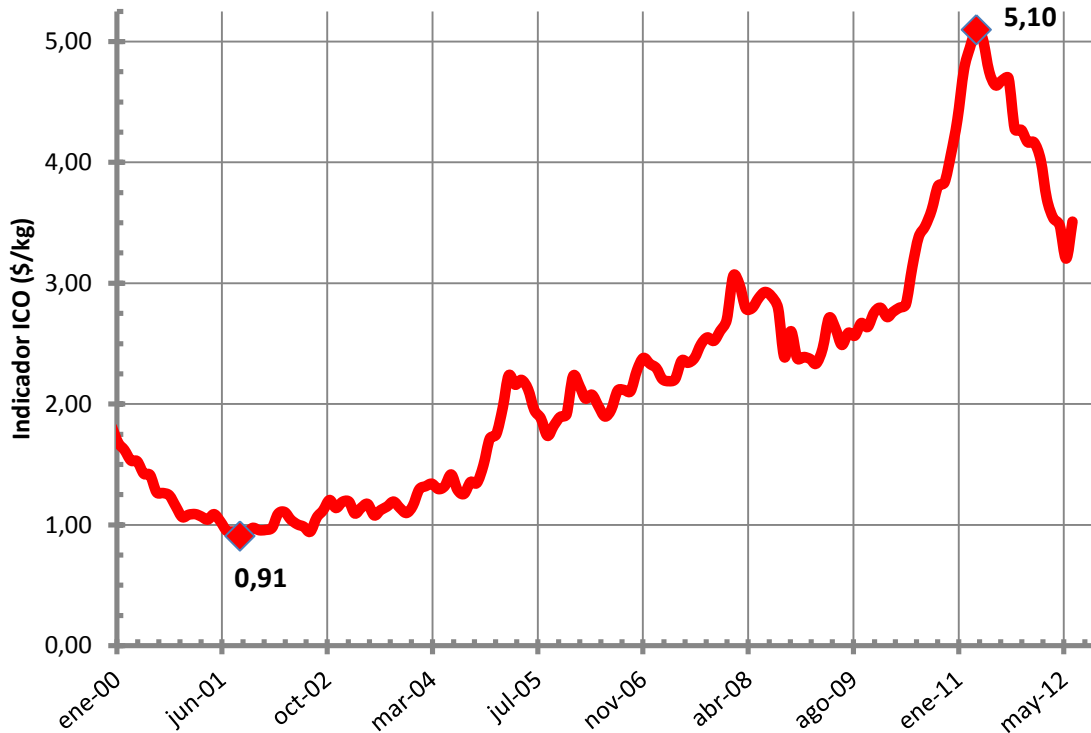


Figura 12. Evolución histórica del precio del café verde. [ICO12b]

Tras ese máximo los precios del café comenzaron a bajar hasta alcanzar valores en torno a los $3,50 \frac{\$}{kg}$, como se puede ver en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Según esta teoría de ciclos, se debería alcanzar una estabilidad de precios a medida que las plantaciones cierran las cosechas de 2.012 y la oferta baje hasta equilibrarse con la demanda y comenzar de nuevo el ciclo.

Precios Promedios Mensuales (\$/kg)	
Mes	Indicador ICO
Enero	4,16
Febrero	4,02
Marzo	3,70
Abril	3,54
Mayo	3,48
Junio	3,20
Julio	3,51

Tabla 8. Evolución de los precios en el año 2.012. [ICO12b]

El proceso de caída de precios iniciado con el máximo histórico de abril de 2.011 se detuvo en julio de 2.012. Tras 13 meses consecutivos de bajada, hasta un 37 % de descenso, en julio de 2.012 el precio volvió a crecer. Este crecimiento puede deberse sobre todo a la preocupación por la cosecha de arábicas de Brasil, debido a fuertes lluvias en la zona durante el mes. Este dato demuestra la volatilidad de los precios como consecuencia de los factores meteorológicos. [ICO12b]

En cuanto al precio de venta al por menor, hay que tener en cuenta la influencia del precio del café verde en el precio de venta al público. La tendencia de los precios al por menor es a seguir las alzas del precio del café verde con un retraso medio de 5 meses y las bajadas con un retraso de 8 meses. Los aumentos de precio del café verde no son asumidos al 100 % por los tostadores locales y/o los productores, sino que hay una tendencia general a seguir las variaciones del precio del café verde en función de los stocks disponibles, demorando más las bajadas para maximizar el beneficio. [DEL08] [ECF11]

La muestra el precio al por menor de los principales países consumidores de café junto a los valores del precio compuesto de la ICO, de venta al por mayor. En ella puede verse que el alza en los precios del café verde se corresponde con un alza, en mayor o menor medida según el país, de los precios de venta al por menor. La diferencia existente entre el precio compuesto y los precios de cada país son los gastos de procesamiento y comercialización que presenta cada nación. [DEL08] [ECF11]

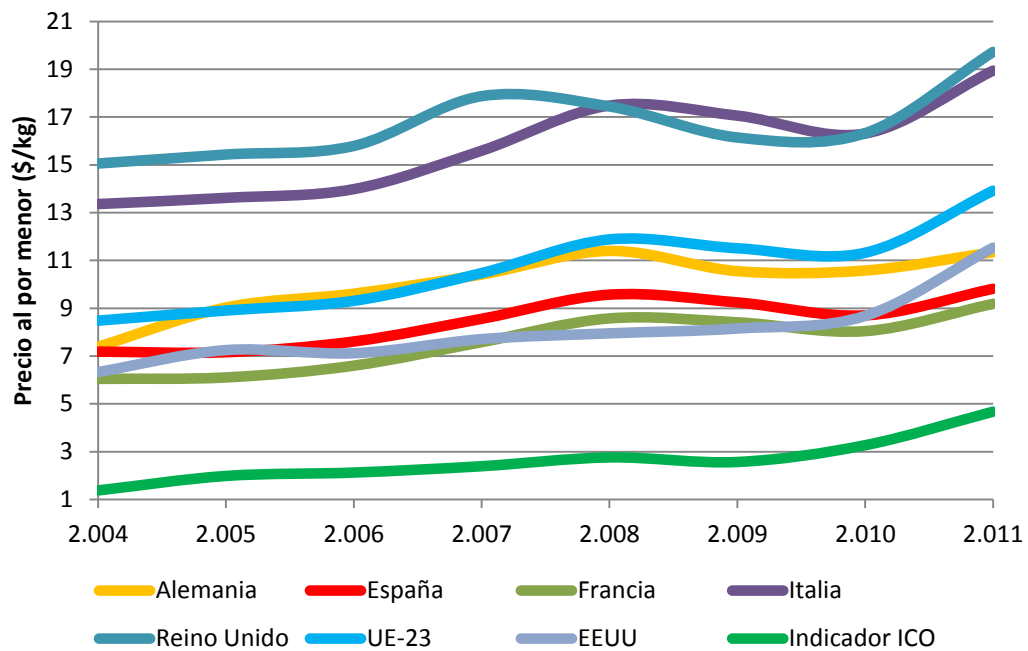


Figura 13. Precios al por menor en los principales países consumidores y el indicador ICO al por mayor. [ICO12c]

d) Consumo.

Así como la producción de café está sujeta a la meteorología y al manejo de los stocks, el consumo es mucho menos volátil y se ha mantenido en un crecimiento constante, teniendo un crecimiento cercano al 2 % anual. [ECF11]

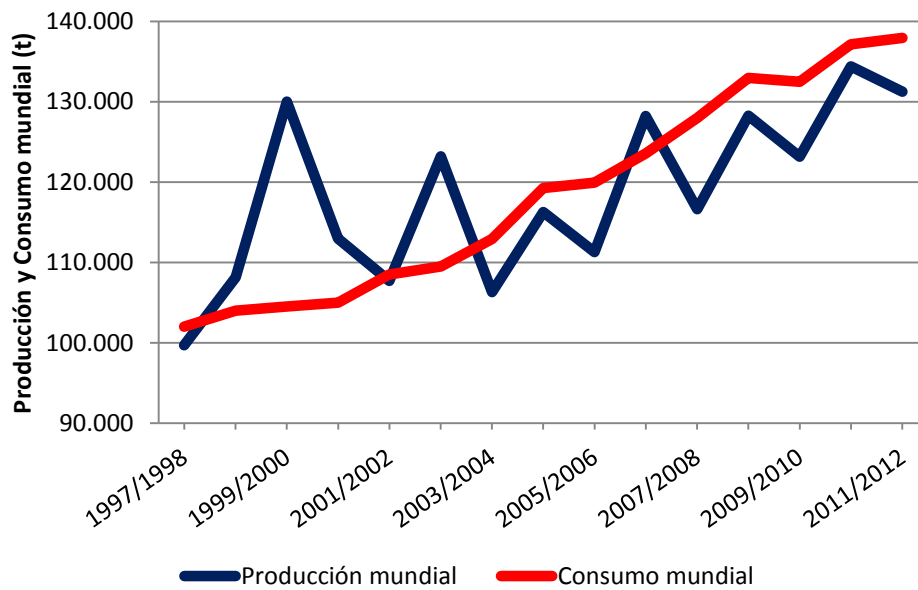


Figura 14. Gráfica de consumo frente a la producción. [ICO12c]

La crisis económica actual no parece afectar en gran medida al consumo a nivel mundial, que aumentó desde los 133 millones de costales en 2.008 hasta los 138 en 2.011 según los cálculos de la ICO. Sin embargo, este aumento del consumo mundial no está repartido equilibradamente. Los países con economías emergentes han experimentado un crecimiento notable durante estos años, mientras que los importadores han sufrido un comportamiento mucho más errático, aumentando levemente su demanda. Esta tendencia parece advertir que el crecimiento del consumo de los países importadores crecerá a un ritmo menor que el de los exportadores. [ICO12c]

	2008	2009	2010	2011	Incremento 2010-2011 (%)
Países exportadores	37.943	39.798	41.040	42.412	3,3
Países importadores	95.012	92.664	96.091	95.536	-0,6
Total mundial	132.955	132.462	137.131	137.948	0,6

Tabla 9. Consumo de café verde desde 2.008 a 2.011. [ICO12c]

2.3.2 Mercado español del café.

a) Marco general y estructura del mercado.

La UE es el principal consumidor de café del mundo. Del consumo europeo, sólo entre Alemania, Italia y Francia consumen anualmente el 50 % de la producción. En el año 2.005 el mercado de café tuvo un flujo económico de 6,3 billones de €, importando 3,3 millones de toneladas, de las cuales 2,5 se consumieron en la UE y 0,8 se reexportaron como café soluble o preparados, en su gran mayoría. [CBI10]

Entre los miembros de la UE, España ocupa un nivel medio, más bien bajo en importaciones y consumo de café. Este nivel bajo de del consumo parece deberse a factores culturales y económicos, sumado a un clima más cálido que sus países vecinos, que invita a consumir más bebidas frías. Además la crisis económica ha contribuido a la bajada del consumo en restauración, por lo que el diferencial se ha incrementado ligeramente en los últimos años. [ECF11]

La principal característica del mercado español del café es la segmentación. Esta segmentación permite al consumidor escoger entre una gran variedad de mezclas, sabores,

envasados, etc. Las estadísticas oficiales del MAGRAMA dividen en 6 categorías los tipos de café comercializados en España. A saber:

- 1) Natural.
- 2) Torrefacto.
- 3) Mezcla.
- 4) Descafeinado.
- 5) Soluble.
- 6) Sucedáneos de café.

Existen dos tipos más que se pueden encontrar en el mercado español, los cafés ya preparados listos para tomar, como es el *Caffè Latte* de la marca *Kaiku*, y los envases monodosis, como *Nespresso* o *Nescafé Dolce Gusto*, que no están reflejados directamente en las estadísticas, sino que se incluyen en las clases Natural, Mezcla o Descafeinado según proceda. [MAG11]

La clasificación por lugar de consumo suele hacerse en tres categorías:

- 1) Doméstico.
- 2) HORECA, es decir restauración y hostelería fuera del hogar.
- 3) Vending, o sea máquinas automáticas.

En la base de datos del MAGRAMA esta tercera categoría está directamente incluida en la categoría HORECA. [MAG11]

Los números más significativos del mercado español del café son:

- **Producción café verde:** $0 \frac{kg}{año}$ [MAG11]
- **Importaciones de café verde:** Varían ligeramente según la fuente consultada, pero están en torno a las $2,55 \cdot 10^3 \frac{t}{año}$. [ICO12c]
[FAO11]
- **Exportaciones de café tostado:** Supusieron una entrada de $111 \cdot 10^6$ €, [ITR11]

- **Precio medio del kilogramo de café en el mercado minorista:** Fue de $10,76 \frac{\text{€}}{\text{kg}}$ en total y $10,20 \frac{\text{€}}{\text{kg}}$ en venta en supermercados. [MAG11]
- **Consumo de café tostado:** 72,6 millones de t, de las cuales casi 38 corresponde al sector HORECA y 34,7 al sector doméstico. [MAG11]

Como resumen se puede indicar que un español medio consumirá casi las mismas tazas de café en su casa como en la hostelería, unas dos al día. En la hostelería el café se preparará con molido en el comercio, normalmente con leche, del tipo mezcla, más natural que torrefacto, de mezcla de variedades, más robusta que arábica, mientras que en el hogar el café preferido es el molido, permaneciendo iguales las demás características.

b) Producción.

Debido al clima poco apropiado para el cultivo del cafeto, España no produce café en su territorio. Sin embargo existe una gran industria tostadora que importa los granos de café verde desde los países productores y los tuestan en territorio nacional, ya sea su destino final el consumo interno o bien se exporte el café tostado.

c) Importaciones de café verde.

El comportamiento de la balanza comercial del café en España ha sido muy regular manteniendo un equilibrio como puede verse en la Figura 15.

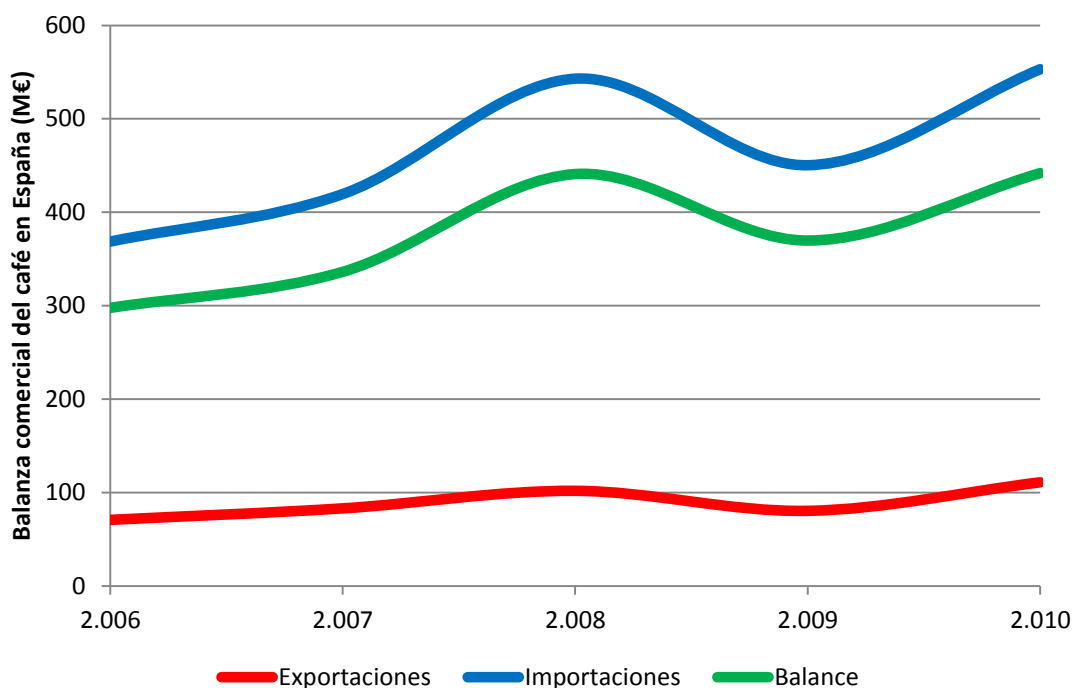


Figura 15. Balanza comercial Importaciones-exportaciones en el periodo 2006-2010. [ITR11]

A pesar de la crisis económica en el año 2010 las importaciones de café verde superaron a las del 2008, y las exportaciones de café procesado superaron por primera vez en la historia los 110 millones de t, la cifra más alta de la historia. El 80 % de las importaciones de café verde de España entran en España a través del puerto de Barcelona. [ITR11]

En cuanto a la procedencia de las importaciones en la última década Vietnam ha desbancado a Brasil, que llevaba más de 30 años, como el mayor proveedor. En la Figura 16 pueden verse los principales proveedores de café verde en el mercado español. La presencia de Alemania responde al poder mercantil que tiene el puerto de Hamburgo, por donde entra algo más del 30 % de las importaciones europeas. Desde el año 2002 Vietnam es el principal proveedor español, proporcionando café de la variedad robusta en exclusiva. [ICO12c]

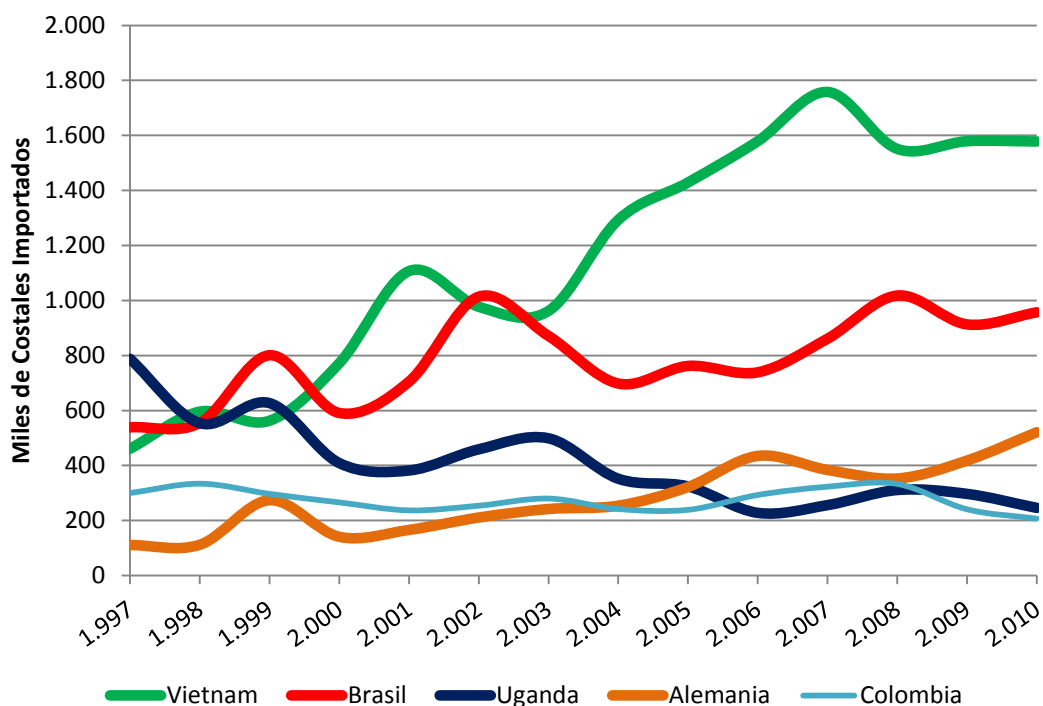


Figura 16. Principales proveedores de café verde en el mercado español. [ICO12c]

En cuanto al peso de las importaciones de café, dentro de las importaciones de productos alimentarios, el café ocupa la duodécima posición. La cantidad del café importado se sitúa en las 243.000 toneladas anuales, aunque después del máximo de 2.007 ha descendido ligeramente. Curiosamente este máximo de importación no corresponde con el máximo de gasto (Figura 15) que correspondió al año 2.008. Los datos de la Tabla 10 indican que la contracción del consumo interno no ha tenido reflejo en la balanza comercial, que lejos de descender ha tenido un ligero crecimiento debido a la incremento de las exportaciones. Las tostadoras españolas combatieron el descenso del consumo abriendo nuevos mercados internacionales. [FAO11]

AÑO	PUESTO	Cantidad (t)	Valor (\$)	Precio Unitario (\$/t)
2.003	13	226.966	228.658.000	1.007,45
2.004	16	225.736	243.560.000	1.078,96
2.005	11	240.818	356.996.000	1.482,43
2.006	12	240.919	417.997.000	1.735,01
2.007	10	258.527	539.600.000	2.087,21
2.008	10	254.136	658.460.000	2.590,97
2.009	11	255.398	550.755.000	2.156,46
Media	12	243.214	428.003.714	1.734,07

Tabla 10. Datos estadísticos sobre la importación de café verde en España. [FAO11]

d) Consumo y precios de venta.

El mercado español está sufriendo una merma en el consumo desde 2.008. Aunque permanece en el entorno de los $4 \frac{kg}{persona \cdot año}$, ha descendido desde los 4,7 de 2.008 a los 4,17 del 2.011. Este nivel de consumo es similar al de 2.005, justo antes de la crisis. Sin embargo el nivel de consumo español es inferior a la mayoría de países del entorno. Presenta un nivel de consumo similar al de Estados Unidos, pero inferior al de Francia, Italia o Alemania. El país importador que presenta un mayor consumo per cápita es Finlandia, que mantiene un consumo medio casi 3 veces mayor que el español. Como puede verse en la Tabla 11 el descenso del consumo ha afectado sobre todo a los países más implicados en la crisis, España e Italia, mientras que los países del norte de Europa, menos afectados por la crisis, el consumo ha subido de 2.010 a 2.011. [ICO12c]

El consumo de café en España entre 1.997 y 2.010 supuso un 2,6 % del consumo mundial, mientras que la población española sólo representó en ese periodo un 0,66 % de la población mundial. Estos datos reflejan que el consumo de café en España es inferior a los países desarrollados de su entorno, salvo la excepción de Gran Bretaña y Estados Unidos. [ICO12c] [TWB12]

País	2.010	2.011	% Cambio 2.010-2.011
Alemania	6,79	6,92	1,80
España	4,28	4,17	-2,60
Finlandia	12,12	12,26	1,20
Francia	5,47	5,71	4,40
Italia	5,77	5,68	-1,60
Reino Unido	3,04	2,84	-6,70
EE.UU.	4,11	4,16	1,20

Tabla 11. Descenso relativo del consumo en algunos países consumidores. [ICO12c]

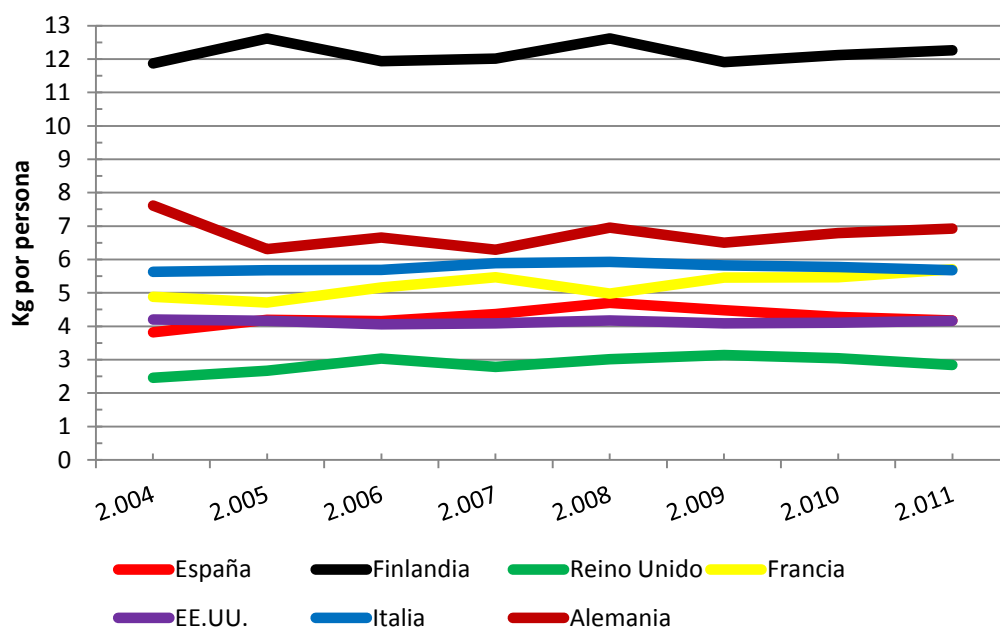


Figura 17. Consumo anual medio en distintos países. [ICO12c]

Este descenso en consumo sin embargo, no está generalizado en todos los sectores de comercialización. Así, en el 2.010 el consumo fuera de casa descendió un 8 % debido a la crisis, unas 60.000 toneladas menos, mientras que el consumo en el hogar aumento un 3,6 %. Concretamente el café torrefacto experimentó una subida del 2,5 % en consumo doméstico, mientras que fuera del hogar su cuota bajó un 7,1 %. Algo similar pasa con los solubles, incrementando su consumo doméstico un 10,5 % y bajando un 11,39 % fuera del hogar. Esta subida de los productos de alimentación parece indicar una tendencia general del mercado hacia dicha forma de comercialización. [ECF11] [ALC12]

En cuanto a valores del año 2.011, el consumo en restauración fue casi igual que el doméstico, como reflejan los datos del MAGRAMA, expresados en Tabla 12. [MAG11]

	Volumen (kg)	Volumen (%)	Valor (€)	Valor (%)	Precio (€/kg)	Consumo per cápita
Horeca	37.933.150	52,23	427.878.310	54,73	11,28	0,82
Hogar	34.692.780	47,77	353.934.260	45,27	10,20	0,75
Total	72.625.930	100,00	781.812.570	100,00	10,76	1,58

Tabla 12. Datos del consumo español en el año 2.011. [MAG11]

En cuanto al tipo de café consumido, en el sector HORECA el más usado es el tipo mezcla (parte natural, parte torrefacto), seguido del café de tueste natural. En la Figura 18 pueden verse los distintos porcentajes de consumo por tipo de café en España. [MAG11]

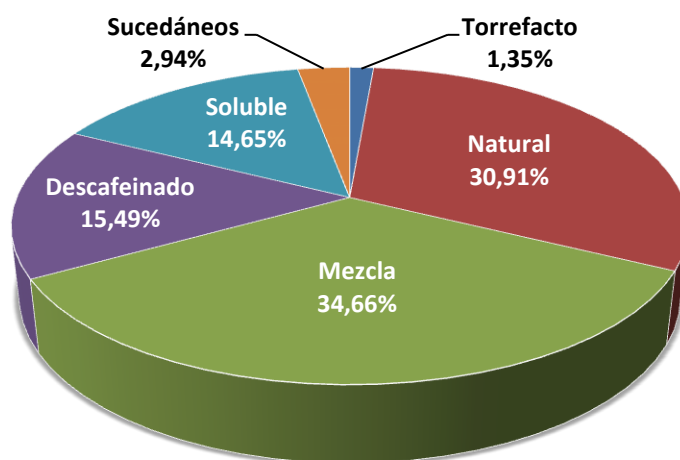


Figura 18. Porcentaje de consumo HORECA de los distintos tipos de café en España en el año 2.011. [MAG11]

Los porcentajes de consumo en la venta minorista en supermercados son similares a los obtenidos en el consumo HORECA. En la Figura 19 puede verse la relación de porcentajes en el consumo doméstico según la base de datos de consumo del MAGRAMA.

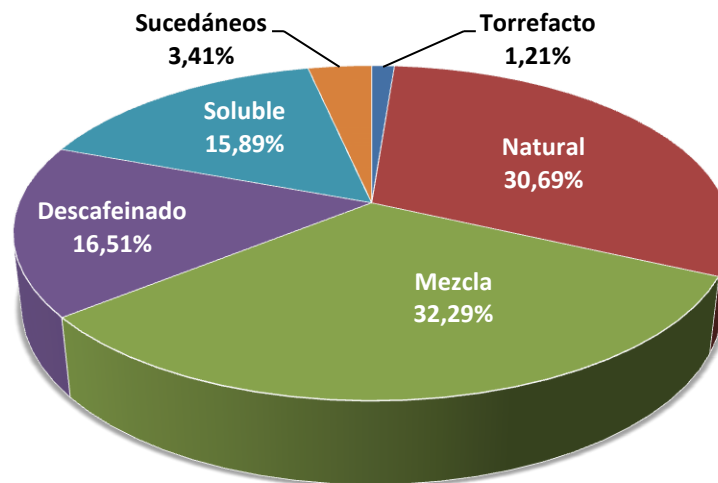


Figura 19. Porcentaje de consumo doméstico de los distintos tipos de café en España en el año 2011. [MAG11]

e) Asturias.

Como sucede en el resto de España la producción de café verde en Asturias es nula, debido al clima. Sin embargo en la región existen cinco empresas tostadoras inscritas en la FEC. Estas empresas son Cafés El Gallego, Cafés El Globo, Cafés Toscaf, Cafés El Águila del Caribe y Fast Eurocafé (Oquendo). [DIC10]

Según los datos del INE el gasto en alimentación de los asturianos en la cesta de la compra fue de $1.576,2 \frac{\text{€}}{\text{año} \cdot \text{cápita}}$, lo que supone un 7,9 % más que la media nacional. De esa cantidad el gasto en café e infusiones representa el 1,2 %, lo que viene a suponer unos $19 \frac{\text{€}}{\text{año} \cdot \text{cápita}}$, lo que supone un 12 % más de gasto que la media nacional. Este mayor consumo de café contrasta con notable menor consumo de otras bebidas como la cerveza (51,7 %) y los refrescos (19,5 %). [MAG11]

2.3.3 Mercado del café en cápsulas.

Los nuevos consumidores valoran además del precio, la calidad del producto y la comodidad de preparación. Las cápsulas han propiciado la entrada del café espresso en el hogar permitiendo que millones de consumidores hayan conocido distintos tipos de cafés y mezclas a las que con el café de supermercado no tenían acceso. Entre las principales ventajas de las cápsulas destacan la comodidad y la calidad, así como la posibilidad de

disfrutar de una taza sin necesidad de preocuparse por la molienda, la conservación o la limpieza de los restos de café molido y empapado.

En el último lustro, el café en cápsulas en España ha triplicado su penetración, superando la barrera de 1,5 millones de consumidores, según un estudio de mercado de la consultora *Kantar Worldpanel*. [FOR11]

En ese mismo estudio se apunta que dentro de cinco años las cápsulas y monodosis representarán un 20 % de las ventas en volumen y hasta la mitad del mercado español del café en valor. [FOR11]

Aunque se hace difícil disponer de datos fiables del mercado del café en cápsulas en España, a causa de la infinidad de formatos y del hermetismo de muchos fabricantes y distribuidores, los pocos que si trascienden confirman que las monodosis han triunfado en España, ya que en valor representan el 16 % del mercado. En el año 2.000 tan sólo un 2 % de hogares españoles disponían de cafetera espresso, mientras que en el 2.010 se estimó que aproximadamente el 35 % disponían de cafetera monodosis. [FOR11]

El sector de las cápsulas de café monodosis creció, en el último lustro, un 95,7% (3,241.4 t) en volumen y un 111,9% (99 millones de €.) en valor, consiguiendo una cuota de mercado del 5,1% en volumen y del 16,5% en valor. [ALC12]

No existen datos oficiales del MAGRAMA ni del INE sobre el consumo de café es España, debido fundamentalmente a que su consumo es relativamente reciente y a que los fabricantes no facilitan sus ventas desglosadas, al no tener obligación legal de hacerlo.

Los grandes productores de cápsulas fabrican casi en exclusiva fuera de España, salvo Nestlé que produce cápsulas de su sistema Dolce Gusto en Gerona, y distribuyen por todo el mundo. Por otro lado, la creciente demanda ha propiciado que las grandes compañías tostadoras de café dispongan ya de algún sistema propio de encápsulado, (*Nestlé, Tassimo, Senseo*, etc.). En España quince tostadores comercializan cápsulas propias y/o compatibles con algún sistema monodosis. [DIC10] [FOR11]

Las cápsulas de café han revolucionado también el sector del pequeño electrodoméstico. Durante el año 2.010, según datos de un estudio de la consultora GFK, las ventas cafeteras creció un 28,7 %, hasta 756.900 unidades, con un valor superior a 90

millones de euros. El 62,8 % del total de ventas en volumen correspondió a las cafeteras para cápsulas. [GFK11]

En concreto, se comercializaron unas 475.000 unidades, un 21 % más que en el año 2.009, lo que supuso un incremento en valor algo más del 8 % hasta los 74,8 millones de euros. Sin embargo, el precio unitario de las cafeteras bajo en torno al 8%, ya que una buena cafetera monodosis costaba unos 300 € hace una década, actualmente se pueden encontrar máquinas por 60 €. Por lo que se refiere las máquinas con el sistema tradicional de espresso (aquéllas que funcionan a presión), su venta cayó el pasado año un 16,5%. [GFK11] [FOR11]

La principal crítica que reciben las cápsulas es su precio, sensiblemente más elevado que el de otras presentaciones. Un kilo de café en grano puesto en el mercado cuesta unos 10 €, el molido presenta un precio similar, en torno a los $10 \frac{\text{€}}{\text{kg}}$, siendo el precio medio del kilogramo de café envasado en cápsulas de unos 50 €. Sin embargo aun siendo elevado el precio, si lo comparamos con el precio en cafetería ($170 \frac{\text{€}}{\text{kg}}$) es relativamente bajo. La diferencia de precios se justifica, según la industria, por la calidad de los cafés utilizados, superior al del café de venta en lineales de supermercados, el factor de la exclusividad, el envase y el marketing. En la se pueden comparar los precios de los principales formatos de venta de café en España.

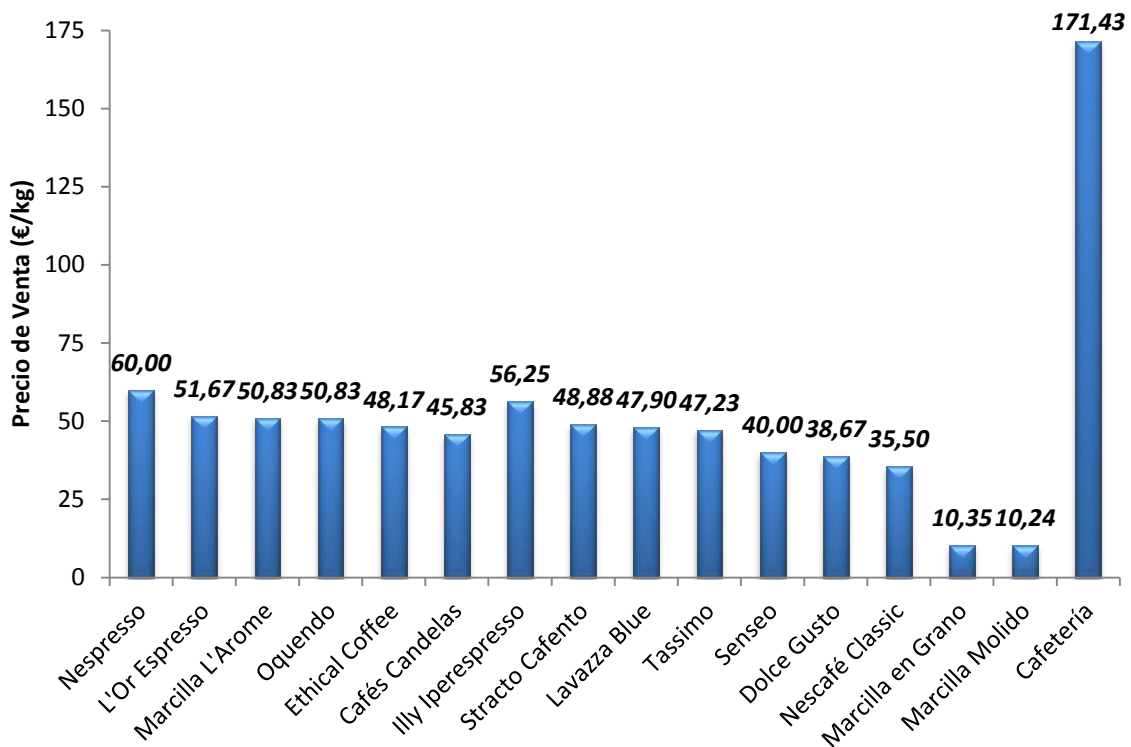


Figura 20. Comparativa de precios de venta de los distintos tipos de café en el mercado español.

2.3.4 El mercado del té.

El mercado del té es muy específico puesto que los países productores son a la vez los mayores consumidores. El consumo interno representa más de la mitad de la producción (56 %) y a veces cerca del 100 %, como es el caso de Japón, donde el 97% de la producción se consume en el interior del país. [CBI10]

En lo referente a la producción por variedad, el té negro (el más consumido en Europa, India y Norteamérica) representa actualmente casi el 80 % de la producción mundial, mientras que el té verde representa algo menos del 18 %; y en cuanto al té rojo y el blanco representan tan sólo un 2 % de la producción mundial. El principal productor de té en los últimos años es China (1,47 Mt en 2.010) seguido bastante lejos de India con un poco menos de 1 millón de toneladas. Los principales productores son países tropicales, siendo la producción en Europa insignificante. [CBI10] [FAO11]

El té es una bebida muy apreciada en los países musulmanes y los países de la Commonwealth británica, que son los principales consumidores. En términos absolutos el mayor importador de té es la Federación de Rusia, que importó unas 172.000 t en 2.010, y

en términos relativos los líderes mundiales son Emiratos Árabes Unidos ($6,24 \frac{kg}{cápita \cdot año}$) y Marruecos ($4,34 \frac{kg}{cápita \cdot año}$). [FAO11] [CBI10]

En caso de la UE, las importaciones están marcadas por las importaciones del Reino Unido, que copa un 32 % de las importaciones totales en valor y el 47 % en volumen. [FAO11]

En cuanto a España cabe destacar que debido a las condiciones climáticas no hay producción agrícola de té, por lo que la demanda nacional tiene que cubrirse con importaciones. [FAO11]

El porcentaje de las importaciones españolas representan el 0,96 % en volumen de la UE y sólo el 1,53 % en valor. Se han comportado de manera muy irregular en la última década, produciéndose un máximo histórico en 2.003 (4.475 t) descendiendo notablemente hasta el 2.006 (2.752 t). La tendencia es cíclica, con máximos y mínimos consecutivos, estabilizándose sobre las $3.200 \frac{t}{año}$, como se puede ver en la Figura 21. [FAO11]

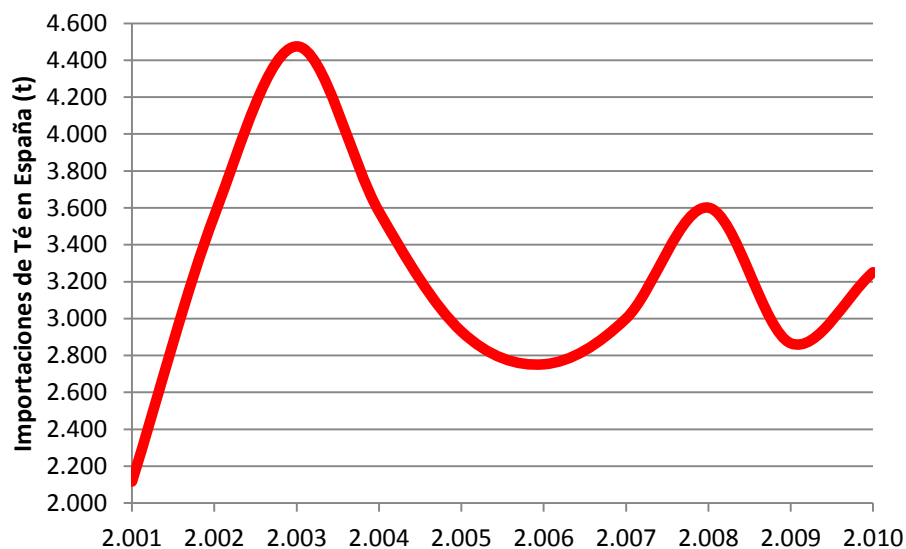


Figura 21. Evolución de las importaciones de té en España. [FAO11]

En el año 2.010 es España se consumieron 824 t de té frente a las 34.692 de café. Agrupando el resto de infusiones y comparándolas contra el café, el resultado sería de 2.906 frente a las 34.692 del café. El consumo de infusiones en España sólo representa el

7,72 % del epígrafe Café e Infusiones de la base de datos de consumo del MAGRAMA.

[MAG11]

Producto	Hogar (t)	Hogar (%)	HORECA (t)	HORECA (%)	Total (t)	Total (%)
Café	34.693	92,27	37.933	92,82	72.626	92,56
Té	825	2,19	770	1,88	1.595	2,03
Otras Infusiones	2.081	5,53	2.164	5,30	4.245	5,41
Total	37.599	100,00	40.867	100,00	78.466	100,00

Tabla 13. Comparativa de los mercados de café, té e infusiones en el mercado español, en volumen. [MAG11]

Producto	Hogar (M€)	Hogar (%)	HORECA (M€)	HORECA (%)	Total (M€)	Total (%)
Café	353,93	83,26	427,88	83,34	781,81	83,30
Té	22,80	5,36	25,44	4,95	48,24	5,14
Otras Infusiones	48,34	11,37	60,11	11,71	108,45	11,56
Total	425,07	100,00	513,43	100,00	938,50	100,00

Tabla 14. Comparativa de los mercados de café, té e infusiones en el mercado español, en valor. [MAG11]

El consumo de té en España es bastante bajo. Según la FAO, España es el país de la UE con un menor consumo de té. La media de la UE se sitúa en $0,48 \frac{kg}{cápita \cdot año}$, mientras que en España el consumo es sólo la décima parte, como refleja la Figura 22. [FAO11]

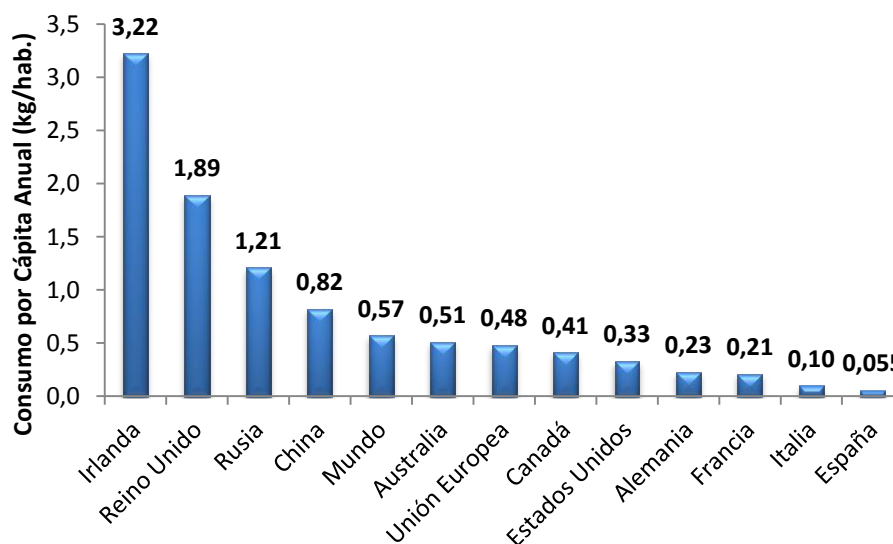


Figura 22. Consumo de té en algunos países. [FAO11]

JUSTIFICACIÓN DE LA TESIS

3. JUSTIFICACIÓN DE LA TESIS.

3.1 Justificación económica.

El mercado internacional del café se encuentra hoy en día caracterizado por un descenso continuo en los niveles de consumo de la mayoría de los países importadores. España, que es uno de los principales países importadores, presenta unos valores de consumo que descendieron desde los 6,48 millones de sacos (390.000 t) en el año 2.008 hasta los 3,15 millones de sacos (189.000 t) en el año 2.011. [ICO11a]

Este descenso en el consumo de los españoles se debe al descenso del consumo en la hostelería, que disminuyó un 7,2 % en el año 2.010, según los datos de consumo del MAGRAMA. El consumo en hogares tuvo un comportamiento ascendente (3,6 %) durante ese mismo año compensando sólo una parte del descenso del consumo HORECA. [MAG11]

Esta variación de los hábitos de consumo podría ser debido fundamentalmente a la crisis económica que sufre España. Este hecho ha provocado que los españoles hayan disminuido gastos más superfluos, como es el caso de los gastos en hostelería. A pesar de este descenso hay un formato que presenta un incremento de ventas y consumo en este siglo. Este formato es el café monodosis en cápsulas.

Este sector, introducido por Nestlé a través de su marca Nespresso a finales de la década de los 70 del siglo pasado, ha sufrido un crecimiento exponencial a nivel internacional durante la última década. Este incremento puede verse en la encuesta de mercado realizada en el año 2.011 por la consultora SymphonyIri que reflejaba que en una década el consumo de este formato se incrementó un 95,7 % en volumen (3.241 t) y un 111,9 % en valor (99 M€). Esta misma encuesta refleja que la cuota de mercado de este formato es relativamente bajo (5,1 % en volumen), pero en valor asciende hasta un 16,5 %.

Este boom del sector de las cápsulas se debe fundamentalmente a la crisis económica que sufre España pero también hay una serie de factores extrínsecos a la crisis que han influido en este crecimiento. Algunos de los más importantes son que las familias actuales son poco numerosas y por tanto exigen envases más pequeños, que sean fácilmente reciclables y que presenten una mayor cantidad de sabores y mezclas. A estos

factores se pueden añadir la mejora tecnológica, con la consiguiente bajada de precio, disponiendo el consumidor de una amplia gama de cafeteras baratas, automáticas y rápidas en el mercado y las campañas de marketing de las compañías tostadoras, en especial la de Nespresso, y la guerra de las cápsulas entre ellas, que ha introducido en el mercado cápsulas alternativas a la original.

Debido a este crecimiento y a que las previsiones del mercado son bastante positivas algunas tostadoras nacionales han comenzado investigaciones para la producción de sus propias cápsulas monodosis compatibles con Nespresso, y no con otros modelos de cafetera monodosis alternativos. La elección del formato Nespresso se debe a que según datos de la consultora GFK, una de cada dos cafeteras de cápsulas que se venden en España, es de Nespresso. Así por ejemplo Cafés Baqué, Cafés Novell, Unión Tostadora, Cafento, Cafés Dromedario, Café Candelas o Cafés Oquendo han introducido cápsulas propias en los lineales de los supermercados nacionales. [GFK11]

Estas cápsulas ofrecen una nueva oportunidad a las compañías tostadoras introducirse en un mercado en alza con el que poder compensar las pérdidas debidas a la bajada del consumo en hostelería.

3.2 Justificación académica.

La presente tesis está enmarcada en el campo del diseño de producto. El diseño presentado está encuadrado en un mercado cerrado, con restricciones legales importantes, debido a la presencia de diversas familias de patentes, que protegen la propiedad industrial. Además el elemento desechable realiza una función muy básica presentándose como una única pieza que además presenta una serie de limitaciones físicas como el tamaño o la forma.

Por tanto la base para realizar una reingeniería del elemento desechable era, aparentemente, poco prometedora, por lo que la reingeniería del elemento exigía una mejora notable del diseño, con elementos innovadores, totalmente novedosos, y no sólo un cambio estético y de material.

Esta base tan restrictiva hace que sea necesario implementar herramientas que permitan desarrollar la mejora citada anteriormente, que aporte soluciones a las restricciones presentadas.

OBJETIVOS Y
METODOLOGÍA DE
TRABAJO

4. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA DE TRABAJO.

4.1 Objetivos.

La mayor preocupación en el ámbito de la preparación de infusiones en cafeteras de cápsulas monodosis es conseguir una correcta erogación de la bebida. Por ello el objetivo principal que se plantea en la presente tesis doctoral es el desarrollo de una cápsula monodosis desechable, que permita alojar café molido o infusiones de otro tipo (té, manzanilla, poleo, etc.), que sea capaz de preparar una bebida con características mejoradas respecto de las cápsulas existentes actualmente.

La cápsula monodosis desarrollada debe permitir una correcta erogación cuyo fin sea la obtención de una taza de café (o de infusión) óptima en las propiedades organolépticas (sabor, aroma, cuerpo y acidez), esenciales a la hora de evaluar la calidad del café. El desarrollo ha de realizarse de acuerdo a la legalidad vigente sin violar ninguna de las patentes existentes a este respecto.

Dentro del objetivo general, podemos señalar como objetivos específicos:

- 1) Estudio del estado del arte actual de las diferentes cápsulas existentes.
- 2) Definición de las innovaciones legales patentadas que no podrán ser usadas en el diseño.
- 3) Estudio del proceso de erogación de las cafeteras tipo Nespresso.
- 4) Determinación de las especificaciones técnicas de la cápsula.
- 5) Determinación de la morfología de la cápsula así como la selección del material de fabricación.
- 6) Definición del proceso productivo de los prototipos.
- 7) Definición del proceso productivo industrial de la cápsula.
- 8) Mejora de la sostenibilidad de la cápsula utilizando materiales totalmente reciclables.
- 9) Disminución del peso del elemento desechable.

- 10) Creación de una metodología de prueba del proceso de erogación.
- 11) Comprobación del funcionamiento de los prototipos dentro de las máquinas cafeteras.
- 12) Realización de catas o pruebas de la calidad de la infusión erogada siguiendo la metodología descrita.

4.2 Metodología.

Para lograr los objetivos planteados en el punto 4.1 se plantea el siguiente plan de trabajo:

- 1) Establecer los requisitos del sistema desechable de erogación. Para ello se realizará una investigación del funcionamiento general de las máquinas Nespresso y los parámetros finales deseados en una taza de café espresso. Como resultado de dicha investigación se redactará un primer borrador de un documento de especificaciones de diseño, que indicará las diferentes funciones y requisitos del elemento a diseñar.
- 2) Realizar una investigación exhaustiva sobre las diferentes cápsulas existentes en el mercado para lograr dos objetivos. El primero es observar que elementos poseen estas cápsulas que les permiten cumplir los objetivos de las especificaciones, siendo el segundo objetivo constatar la existencia de especificaciones no encontradas en el primer borrador del documento de especificaciones.
- 3) Realizar el análisis legal de las diferentes patentes registradas a nivel nacional y mundial. Al igual que en el paso 2), el objetivo de esta investigación es doble. Por un lado constatar que elementos se encuentran protegidos y por lo tanto resulta inviable su utilización en el diseño final, mientras que por el otro lado continúan perfilando el documento de especificaciones al contar las patentes con mayor información. A partir de todas estas investigaciones se podrá establecer una morfología básica sobre la que se aportarán modificaciones y mejoras.

- 4) Utilizando diferentes técnicas de creatividad se propondrán mejoras en la morfología básica definida, que cumplan las especificaciones técnicas y que sean explotables y patentables.
- 5) Se definirán unos prototipos que serán sometidos a estudio mediante Análisis Modal de Fallos y Efectos u otras técnicas de similar naturaleza, que permitan la evaluación de las diferentes alternativas y su posible mejora y conversión en otras nuevas.
- 6) Se realizarán algunos prototipos susceptibles de ser evaluados para comprobar la adecuación de los diseños. Para ello, se realizará una investigación sobre distintos sistemas de prototipado rápido para determinar el más adecuado. Una vez determinado el sistema idóneo se comenzará la producción de los diseños desarrollados en el punto anterior.
- 7) Establecer una metodología de comprobación de las propiedades organolépticas del café obtenido, que establezca si el resultado ha sido óptimo o no. Se desarrollará una metodología para la determinación de dichas propiedades a la que serán sometidos todos los prototipos producidos.

Todo el proceso de diseño del producto es iterativo. Esta metodología de trabajo puede verse alterada en los pasos y tener que regresar a un punto anterior o incluso en comenzar de nuevo el diseño si en alguna etapa se aportan ideas o soluciones o si surgen problemas inicialmente no previstos, que requieran realizar una iteración del proceso.

ESTADO DEL ARTE

5. ESTADO DEL ARTE.

5.1 Cafeteras de cápsulas.

5.1.1 *Visión general.*

Una cafetera es un pequeño electrodoméstico que permite preparar una infusión de café como bebida caliente.

Las cafeteras tipo espresso hacen pasar agua caliente, a unos 90 °C aproximadamente y a altas presiones (normalmente por encima de los 10 bar), durante un periodo de tiempo corto (20-30 s), por una cantidad de café molido muy fino (6-10 g), extrayendo el sabor y los principios activos.

Una variante de las cafeteras espresso son las cafeteras de cápsulas. Estos aparatos tienen la alimentación eléctrica y realizan la infusión con café envasado en cápsulas externas a la cafetera, válidas para un solo uso.

En la actualidad hay ocho variantes de cafeteras de cápsulas en el mercado:

- 1) Nespresso, propiedad de Nestlé.
- 2) Dolce Gusto, también propiedad de Nestlé.
- 3) Senseo, propiedad de Philips y la tostadora holandesa Douwe Egberts (filial de Sara Lee Europa).
- 4) Tassimo, propiedad de Kraft Foods.
- 5) Stracto, propiedad de la tostadora española Cafento.
- 6) Iperespresso propiedad de la tostadora italiana Illy.
- 7) Lavazza Blue, propiedad de la tostadora italiana Lavazza.
- 8) Digrato, propiedad del El Corte Inglés

La principal ventaja de las cafeteras de cápsulas es la sencillez de su funcionamiento y la rapidez de preparación. Se enchufan a la corriente, se rellena el depósito de agua, se introduce la cápsula, se pulsa el interruptor y el café se prepara automáticamente en

escasos segundos. Los principales inconvenientes de las cafeteras de cápsulas son su precio y su limitada capacidad de preparación de café.

5.1.2 Partes y funcionamiento de una cafetera de cápsulas.

a) Partes.

Aunque existen diversas máquinas en el mercado básicamente todas ellas tienen una estructura similar. El mecanismo para la erogación consta de estos elementos:

- 1) Un depósito para el agua que normalmente se sitúa en la parte trasera de la máquina.
- 2) Un cuerpo central donde está la parte mecánica del dispositivo. La parte mecánica consta de una bomba que extrae el agua del depósito, un compresor-calderín que aumenta la presión de la mezcla bifásica (aire-agua) hasta los 19 bar y la temperatura hasta los 90 °C y los inyectores que posteriormente se clavarán en la cápsula.
- 3) Una parte final en la que están el alojamiento de la cápsula, el depósito de cápsulas usadas, y la zona de evacuación de la infusión.

El conjunto consta de una manivela que permite abrir y cerrar el alojamiento de la cápsula. Al introducir la cápsula y bajar la manivela, los inyectores se desplazan hacia delante perforando la cápsula, iniciándose así el proceso de erogación.



Figura 23. Partes de una cafetera de cápsulas estándar.

b) Funcionamiento.

El proceso estándar de extracción de la infusión del producto granulado envasado del interior de la cápsula tiene tres etapas:

- 1) **Mojado del café:** El primer paso es el hincado de los inyectores realizando tres perforaciones en la cúspide de la cápsula. El sistema inyecta una mezcla de aire y agua a presión (19 bar). La mezcla bifásica (agua-aire) se extiende por la cápsula provocando el mojado del café. Realizando la erogación a esta presión se intenta mejorar las características del cuerpo del café (espuma y cremosidad del café. [FON92]
- 2) **Rotura de la membrana:** Al alcanzar una presión determinada se produce la rotura de la membrana inferior que permite la salida de la infusión. En las primeras máquinas la rotura se efectuaba por la presencia de una debilidad en la membrana, que se rompía de forma controlada al alcanzar la presión

de diseño. En los modelos actuales la rotura se produce por el contacto de la membrana con unos relieves presentes en la máquina, fruto del aumento de volumen generado por la presión del agua. De esta forma la máxima presión no se alcanza justo antes de la rotura, sino que la pérdida de carga a través de la totalidad del lecho genera una presión máxima mayor a la de rotura, lo que mejora las propiedades de la infusión erogada. [FON92]

- 3) **Extracción:** Con la presión estabilizada se produce la extracción de la erogación por el conducto que hay al final de la máquina. Tras la erogación, se produce una estabilización de las presiones, lo que puede originar una recirculación del flujo aguas arriba de la máquina. [FON92]

5.2 Evolución histórica de las cápsulas de café. Análisis de patentes de Nespresso.

5.2.1 Historia de las cafeteras espresso y las cápsulas de café.

Desde su creación en 1.884 por el ingeniero italiano Angelo Moriondo (patente 33/256 16 mayo 1.884 publicada en el Bollettino delle privative industriali del Regno d'Italia) las máquinas espresso han sufrido diversas modificaciones y mejoras por parte de varios inventores, que las han transformado en las máquinas que conocemos hoy día.

Así, por ejemplo se pueden encontrar patentes anteriores al 1.900 como la de Houston (1.887) [US363519] o la de Jones (1.889) [US411037] que intentaban realizar algunas mejoras en el sistema de vapor y erogación de la bebida. Sin embargo, la máquina espresso que conocemos hoy día y que se encuentra en la mayoría de los bares y cafeterías del mundo, proviene de las mejoras que Luigi Bezzera incorporó a la máquina patentada por Moriondo [US726793]. La patente se publicó en 1.903, pero no fue hasta 1.905, con la compra de la patente por Desidero Pavoni (La Pavoni Company) cuando se comenzó la fabricación y comercialización de la máquina.

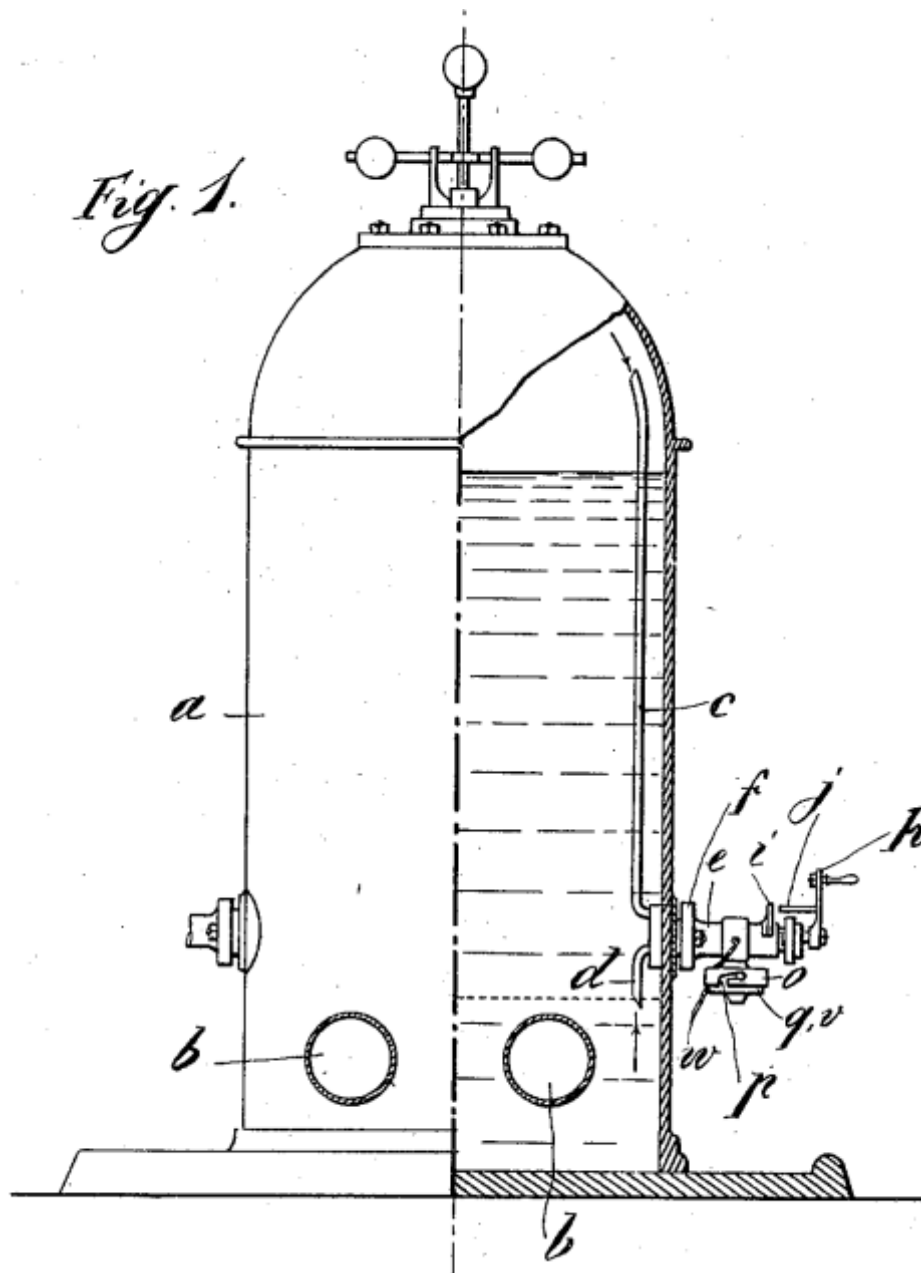


Figura 24. Dibujo original de la patente de Bezzera. [BEZ03]

Poco a poco la máquina de espresso continuó desarrollándose como muestran las patentes de Rathman en 1.917 [US1226005], Moore en 1.944 [US2355094], Negri en 1.951 [US2561613] y otras muchas de años posteriores.

No obstante la invención de la cápsula para la erogación de café espresso fue un evento que pasó mucho más desapercibido. La primera referencia a un cartucho susceptible de utilizarse para la erogación de una infusión se encuentra en 1.921 en la patente de Clermont [US1377316], en la que se utilizaba el mismo principio que en la

máquina Nespresso; una cápsula que contenía el café molido era perforada por un inyector que introducía el fluido encargado de formar la infusión. El agua atravesaba la cápsula pasando a través del sólido y la infusión erogada caía directamente a la taza después de traspasar un filtro de papel u otros materiales similares. En este caso la presión se efectuaba por gravedad y no mediante bomba, pero el principio es similar al empleado en las máquinas Nespresso.

En los años posteriores aparecen diferentes patentes basadas en este principio de cartuchos o cápsulas, que van evolucionando y aportando nuevas características a la invención. El inventor estadounidense William F. Brown patentó en 1.948 [US2451195] la combinación del diseño de las máquinas espresso con el uso de los cartuchos. En este caso las cápsulas estaban formadas por un material impermeable, pero Brown eliminó la necesidad de perforación de la cápsula al cerrarla con materiales porosos. También incluía un anillo de material flexible que servía de junta para evitar las fugas de agua. El propio Brown ya dentro de la compañía norteamericana International Coffee Corporation realizó varias mejoras de la invención en 1.955. [US2715868]

Posteriormente también en Estados Unidos Frederick E. Hummel patentó en 1.950 una máquina que funcionaba de una forma similar a la de Brown, pero utiliza cartuchos constituidos únicamente por material permeable [US2529395]. A una modificación de estos cartuchos efectuada por Illy se les conoce hoy en día como *pods*, que actualmente son muy utilizados en hostelería y restauración por su facilidad de uso en las máquinas espresso convencionales.

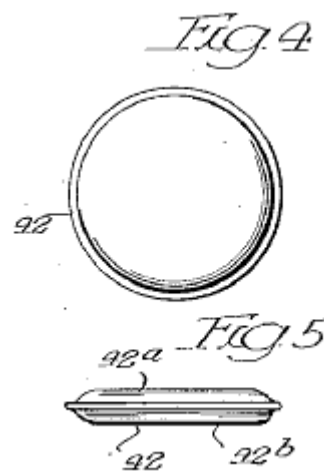


Figura 25. Imagen original del pod en la patente de Hummel. [HUM47]

Joseph J. Rodth registró la primera cápsula de aluminio y la máquina necesaria para la erogación en sendas patentes de 1.957 [US2778739] y 1.959 [US2899886]. La principal novedad residía en la morfología y los materiales que formaban las cápsulas; aluminio y un termoplástico.

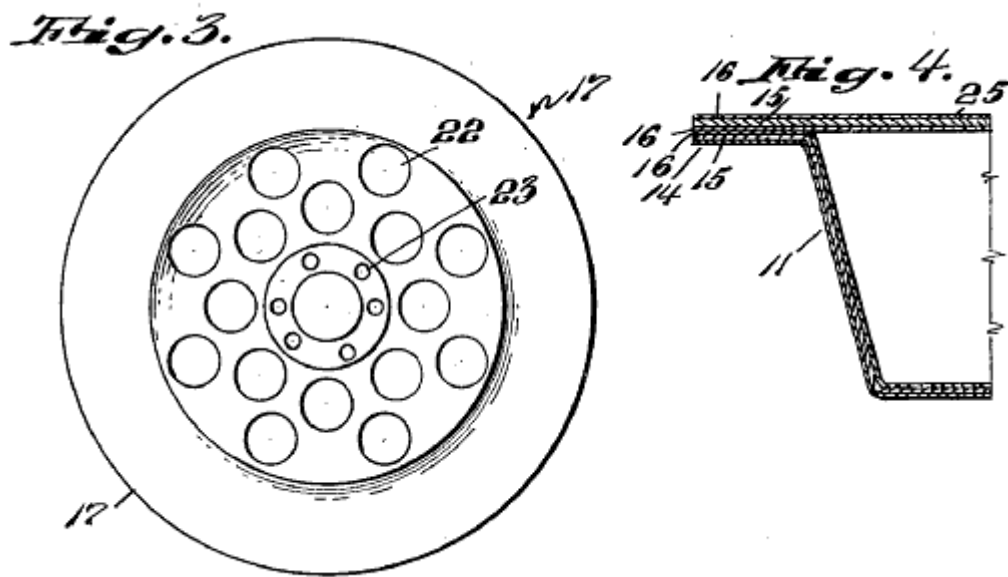


Figura 26. Imagen original de la cápsula de aluminio en la patente de Rodth. [ROD54]

Más adelante aparecieron otras aplicaciones a esta tecnología, como las cápsulas creadas por Uebelt en 1.959 [US2905075], Goros en 1.961 [US2968560], Gauld en 1.964 [US3119694], Berns en 1.967 [US3357340], Colonna en 1.968 [US1968], Fasano en 1.972

[US3607297] y Schmidt 1974 [US3812273] o las máquinas para extracción de Stasse en 1.966 [US3292527] y de Goros en 1.967 [US3295998].

Los sistemas de erogación que aparecían en las patentes eran bastante variados. En algunos casos se perforaba las dos bases del cilindro, conformando un paso del fluido a través de todo el contenido del cartucho, como en las patentes de Goros (1.961) [US2968560] y de Fasano (1.972) [US3607297]. Las perforaciones se obtenían mediante la inyección de unas agujas situadas en la parte superior y una rejilla o malla de pirámides en la parte inferior, que mediante la presión ejercida por el líquido perforaban la base. Este esquema variaba en función de la patente llegando a idearse sistemas con agujas por ambos lados u otros sistemas similares. Este tipo de morfología tenía el problema de que al tratarse de una cápsula plana presentaba poca resistencia a la deformación por aplastamiento cuando se les perforaba y como tal generaban problemas de estanqueidad.

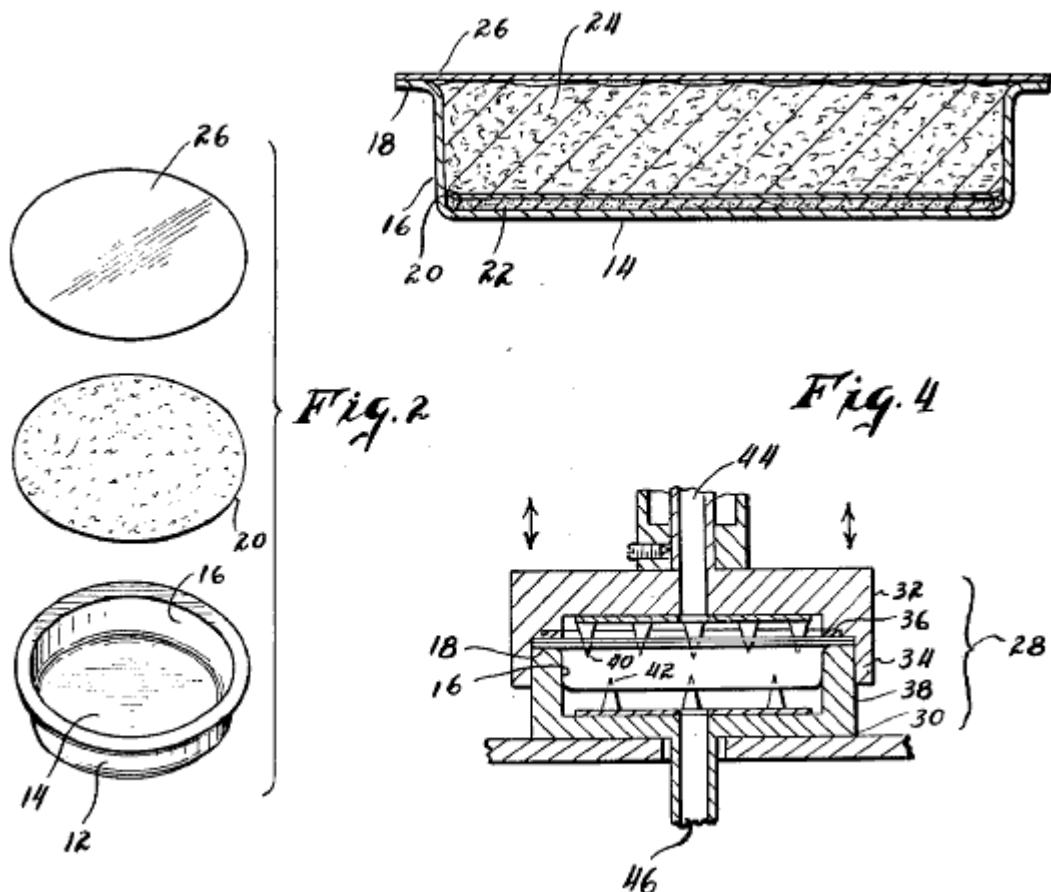


Figura 27. Imagen original de la cápsula plana y del sistema de doble inyección de la patente de Goros. [GOR61]

En otros casos sin embargo la inyección se realizaba por un lateral, recogiendo la infusión en el otro lateral de la máquina. Esta técnica teóricamente facilitaba la mezcla del fluido con el contenido y mejoraba la infusión, pero presentaba el problema de que la mínima desgarradura en la cápsula provocaba una bajada brusca de presión y el orificio de salida cambiaba de forma y tamaño, empeorando la erogación y finalmente la mezcla [US3607297].

La evolución histórica de las cafeteras de cápsulas monodosis sufrió una auténtica revolución en 1.976 cuando el ingeniero francés de Nestlé Enric Favre diseñó el sistema Nespresso.

5.2.2 Patente original de Nestlé.

La primera cápsula de Nestlé aparece en 1.976 y fue inventada por Enric Favre [FR2373999]. Favre era por aquel entonces un trabajador de Nestlé en Suiza e ideó las cápsulas con la idea de solucionar los problemas que presentaban las cápsulas existentes.

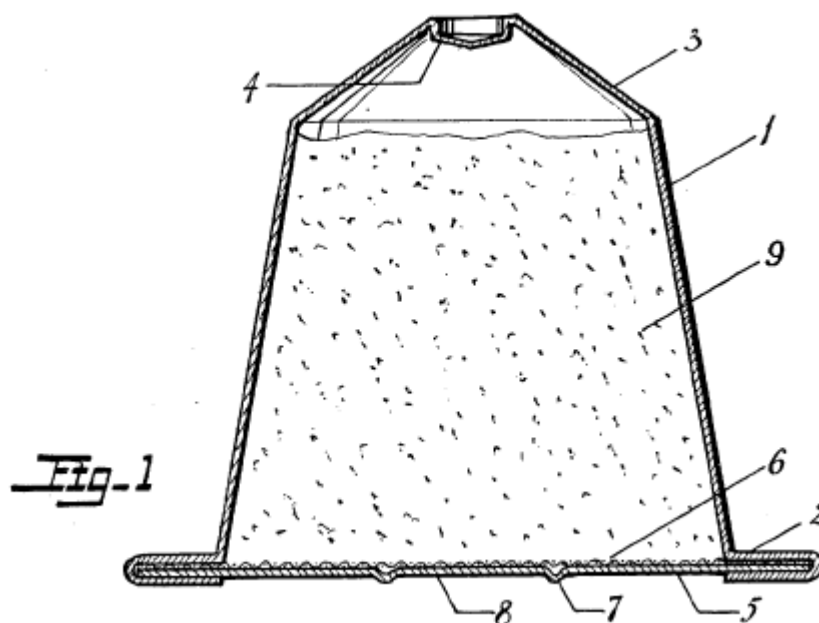


Figura 28. Imagen original de la cápsula ideada por Favre para Nestlé. [FAV76]

La Figura 28 muestra la cápsula detallada en la patente de Favre en la que se puede ver la forma con dos zonas cónicas claramente diferenciadas, algo que no sucedía en las patentes de cápsulas anteriores. [FAV76]

Se puede describir la cápsula como una combinación de cuatro elementos diferentes: [FAV76]

- 1) Pared lateral (Figura 28 número 1)
- 2) Cara superior o copela (Figura 28 número 3), por la que penetra la aguja de inyección de fluido.
- 3) Cara inferior o membrana (Figura 28 número 5), diseñada para romper cuando se alcanza una presión determinada.
- 4) Ala de la cápsula (Figura 28 número 2), diseñada a priori para ser presionada por la pared del alojamiento y la máquina, para sujetar la cápsula.

Esta primera patente es una evolución de cápsulas anteriores en la que trata de resolver los problemas que imposibilitaban la comercialización, como eran las deformaciones debidas a la compresión o las grietas surgidas por la presión del líquido, que impedían una correcta erogación. Esta morfología apenas ha sufrido cambios a lo largo de los años, manteniendo prácticamente intacta la estructura general y presenta las siguientes características: [FAV76]

- 1) La pared lateral presenta una forma troncocónica truncada, estando unida a la copela en la parte superior. Esta pared está cerrada por una membrana anexa al ala situada en la cara inferior. Esta forma troncocónica junto al cierre cónico de la copela permite aguantar los esfuerzos de compresión cuando la cápsula es presionada por la aguja de perforación, solventando así el primer problema que presentaban las cápsulas.
- 2) Para facilitar la penetración de la aguja inyectora, el extremo superior (Figura 28 número 4) terminaba en un alojamiento de forma casi cilíndrica diseñado con una debilidad en el fondo. La aguja inyectaba el fluido en la cápsula y este comenzaba a descender atravesando la masa de sólido. El fluido era impulsado por la presión de la aguja hasta alcanzar la base de la cápsula.
- 3) Dicha base tenía una configuración especial para facilitar la evacuación de la infusión y evitar al mismo tiempo la salida de material granulado. El cierre

estaba formado por una membrana de aluminio (30 μm -60 μm de espesor), que se encontraba unida a un filtro de metal o plástico, y que presentaba una zona de debilidad (Figura 28 número 8) que se debía romper con la presión ejercida por el líquido. Dicha debilidad tendría una forma de herradura conformando un opérculo que al romper no caería a la infusión.

- 4) Finalmente debido a la presión del interior, entre el filtro y la membrana de cierre se forma una cámara que permite la rotura por la debilidad, además de facilitar la evacuación a través de toda la sección del filtro.

Para que esta cápsula funcionara correctamente era necesario que se alojara en una máquina compatible, por lo que en la patente de Favre también se mencionaba cómo debería ser el alojamiento de la cápsula en la cafetera para que el resultado fuera óptimo. Dicho habitáculo debía de tener una morfología complementaria a la de la cápsula, de modo que encajara perfectamente y que la cápsula se sujetara en el momento de máxima presión. A su vez el habitáculo debía tener unas paredes laterales que presionaran las alas de la cápsula, generando de esta manera el efecto sello entre la cápsula y la máquina, con el que se conseguía evitar las fugas de la infusión una vez que se producía la rotura de la membrana. [FAV76]

5.2.3 Evolución de las cápsulas de Nestlé.

A pesar de la que las cápsulas de Nespresso han permanecido prácticamente inalteradas hasta la actualidad, a lo largo del tiempo han aparecido una serie de mejoras a la erogación y de cambios estratégicos de importancia en cada uno de sus elementos que marcan la tendencia general de las cápsulas existentes. Las mejoras introducidas son:

a) Rotura de la membrana por relieves en la máquina.

La cápsula original de Nestlé se mantuvo inalterada durante unos diez años, ya que la entrada del sistema en el mercado tuvo un éxito muy limitado y Nestlé no consideró económico el desarrollo del sistema. No fue hasta 1.986 cuando Nestlé comienza la comercialización de las cápsulas de café fundando su filial Nespresso. Comienza la comercialización de las cápsulas Nespresso con 4 tipos de café en cápsulas.



Figura 29. Imagen de las cápsulas originales de Nespresso de 1.986. [NES86]

El primer cambio significativo realizado en la cápsula data de principios de los 90. Las cápsulas presentaban un problema con la rotura de la membrana. La descompresión producida era muy rápida y generaba una importante capacidad de arrastre de partículas sólidas, lo que provocaba que alguna de estas partículas penetrase en los poros del filtro obstruyéndolo parcialmente. Debido a este fenómeno era imposible garantizar la misma calidad del proceso en todas las erogaciones encontrándose diferencias notables entre unas tazas de café y otras, a pesar de utilizar la misma cápsula. Además con la configuración patentada previamente, la presión máxima se alcanzaba justo antes de la rotura de la membrana, de forma que la erogación se producía a una presión inferior a la deseada. El primer intento de solución se llevó a cabo aumentando el tamaño de grano del café, pero al disminuir su superficie específica, el contacto con el fluido era peor y la taza resultante de menor calidad [ES2061284].

Aparecen entonces dos posibilidades para solucionar este problema. La primera de ellas, registrada en mayo de 1.991 en la patente [EP0512142], consiste en modificar tanto la cápsula como la máquina a utilizar, de forma que al incrementarse la presión en la cápsula, la membrana se deforma y presiona sobre unos relieves presentes en la máquina. La membrana se rompe por la presión ejercida sobre los relieves y la infusión se evacúa por los orificios generados. Los relieves se idearon con distintas formas, como la radial, en forma de malla de pirámides, en forma de anillos concéntricos o algunas otras. Estas patentes fueron modificadas posteriormente conformando una familia de patentes fuertemente referenciada por la propia Nestlé a la hora de definir su máquina tipo,

sobretudo las patentes de cápsula [EP512468] y de máquina [EP512470], ambas publicadas en 1.992.

La segunda gran modificación consistió en transformar la zona de debilidad para que la apertura fuese más controlada y no se produzca una depresión significativa a la hora de la rotura. La patente [EP0521510] plantea la posibilidad de generar zonas de debilidad sobre la cara inferior, constituida directamente del mismo material que la cápsula, sin conformar la membrana de aluminio que aparecía en las cápsulas anteriores. Por otro lado la cápsula ideada en la patente [EP0554469] es muy similar a la de Favre de 1.976 [FR2373999] a la que simplemente se le ha reducido la zona de debilidad para que sea más pequeña.

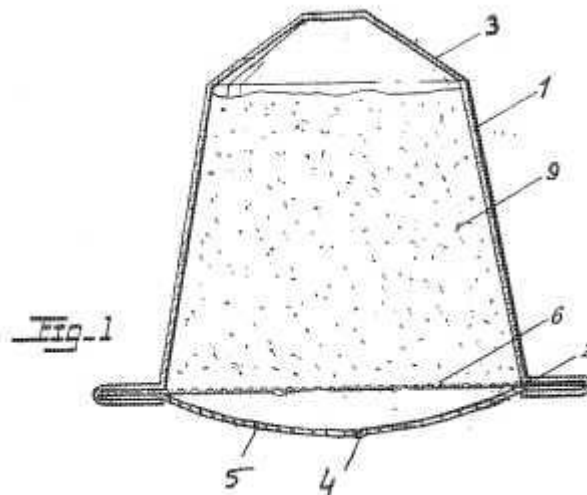


Figura 30. Imagen original de la cápsula con zona de debilidad reducida ideada en la patente [ES2061284].

Estas modificaciones consiguieron evitar la salida de sólidos y que la presión máxima se alcanzara antes de la rotura de la membrana. Finalmente el sistema de relieves se impuso a la apertura reducida, ya que presentaba mejores resultados de erogación, sobretudo en cuanto a la velocidad. Este sistema es el que se continúa usando actualmente en las máquinas Nespresso.



Figura 31. Imagen de los relieves sobre la tapa inferior de aluminio, una de las modificaciones de la cápsula inicial.

b) Membrana en la copela.

El siguiente cambio importante sobre las cápsulas originales se registró a finales de los años 90 y trata de solucionar el problema de escape de sólido por el orificio de inyección del agua. Al finalizar la erogación se realiza el ajuste de la presión en la cápsula, hasta que se alcance la presión ambiental, siendo en ese momento cuando puede producirse un escape de material sólido hacia los conductos de inyección de agua. Al producirse estos escapes los inyectores se obturan, hecho que disminuye la vida útil de la maquinaria y empeora la calidad de las erogaciones preparadas. [EP1165398]

La forma de evitar este problema surgido con la salida de material fue colocar un obstáculo, que fuera fácilmente perforable por las agujas de inyección, pero que a su vez sea capaz de recuperar la forma original tras la erogación, de modo que tapone el orificio creado en el momento de la inyección. Este sistema antirretorno se confeccionó con una lámina de tejido adherida a la parte interior de la tapa superior de la cápsula, que puede ser de cualquier tipo de material. En las patentes de Nestlé también se menciona la posibilidad de hacerlo con una válvula o algún tipo de resina que recupere su forma al sacar la aguja, como se señala en las patentes de Masek y Yoakim de 1.999 [EP1165398] y las modificaciones de 2.003 [US7153530] y de 2.005 [US7658141].

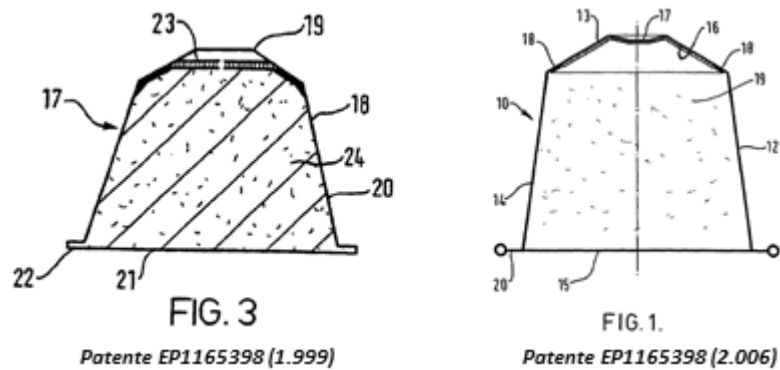


Figura 32. Diferencias entre las válvulas propuestas en las patentes de 1.999 [EP1165398] y de 2.005 [US7658141].

En la patente de 1.999 Masek y Yoakim proponen una membrana de material (Figura 32 número 23), ocupando el interior de la copela completamente, pero sin estar unido a la base de la misma. Esta configuración dejaba una pequeña oquedad en la parte interior de la copela, que provocaba una debilidad de la cápsula y que estas se deformaran en exceso en el momento de la inyección. Por este motivo el propio Masek con otro ingeniero de Nestlé, Alain Riesterer cambiaron en 2.006 el diseño de la membrana, adhiriendo únicamente esta al fondo cónico de la cápsula (Figura 32 número 16), dejando la zona central sin membrana. Esto evitaba el problema de la deformación, aunque convertía al sistema en inservible para máquinas antiguas de perforación por punzon. La membrana puede estar conformada por una resina flexible, un tejido u otro material similar. En la actualidad se utiliza papel de filtro adherido al fondo de la copela según la patente de 2.006, como puede verse en la Figura 33.



Figura 33. Imagen de la válvula de papel instalada en las cápsulas Nespresso siguiendo la patente [US7658141] de 2.006.

c) Triple perforación por cuchillas.

Paralelamente a la aparición de la membrana en la copela se produjo un cambio en el sistema de perforación de la cápsula por la cara de entrada. Este nuevo modo de perforación consistió en sustituir los punzones por unas cuchillas, de forma que el orificio generado resultaba ser de forma rectangular con una menor superficie que con el uso del punzón, lo que dificultaba la salida de material sólido. La inyección ya no se realiza dentro de la propia cápsula a través del punzón, sino en el receptáculo en el que está alojada la cápsula, disminuyendo en gran medida la complejidad de la máquina y su necesidad de mantenimiento.

El principal inconveniente que presentaba este sistema consistía en que era necesario generar un mayor efecto sellante entre la cápsula y la máquina para evitar fugas de agua al exterior, ya que con esta disposición el agua circularía por el exterior de la cápsula y penetraría en ella por la presión ejercida sobre los orificios. Para disminuir la presión en el exterior de la cápsula fue necesario aumentar la superficie de entrada de agua en la cápsula, por lo que se dotó a los sistemas de perforación de varias cuchillas, lo que además asegura la presencia de orificios suficientes para la erogación en el caso de que alguna cuchilla fallara en la inyección. Este sistema continúa utilizándose en la actualidad, llevando con un conjunto de tres cuchillas situadas en un círculo y equidistantes 60° entre sí. [US0116029]

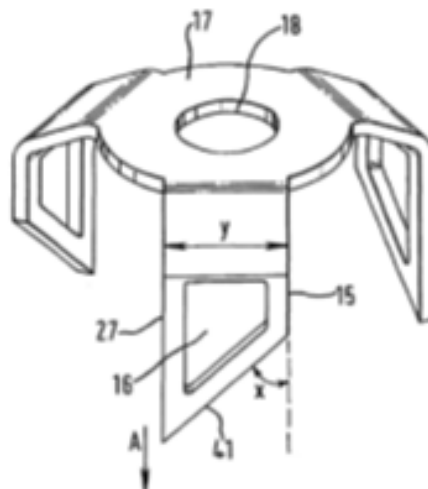


Figura 34. Imagen del sistema de cuchillas presentado en la patente de 2.003. [US0116029]

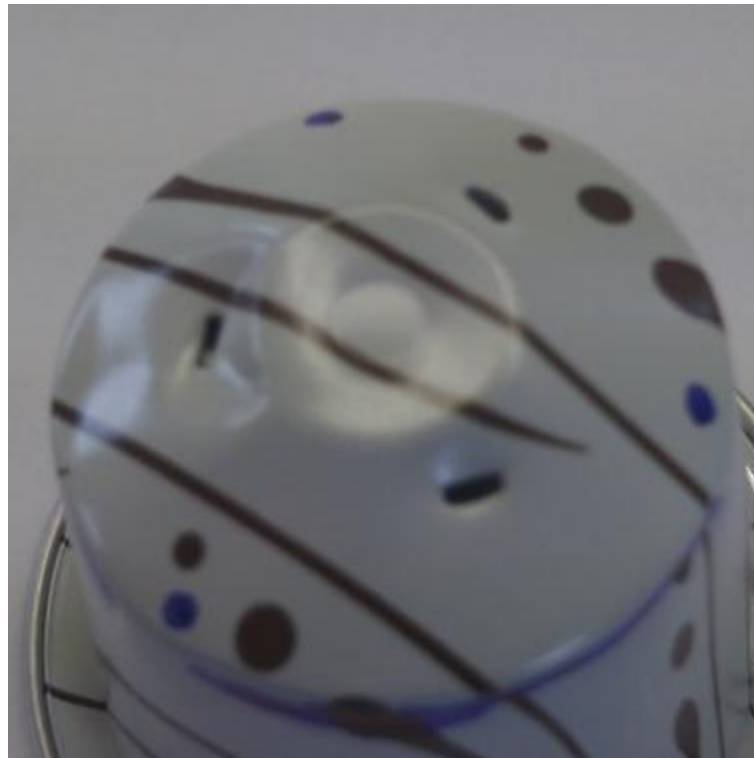


Figura 35. Imagen de la triple perforación en la copela de la cápsula actual.

d) Anillo de material sellante.

La configuración del receptáculo original de la cápsula en el interior de la máquina es lo suficientemente buena como para mantener la presión interna en el sistema y evitar así las fugas de agua por los laterales y el ala. Sin embargo, los ingenieros de Nestlé detectaron un problema con la extracción de la cápsula una vez terminada la erogación. Existía el riesgo de que debido a un efecto vacío entre la cápsula y la parte móvil del receptáculo, esta quedase en el interior del mismo y no se produjese la extracción de la cápsula usada, imposibilitando el uso de la máquina en posteriores erogaciones. [EP1654966]

Para evitarlo, se ideó un sistema que pudiera mantener el efecto de sellado durante la erogación y que además permitiese la entrada de aire una vez terminada. Dicho sistema tiene forma de una serie de surcos (Figura 36 número 21), situados en la pared de la parte móvil que presiona la cápsula contra la máquina, de forma que al cesar la presión, se permite la entrada de aire y la cápsula no queda bloqueada y puede ser expulsada mediante una manivela mecánica. [EP1654966]

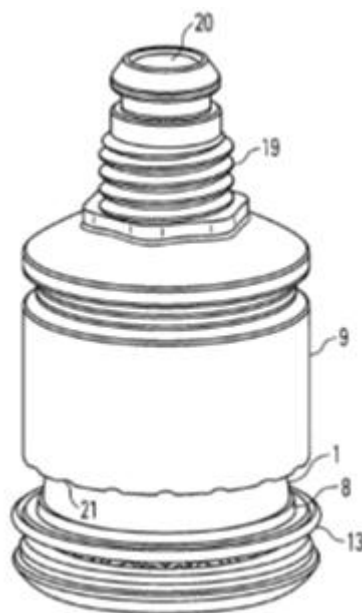


Figura 36. Imagen del sistema de anillo sellante ideado en la patente [EP1654966].

El principal problema que presentaba este nuevo sistema era que las cápsulas convencionales que estaban disponibles en el mercado no podían garantizar el sellado de la misma forma que antes de la modificación, pudiendo producirse en la erogación, fugas de agua a través de estos surcos que llegaban a la taza antes que el preparado. En efecto, con las cápsulas convencionales se podía ver como aparecía un pequeño flujo de agua un par de segundos antes de que surgieran las primeras gotas de infusión. [EP1654966]

La presencia de este tipo de flujo de agua es indicativa de que la presión en el interior de la cápsula no es la adecuada y no se ha producido el suficiente contacto entre el agua y el sólido. Además, al bajar la presión en el interior puede darse el caso de que no se produzca la rotura de la membrana que permite la salida del preparado, o que esta rotura ha sido irregular, por lo que o directamente no se obtendría la infusión o el caudal de salida sería inferior al normal. [EP1654966]

Una primera solución que patentó Nestlé fue incluir un elemento sellante en el propio dispositivo de extracción, justo en la cámara que aloja la cápsula. Esta modificación presentaba el problema de que dicho elemento iría perdiendo su capacidad sellante según su uso y finalmente dejaría de ser útil por lo que debería ser cambiado. Por ello, finalmente los ingenieros de Nestlé decidieron incluir el elemento sellante dentro de la cápsula y no

dentro de la máquina, ya que de esta forma el sellado está sometido a un solo uso y su capacidad sellante es siempre máxima. [EP1654966]

Según las patentes registradas por Nestlé el elemento sellante puede ser:

- 1) Una morfología especial de alguna parte de la cápsula siempre que sea del mismo material. En la Figura 37 puede verse el diseño del ala de la cápsula en forma de V que presiona sobre la pared lateral del habitáculo. Esta fuerza de empuje aumenta cuando se inicia la erogación, ya que la presión del agua deforma la cápsula de forma que la V del ala ejerce más fuerza sobre la pared. [WO2006/045536]

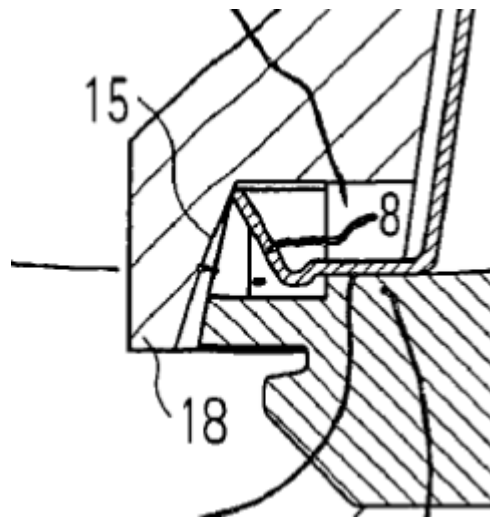


Figura 37. Cambio de la forma del ala para fijar crear el elemento sellante. [WO2006/045536]

- 2) Una junta de goma o material similar (Figura 38 número 8), que pueda ser sometida a compresión y realice una fuerza de empuje en las dos paredes que la presionan, consiguiendo de esta forma un efecto sellante óptimo. [WO2006/045536]

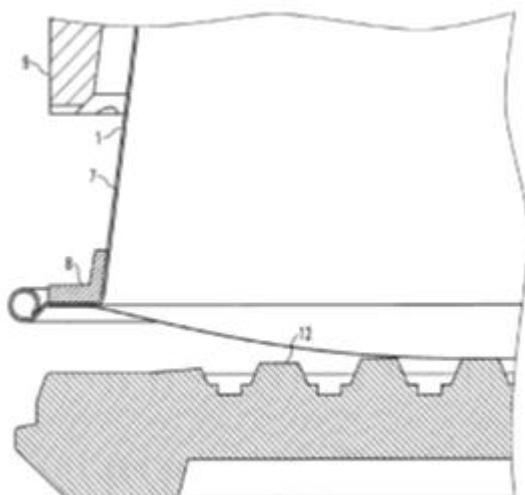


Figura 38. Junta de goma usada como material sellante de la cápsula. [WO2006/045536]

Estos dos sistemas dieron pie a la creación de una familia de patentes con bastantes miembros, en las que se registran no sólo la existencia de dicho elemento sellante, sino la forma de mantenerlo unido a la cápsula e incluso la fabricación de la misma con dicho elemento. Finalmente el sistema que se ideó para las cápsulas comerciales fue el del material gomoso inyectado directamente bajo el ala de la cápsula.

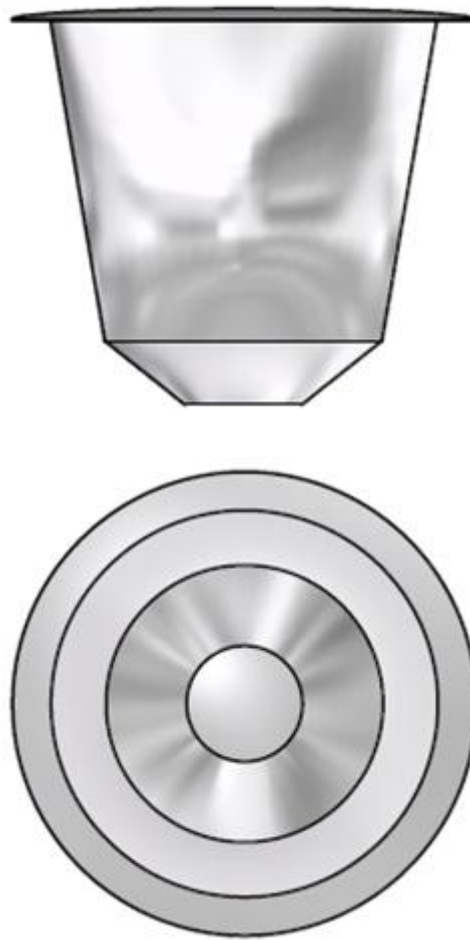


Figura 39. Alzado y planta de la cápsula actual de Nespresso. [NES12]

5.3 Modelos actuales de cápsulas. Análisis de patentes de cápsulas ajenas a Nespresso.

Desde 1.986 con la fundación de la filial de Nestlé para la comercialización y distribución de cápsulas y cafeteras espresso, Nespresso, la multinacional de la alimentación suiza consiguió un monopolio del mercado. Este monopolio se fundamentó en unas políticas de protección de sus invenciones mediante la generación de decenas de familias de patentes que a su vez se componen de cientos de patentes. De esta manera, cada mejora existente en las cafeteras o en las cápsulas, por leve que esta fuera, era registrada como patente junto a una gran cantidad de variaciones posibles, para evitar que empresas competidoras pudiesen desarrollar productos compatibles.

No fue hasta abril de 2.010, catorce años después de la salida al mercado de Nespresso, cuando otra multinacional de la alimentación, la estadounidense Sara Lee sacó al mercado, en este caso en Francia una cápsula compatible con las máquinas Nespresso, extendiéndose a Holanda en enero de 2.011, seguido de otros países de la UE. [SAR11]



Figura 40. Imagen de las cápsulas L'Arome Espresso de Marcilla. [SAR11]

En España empezaron a venderse el 4 de mayo de 2.011 con el nombre comercial de L'Arome Espresso. Desde el momento en que Sara Lee empezó a comercializar sus cápsulas en los mercados de la UE Nestlé empezó una batalla judicial para defender la invención. Se pueden encontrar numerosas reseñas en la prensa, tanto la económica como la generalista de la batalla judicial entablada entre Nestlé y Sara Lee en diversos países europeos. En el caso de España no hay todavía sentencia firme de ningún tribunal sobre el tema, pero es presumible que bien sea en 2.013 o bien sea en 2.014 empiecen a salir las primeras sentencias. [ELM12] [ELP11a] [EXP12]

Sara Lee comercializa las cápsulas bajo la marca Marcilla, siendo las cápsulas de material y forma diferente a la original Nespresso. En la Tabla 15 se hace una comparativa entre ambas cápsulas.

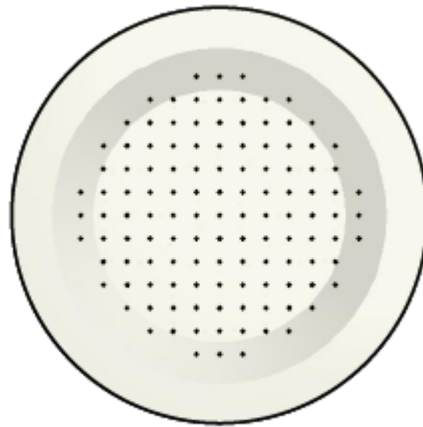


Figura 41. Perforado de la tapa superior de las cápsulas de Marcilla L'Arome. [SAR11]

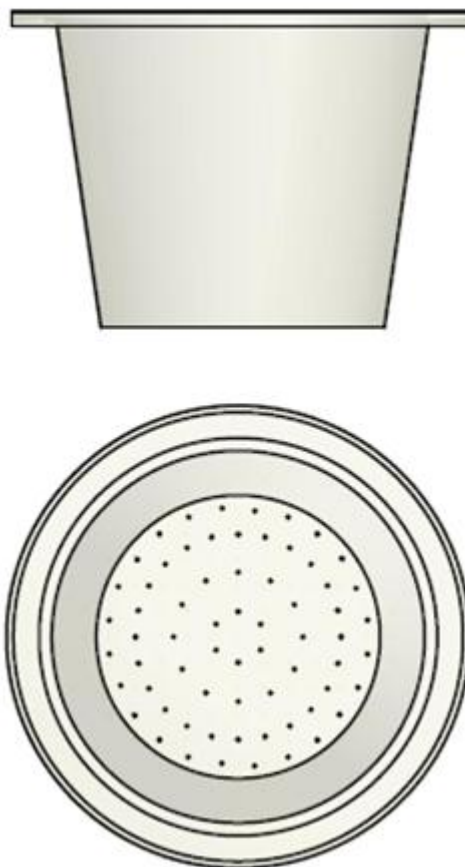


Figura 42. Planta y alzado de la cápsula de Marcilla L'Arome. [SAR11]

Característica	Nespresso (Nestlé)	Marcilla (Sara Lee)
Paquete	Caja de cartón rectilínea con 10 cápsulas	Caja de cartón tipo brick con 10 bolsitas individuales
Tamaño	Más alta y de ancho similar	Más baja y de ancho similar
Material	Aluminio lacado	Polipropileno transparente
Aroma	El Al protege el aroma del café	Está ligeramente perforado por lo que puede olerse el café
Variedad	16 sabores diferentes	4 sabores diferentes
Precio	0,33 € a 0,38 €	0,31 €

Tabla 15. Comparativa entre las cápsulas de Nespresso y las de Marcilla. [SAR11] [NES12]



Figura 43. Imagen comparativa entre la cápsula Nespresso (izquierda) y la cápsula Marcilla (derecha). [SAR11] [NES12]

Sara Lee, siguiendo el ejemplo de Nestlé, también patentó su propia cápsula como una invención nueva. En principio la patente fue admitida por la WIPO el 30 de diciembre de 2.009 y publicada definitivamente el 11 de noviembre de 2.010 con número de publicación [WO2010128844] con título *Capsule for containing beverage ingredients*.

Paralelamente a la salida de la cápsula de Sara Lee, un antiguo directivo de Nestlé, Jean Paul Gaillard, lanzó al mercado francés en Mayo de 2.010 sus propias cápsulas compatibles con la marca comercial *Ethical Coffee*. La principal característica de estas cápsulas compatibles es que están fabricadas con material biodegradable, en concreto una fibra vegetal con una composición de almidón (70%), proteínas, lípidos, glicerinas de origen vegetal, resinas biodegradables y fibras naturales.



Figura 44. Imagen de las cápsulas de Ethical Coffee de material biodegradable. [ETH12]



Figura 45. Alzado y planta de la cápsula de Ethical Coffee. [ETH12]

La cápsula de Ethical Coffee para preparar una bebida caliente, en la patente se menciona específicamente el café, comprende un elemento hueco diseñado para contener una dosis lista para la infusión. Dicho elemento hueco tiene una pared lateral, tapa superior, y tapa inferior que contiene una membrana. La cápsula tiene al menos un relieve

en la pared lateral y en la tapa superior. En la patente de la invención también se relata un mecanismo para el uso de dicha cápsula. [WO2010038213]

Con la salida al mercado de estas dos cápsulas, Nestlé vio amenazado el monopolio de su sistema de café en cápsula y optó por la vía judicial, llevando a los tribunales europeos a ambas marcas, exigiendo que se retiren las cápsulas del mercado ya que a su entender infringían las patentes con las que Nespresso protege sus invenciones.

En algunos países las acciones legales se han resuelto en favor de Nestlé, como ocurrió con las cápsulas de Ethical Coffee en Francia el 30 de Septiembre de 2011, que tuvo que detener la comercialización temporalmente, pero la tendencia general es a la apertura de este mercado a favor de los competidores de Nespresso. [CAP11] [ELP11b]

La discusión judicial por el supuesto plagio de cápsulas de Nespresso es relativamente nueva debido a que las monodosis son un segmento muy joven en el sector del café, pero en otros sectores industriales ya se han producido demandas judiciales por los supuestos plagios de consumibles para máquinas de otros fabricantes. Esta forma de comercio se conoce con el término inglés *Aftermarket*. [ELP11b]

La batalla judicial más importante de los consumibles se dio en la década de los noventa y fue la de los cartuchos de tinta de las impresoras. Los fabricantes de impresora venden las máquinas a precios muy competitivos, ya que en realidad la mayor cuota de negocio está en la venta de los cartuchos. La empresa italiana *Prink* es una de las compañías que mejor han sabido introducirse en el comercio *Aftermarket*. Desde su fundación en 2001 ha conseguido llegar a facturar más de siete millones de euros vendiendo cartuchos de tinta compatibles para impresoras que fabrican otras empresas que a su vez venden los cartuchos originales más caros. Las marcas de impresoras tienen una licencia exclusiva para sus cartuchos que dura cinco años, pasado ese tiempo, se pueden copiar sin problemas, sin embargo, durante ese periodo de cinco años otras empresas pueden comercializar cartuchos compatibles siempre que el diseño no sea idéntico. La idea de las invenciones de las empresa de las compatibles es lograr que el cartucho encaje en el hueco de la impresora y haga su función, pero que la apariencia sea distinta, bien sea innovando la forma o el material. [ELP11b]

Los expertos en propiedad intelectual son cautos con la guerra judicial Marcilla Vs. Nespresso. La mayoría coincide en no hacer un pronóstico sobre si las demandas de Nestlé tienen o no posibilidades de triunfar, pero si hay cierta unanimidad en que si una empresa del tamaño de Sara Lee se ha lanzado a fabricar y a distribuir de manera tan masiva el producto, es porque están bastante seguros de que las leyes antimonopolio de la UE terminaran dándoles la razón. El precedente de los cartuchos de tinta parece haber sido uno de los detonantes que animó a Sara Lee a lanzar sus cápsulas monodosis al mercado. [ELP11b]

Los procesos por presuntas violaciones de patentes o diseños industriales son bastante largos, ya que normalmente las demandas se tienen que presentar país a país, ya que no existe una normativa europea específica sobre los derechos de patentes, y por tanto las empresas que consideran vulnerados sus derechos deben seguir procesos judiciales en cada país. Este hecho es el que lleva a muchas empresas a no denunciar los supuestos plagios, ya que supone iniciar decenas de procesos judiciales y miles de euros de gastos, según indica el abogado Jordi Romaní, del despacho Romaní-Martínez. [ELP11b]

Existen otros productos que han pasado por el proceso *Aftermarket* como son las piezas de repuestos para automóviles, software (por ejemplo Office Vs. Open Office), cartuchos de juegos para videoconsolas, teléfonos móviles (por ejemplo Apple Vs. Samsung), pantallas táctiles, programas de televisión, productos de alimentación (por ejemplo Big Mac de McDonald's Vs. Whopper de Burger King), etc. El *Aftermarket* no sólo se limita a los productos sino que también se aplica a los logotipos, las etiquetas, los envases, los eslóganes, etc. Hasta el momento ha habido cientos de demandas judiciales y multitud de sentencias contradictorias, tanto en primera instancia como en los recursos y apelaciones posteriores. En España no hay jurisprudencia estricta sobre el *Aftermarket* que pueda aplicarse en el tema de las cápsulas monodosis de café, así que habrá que esperar que haya sentencias judiciales y las posteriores apelaciones para cerrar el tema.

De manera paralela a las cápsulas de Sara Lee y Marcilla aparecen en España en 2.010 las cápsulas Ne-Cap, fabricadas en plástico y perforadas con morfología similar a las de Sara Lee, que se venden vacías y deben ser rellenadas por el usuario.



Figura 46. Imagen de las cápsulas Ne-Cap y del relieve que deja en la tapa su uso en la máquina Nespresso. [NEC12]

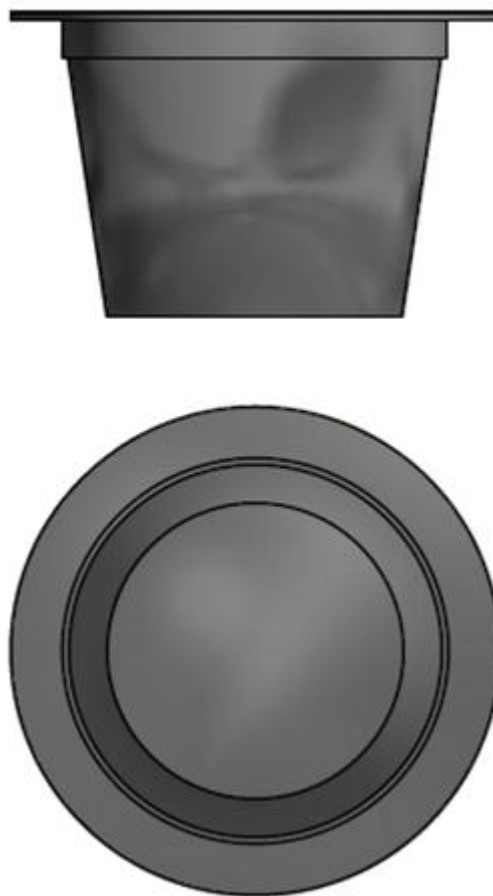


Figura 47. Alzado y planta de la cápsula Ne-Cap. [NEC12]

Las empresas tostadoras nacionales no sacaron más cápsulas compatibles durante el año 2.010, pero muchas de ellas iniciaron proyectos de I+D+i para el desarrollo de alternativas propias, mientras esperaban la resolución de las acciones legales de Nespresso. Por ello, no fue hasta el 2011 que no apareció otra nueva cápsula en el mercado.

Las cápsulas Capsul-in, similares a las Ne-Cap, fueron las siguientes cápsulas en salir en el mercado español en mayo de 2.011. Las cápsulas son fabricadas en Francia y como las de Ne-Cap, se presentan vacías, y es el usuario quien debe rellenarlas. Presentan una morfología de cápsula corta y perforada, similar a la de Sara Lee. Este modelo es utilizado por la marca Espress'Oh para vender cápsulas rellenas de diferentes tostadoras españolas (Cafés BOU, Cafés Fortaleza, Cafés UNIC).



Figura 48. Imagen de las cápsulas Capsul-in. [CAP12]

Durante el primer semestre de 2.011 la empresa valenciana Mocava lanzó al mercado sus propias cápsulas, denominadas *café-caps*, basadas en la patente original de Favre de 1.976 [FR2373999] al haber expirado su periodo de protección. En Septiembre de 2.011 amplió la oferta de preparados para incluir 6 variedades de té e infusiones (manzanilla y poleo), siendo la primera empresa española en ofrecer este producto.



Figura 49. Cápsula de Mocava basada en la patente original de Favre. [MOC12]

En Julio de 2.011 la marca italiana *Caffè Vergnano* empezó a comercializar sus propias cápsulas bajo el nombre comercial de *Espresso 1882*, bajo patente propia. Las cápsulas son biodegradables y usan un sistema de tapa más complejo que el de otras cápsulas existentes.



Figura 50. Imagen de la cápsula de Caffè Vergnano. [VER12]

Ya en febrero de 2.012 la empresa vasca Cafés Fortaleza registra su propio modelo de cápsula compatible Nespresso. La cápsula está realizada en material plástico inyectado, de forma troncocónica. La cápsula se rellena por la base inferior y una vez cargada se cierra con una tapa de aluminio. El diseño está caracterizado porque la base superior presenta un pie de apoyo perimetral y una zona central, hundida hacia el interior de la cápsula, presentando una serie de perforaciones distribuidas uniformemente, de manera que se

genera un hueco que se cierra herméticamente con una segunda tapa de aluminio. El ala circunferencial que cierra la base inferior cuenta con un remate y un dentado que dotan al ala de rigidez y flexibilidad para un óptimo acoplamiento hermético a la máquina en la fase de erogación. La cápsula fue presentada en la OEPM el 25 de octubre de 2011 como modelo de utilidad con el número de patente [ES1075815U].

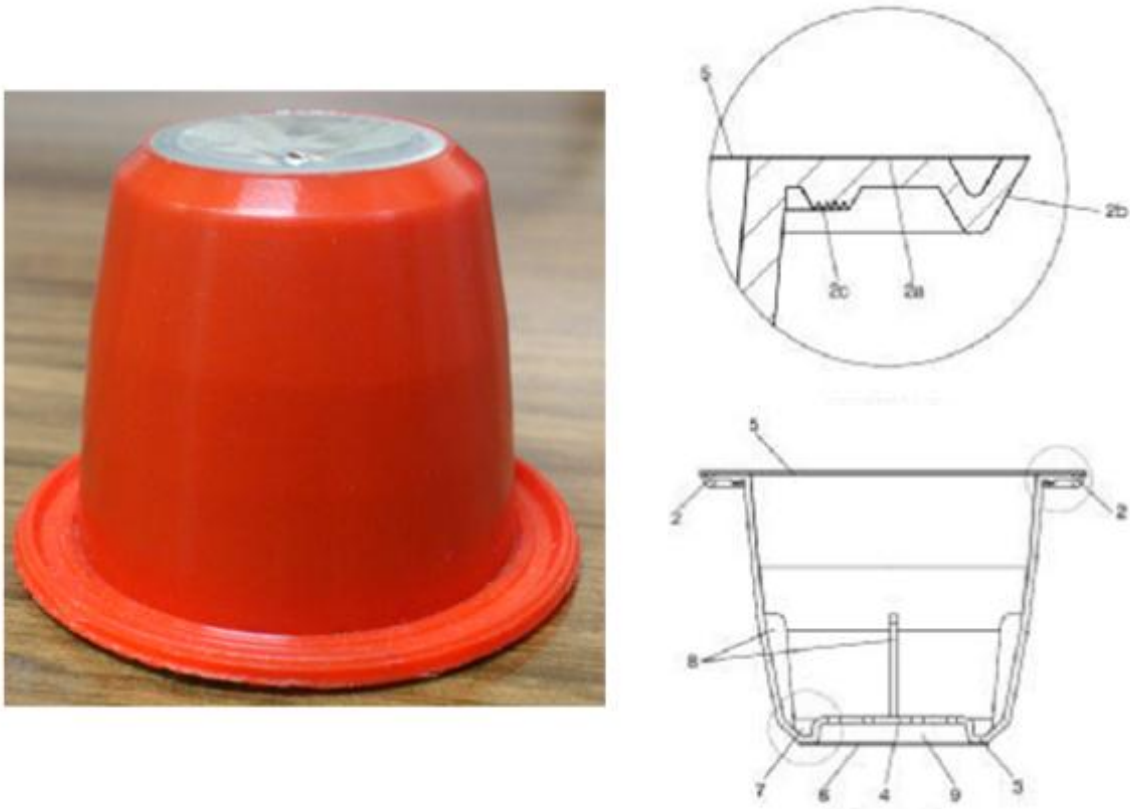


Figura 51. Cápsula de Cafés Fortaleza, fotografía del prototipo, y detalles de los elementos innovadores señalados en la patente. [ES1075815U]

La empresa gallega Cafés Candelas se sumó también al carro de las cápsulas compatibles comercializando un modelo perforado bajo la marca *Selectum Espresso* en febrero de 2012. Las cápsula de Candelas sigue una patente italiana de noviembre de 2011, en concreto la presentada por Riccardo Simoncini con número [EP2452893]. La cápsula que comprende un cuerpo sin forma definida por la patente. La cápsula tiene como todas las demás reclamaciones sobre las bases, el mecanismo de erogación, el sistema de perforación etc. La diferencia reside en que la base superior está perforada siguiendo un patrón regular que facilita el paso de la mezcla agua-aire por el interior de la cápsula, pero impide la salida de sólido del interior (Figura 52 número 110). La base superior tiene una

resistencia a la perforación suficientemente alta como para prevenir la perforación completa al presionar el sistema de cuchillas. El material de fabricación es PP. [EP2452893]

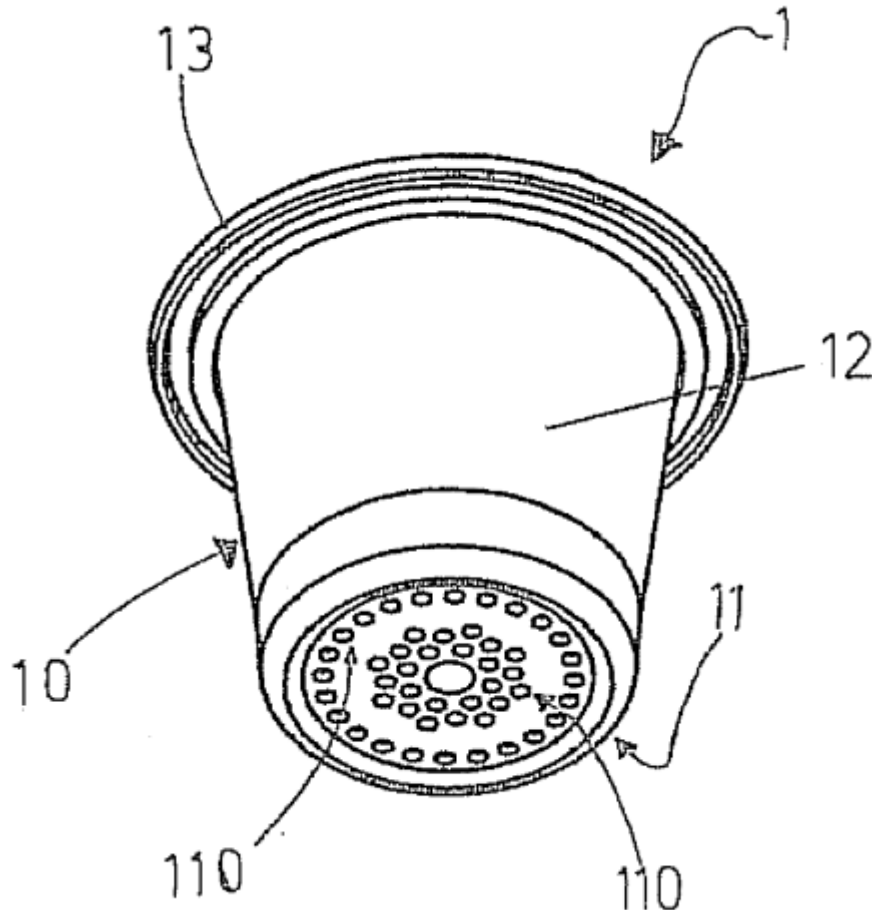


Figura 52. Imagen del perforado de la base superior de la cápsula de Café Candelas. [EP2452893]

Durante el mismo mes la empresa tostadora asturiana Fast Eurocafé, una de las más importantes del norte de España, a través de su marca comercial Cafés Oquendo, comenzó a vender sus propias cápsulas basadas en el modelo de café-caps que ya comercializaba Mocava meses [FR2373999] antes. Oquendo decidió añadir un aro de goma bajo el ala de base inferior de la cápsula para garantizar la estanqueidad en el momento de la erogación y evitar los atascos de las cápsulas que los café-caps de Mocava tenían en las cafeteras posteriores a agosto de 2.010. Oquendo comercializa tres variedades de café y una de té. [OQU12]



Figura 53. Imagen de las café-caps comercializadas por Cafés Oquendo. [OQU12]

Por ultimo la marca Origen & Coffee lanzó sus propias cápsulas en la distribuidora Bedima en febrero de 2.012, seguido a los pocos meses de diferentes variedades de té bajo la marca Origen & Tea.

Mientras tanto la compañía Unión Tostadora estaba trabajando en el desarrollo de sus propias cápsulas, con una previsión inicial de iniciar la comercialización a finales del año 2.012.

Esta sucesión de familias de patentes de Nestlé-Nestec sumado la aparición de otras cápsulas en el mercado provocó que se produjera una clasificación, casi natural entre dos corrientes de diseño. Por un lado están las cápsulas diseñadas siguiendo la patente de Favre [FR2373999], propiedad de Nestlé, que son cápsulas de unos 30 cm de largo, que se denominaran cápsulas largas, y por otro lado elementos más cortos, cuya longitud está en torno a las 24 cm, que se denominaran cápsulas cortas. La diferencia de tamaños se debe a que las cápsulas cortas carecen de copela cónica, sino que tienen una pared inferior plana, perpendicular al eje de simetría de la cápsula. Como ejemplo de cápsula larga tenemos la propia de Nestec o la de Ethical Coffee y como ejemplo de cápsula corta la de Marcilla o las de autorrelleno Ne-Cap.

HERRAMIENTAS DE DISEÑO

6. HERRAMIENTAS DE DISEÑO.

6.1 Introducción.

En este capítulo se describen brevemente las herramientas que se han utilizado en el diseño de la cápsula, desde la idea inicial del problema hasta la fabricación de los prototipos de comprobación del funcionamiento.

Inicialmente se explican las técnicas de creatividad usadas en las fases 1), 2), 3) y 4), señaladas en el capítulo 4.2, en el que se detalla la metodología de trabajo empleada en el proceso. Las técnicas que se desarrollaron en esta fase son el brainstorming, el método DELPHI y la el TRIZ. El brainstorming se aplicó con el objetivo de obtener ideas nuevas que permitieran obtener mejoras en las cápsulas. Este análisis de las patentes fue la principal fuente de información para generar las especificaciones técnicas que debían cumplir las cápsulas. El método DELPHI permitió, además de obtener más información para las especificaciones técnicas, realizar la selección de materiales y encontrar mejoras importantes en la morfología de la cápsula. Además en estas fases se aplicó también la técnica de análisis de valor, que aunque no encaje dentro de las técnicas de creatividad, complementa a estas y ayuda en las fases iniciales del diseño de productos. Complementando el análisis de valor también se aplicó otra herramienta de gestión, el método QFD.

El diseño fue sometido a un análisis con una herramienta clásica de validación el AMFE, que sirvió para comprobar que las morfologías diseñadas cumplieran con los requisitos técnicos planteados.

También se detallan someramente las dos principales técnicas de prototipado rápido que se tuvieron en cuenta, la estereolitografía y el sinterizado láser.

Para facilitar la comprensión del proceso seguido se describen a continuación de manera somera las técnicas utilizadas en el proceso de diseño.

6.2 Técnicas de creatividad.

6.2.1 Introducción.

El razonamiento discurre por unos caminos ya establecidos por el cerebro y por ende es difícil que surjan ideas o soluciones novedosas. Así pues, para la invención o para resolución de un problema, se aplica generalmente el conocimiento que el cerebro ya domina. Si la solución ideal al problema cae fuera del dominio del saber o experiencia, resultará muy difícil dar con ella.

La creatividad se entiende como la capacidad para combinar ideas o sistemas de una manera original o para establecer asociaciones poco comunes entre las ideas. Se trata de una valiosa ayuda para la resolución de problemas. Creatividad e Innovación son dos conceptos que están relacionados. La innovación se entiende como un proceso que busca una solución creativa a un problema o necesidad concreta. En un ambiente dinámico de trabajo conviene fomentar la innovación y el desarrollo de ideas creativas. [KAU10]

Una definición que incluye la creatividad desde el punto de vista del producto sería la identificación de un problema, el planteamiento del mismo y la solución implementada para su resolución de manera original y divergente.

Las técnicas de creatividad son métodos estructurados que permiten el entrenamiento creativo, que se realizan mediante acciones que en general, son más importantes que la técnica en sí misma, y que deben servir como estímulo intelectual. No aseguran el éxito, simplemente permiten direccionar el pensamiento en etapas o procedimientos concretos y ayudan a desarmar los caminos del pensamiento vertical habitual. [HUR04]

Para la elección de una técnica u otra se debe tener en cuenta la definición del objetivo del proyecto y con qué fin se va a usar la técnica.

El proceso creativo es prácticamente invariable. La mente del inventor se prepara previamente mediante la compilación de la información relevante sobre el problema que le preocupa. Habitualmente el cerebro produce intentos continuados de plantear el problema de una forma lógica aunque evita aceptar ninguna solución como definitiva. La

idea creativa surge cuando el individuo no está directamente concentrado en el problema, sino que se encuentra en un estado de abstracción.

Existen numerosísimas técnicas de creatividad. Algunas de ellas como el brainstorming han derivado en otras que se adaptan para caso más concretos, creando familias de técnicas. Las más extendidas son:

- 1) Brainstorming.
- 2) Método DELPHI.
- 3) TRIZ.
- 4) Mapas mentales.
- 5) Inversión.
- 6) Fantasía.
- 7) Analogías.
- 8) Análisis morfológico.
- 9) Scamper.
- 10) Seis sombreros para pensar.
- 11) Pensamiento Lateral.

En general, las técnicas van de las poco estructuradas a las muy estructuradas. Un ejemplo de técnica altamente estructurada es el TRIZ, a diferencia de técnicas como el brainstorming o el pensamiento lateral que se basa en la generación de ideas aleatorias. [HUR04]

6.2.2 Brainstorming.

Los problemas a los que se enfrentan los diseñadores son muchos y variados, abarcando desde aquellos que requieren soluciones radicalmente nuevas, a problemas cotidianos. Una amplia gama de problemas se benefician de la aplicación de las técnicas de creatividad organizada, como es el brainstorming o lluvia de ideas. [HUR04]

El brainstorming consiste en atacar un problema con todo el poder creativo del cerebro y como actividad de grupo. El principio básico es el de la asociación de ideas. En otras palabras, las ideas se generan por las ideas presentadas por otros.

El Brainstorming es probablemente la técnica más antigua y más conocida, al menos de nombre. Su creador fue el estadounidense Alex Osborn, quien lo describió en su libro *Applied Imagination*, publicado el 1.953, aunque ya lo venía usando desde 1.939. Planteó esta técnica como alternativa a las habituales reuniones de negocios, ya que muchas de éstas eran una pérdida de tiempo debido a que no producían valor añadido.

Sus objetivos principales son:

- 1) Romper las limitaciones habituales del pensamiento.
- 2) Producir un conjunto de ideas entre las que poder escoger.

Se establecen cuatro reglas que deben ser seguirse por los grupos de discusión en una reunión de brainstorming:

- 1) **Crítica:** Se debe evitar la evaluación y la crítica de las ideas en esta etapa ya que inhibe la producción de ideas. Incluso la idea más disparatada puede tener alguna utilidad. El principal inhibidor de la creatividad es la actitud por lo que todo juicio de valor debe aplazarse. Crear y juzgar al mismo tiempo es como echar agua caliente y fría en el mismo cubo.
- 2) **Pensamiento libre.** Se busca dar rienda suelta a los pensamientos y la imaginación creativa. Las ideas imposibles o inimaginables también serán consideradas, es más se aconseja que en cada sesión haya alguna idea lo suficientemente disparatada que provoque la risa al grupo para distender el ambiente de la reunión.
- 3) **Cantidad:** La premisa básica es que la cantidad produce calidad. Hace falta generar un gran número de ideas que posteriormente se puedan revisar; a mayor número de ideas, más fácil es escoger entre ellas. Hay dos razones para desear un gran número de ideas. La primera razón es que las ideas obvias, habituales o impracticables suelen venir primero a la mente, de forma que es probable que las 20 o 25 primeras ideas no sean frescas ni

creativas. La segunda razón es que cuanto más larga sea la lista, más habrá que escoger, adaptar o combinar.

- 4) **Combinación y mejora:** Después de la inundación inicial de ideas, se examina cada una de ellas para asegurarse que el principio básico está claramente identificado. Los participantes pueden sugerir mejoras de las ideas de los demás. Utiliza las ideas de los demás como estímulo para conseguir mejoras de utilidad.

Durante una sesión de brainstorming todas las sugerencias e ideas se registran. La recogida de ideas suele llevarse a cabo hasta generar unas setenta cuando es conveniente detener el proceso. El registro de las ideas surgidas conlleva que no se use la memoria a corto plazo, provocando que la mente quede despejada y libre para seguir produciendo nuevas ideas.

La duración óptima de una sesión de brainstorming es aproximadamente de media hora. Normalmente las ideas más creativas se generan en el segundo cuarto de hora. En las sesiones los participantes deben ser libres de contribuir en cualquier instante y los grupos no deben excesivamente numerosos, el máximo número de participantes para optimizar la sesión es de 6. Los participantes deben situarse en una mesa circular en que todos los miembros se puedan verse sin dificultad.

6.2.3 Método DELPHI.

El método DELPHI fue desarrollada por la Corporación Rand en los años 50 a raíz de un proyecto militar patrocinado por el ejército de Estados Unidos. Toma su nombre de las consultas que en la antigua Grecia hacían sus habitantes al Oráculo de Delfos para conocer el destino de sus acciones. [SAN03]

Consiste en consultar a un grupo de expertos de manera iterativa y de forma anónima, con el propósito de obtener juicios y propuestas, buscar puntos en común y organizar las respuestas para intentar conseguir un consenso.

La técnica considera como experto a los individuos cuya opinión tiene gran valor y utilidad para valorar intuitivamente la importancia relativa de diversos factores referentes a un determinado estudio.

La técnica se utiliza sobre todo para:

- 1) Formulación de problemas.
- 2) Establecimiento de metas y prioridades.
- 3) Identificación de soluciones.

Las características que distinguen a la técnica son:

- 1) Anonimato.
- 2) Retroalimentación controlada.
- 3) Respuesta estadística de grupo.

Las principales ventajas que presenta la técnica son:

- 1) Es recomendable cuando existe gran incertidumbre en los datos, se encuentran dispersos o se carece de ellos.
- 2) La actitud del entrevistado es de búsqueda de respuestas y no de resistencia como podría suceder en caso de reunir a los entrevistados en grupo.
- 3) Permite obtener información de personas antagónicas entre sí y evita la dominación individual por parte de algún experto.
- 4) Dar un juicio por escrito obliga al experto a pensar seriamente en el problema, a ser coherente y conciso.

En el procedimiento DELPHI intervienen tres grupos diferentes:

- 1) **Los decisores:** Las personas que en última instancia actúan con los resultados del estudio.
- 2) **Los entrevistados:** Las personas que emiten su juicio respondiendo los cuestionarios.

- 3) **Los conductores:** Las personas que interactúan entre los decisores y los entrevistados.

El procedimiento se resume en las fases siguientes:

- 1) Definición del problema.
- 2) Establecimiento de los objetivos.
- 3) Selección de los entrevistados.
- 4) Formulación y envío del primer cuestionario.
- 5) Análisis de las respuestas del primer cuestionario.
- 6) Formulación del segundo cuestionario y envío.
- 7) Análisis de las respuestas del segundo cuestionario.
- 8) Formulación del tercer cuestionario y envío.
- 9) Análisis de las respuestas del tercer cuestionario.
- 10) Elaboración del informe final.

Existen cuatro condiciones básicas que se deben cumplir para que el método DELPHI tenga éxito. Estas cuatro condiciones son:

- 1) Creatividad del grupo de trabajo en el diseño del cuestionario.
- 2) Acertada selección del grupo de expertos.
- 3) Alta motivación en los expertos y destreza de los conductores.
- 4) Disponer del tiempo necesario.

6.2.4 TRIZ.

El TRIZ es un método de resolución de problemas y de invención, desarrollada por Genrich Altshuller en 1.946. Genrich Altshuller era examinador de patentes de la armada Soviética y en su trabajo revisó cerca de 200.000 patentes realizando una clasificación por su principio inventivo. Con esta clasificación consiguió identificar una serie de pasos

necesarios que se presentaban en la mayoría de invenciones y que podían aplicarse a cualquier nueva invención que se intentara acometer. [COU06]

El TRIZ es una teoría sobre la cual se ha desarrollado una metodología basada en modelos para la generación de ideas y soluciones innovadoras para resolver problemas. TRIZ provee de herramientas para la formulación de problemas, el análisis de sistemas y el análisis de fallos. A diferencia de otras técnicas como el Brainstorming, basada en la generación de ideas aleatorias, el TRIZ intenta crear un enfoque algorítmico.

El método TRIZ permite simplificar técnicamente los productos y los procesos, resolver conflictos y contradicciones técnicas sin necesidad de soluciones intermedias y reducir el ciclo de desarrollo. Ayuda a crear productos y procesos innovadores de forma rápida y sencilla.

El TRIZ se aplica en problemas de todos los sectores industriales. Las soluciones obtenidas son generalmente patentables, y la propia metodología TRIZ ayuda a conseguir una mejor calidad en la cartera de patentes.

En el análisis de patentes realizado por Genrich Altshuller se observó que existían diversos grados de novedad en las patentes. Estos grados de novedad se catalogaron en 5 niveles de menor a mayor novedad, que reflejaban el nivel de conocimiento aplicado a las soluciones inventivas.

Nivel	Grado de Novedad	% Patentes	Fuente de Conocimiento
1	Solución aparente	32	Conocimiento personal
2	Mejora moderada	45	Conocimiento dentro de la empresa
3	Mejora importante	18	Conocimiento dentro del sector
4	Concepto nuevo	4	Conocimiento fuera del sector
5	Descubrimiento	1	Todo el conocimiento

Tabla 16. Niveles de los grados de novedad según el método TRIZ. [TRI12]

Altshuller se dio cuenta que la mayoría de problemas estaban en los niveles 1 y 2, y que se podían resolver aplicando correctamente el conocimiento habitual, sin necesidad de aplicar la metodología TRIZ. Sin embargo los niveles 3 y 4, cuya solución está fuera del conocimiento habitual podrían beneficiarse usando TRIZ.

Las contradicciones técnicas y físicas son las piedras angulares del TRIZ. Si no hay ninguna contradicción técnica entonces no se trata de un problema inventivo y por tanto el TRIZ no es necesario. [KRA10]

La contradicción técnica supone un conflicto entre características dentro de un sistema, es decir la mejora de un parámetro del sistema causa el empeoramiento de otro parámetro. Altshuller identificó 40 principios que podrían utilizarse para eliminar contradicciones técnicas y también identificó 39 características que pueden usarse para describir una contradicción técnica.

Una contradicción física es un conflicto entre dos exigencias físicas mutuamente exclusivas referentes a un mismo parámetro de un elemento del sistema. Pueden utilizarse cuatro principios de separación para vencer estas contradicciones, separación en el tiempo, separación en el espacio, reordenación de las partes o transformación físico-química de las sustancias.

Una vez que se ha identificado el sistema técnico y ha definido la contradicción, deberían evaluarse que recursos están disponibles para vencer la contradicción. Los recursos deben ser sin coste añadido o de bajo coste, tanto internos como externos.

Para la resolución del problema se utiliza la declaración del Resultado Final Ideal (RFI). Se utilizan habitualmente tres formulaciones RFI básicas:

- 1) El Sistema por sí mismo realiza la función requerida.
- 2) El Sistema está ausente pero sus funciones son realizadas.
- 3) Esta función no es necesaria.

El TRIZ presenta una herramienta esencial en la resolución de las contradicciones, el Algoritmo de Resolución de Problemas Inventivos (ARIZ). El ARIZ es una herramienta de destilación que proporciona una serie de pasos lógicos secuenciales para desarrollar una solución para un problema complejo.

El TRIZ también propone algunas herramientas para vencer la inercia psicológica o mental durante la solución de problemas TRIZ. El pensamiento multiventana es una de esas herramientas. Este método permite representar un desarrollo mental con la aplicación de,

al menos, 9 ventanas. El sistema en sí mismo, el supersistema y el subsistema son representados en el pasado, presente y futuro. Este acercamiento conduce al desarrollo de nuevos conceptos de soluciones y superación de fallos. Otra de estas herramientas sería la Dimensión Tiempo Coste. Este método incluye experimentos mentales con aumento y disminución de dimensiones, tiempo de operación y coste del sistema mejorado. Después las nuevas posibilidades son analizadas y algunas de estas pueden utilizarse para el desarrollo de un nuevo sistema.

Numerosas empresas, algunas de las más importantes del mundo, han adoptado la metodología TRIZ en alguno de sus productos y/o procesos. Entre estas empresas figuran, BMW, General Dynamics, Nokia, McDonnell Douglas, Barilla, Motorola, LG Electronics, Ford, General Motors, UPS, Siemens, Intel, Ericsson, Texas Instruments, Bosch, Toyota o Grupo Uralita. [TRI12]

6.3 Herramientas de gestión del diseño.

6.3.1 *Análisis de Valor.*

Es una técnica que pretende mejorar el valor de un producto o de un proceso mediante el análisis de los componentes que lo integran, sus funciones y los costes asociados a cada uno. El objetivo final es reducir el coste de producto sin mermar su funcionalidad, mejorando la relación función/coste. [CLA88]

Los parámetros que definen esta técnica son:

- **Necesidad (N):** Algo que es necesario o deseado por el cliente.
- **Función (F):** Acción que realiza un producto por la cual se satisface la necesidad de un consumidor.
- **Coste (C):** Precio que el consumidor debe pagar para disponer del producto.
- **Valor (V):** Es la relación entre una función destinada a satisfacer la demanda de un consumidor y el coste de dicha función $V = \frac{F}{C}$.

El análisis de valor busca desarrollar funciones adecuadas a las necesidades a un coste menor, diseñando productos de mayor valor. Se utiliza para analizar un producto o

proceso con el fin de determinar el valor real de cada componente, y en la etapa de diseño detallado determinar los componentes que se pueden optimizar para intentar recortar costes.

Las funciones se pueden estructurar jerárquicamente, a partir de una función principal, a la que siguen una serie de funciones secundarias: árbol funcional.

El proceso tiene los siguientes pasos:

- **Preparación y recogida de información:** componentes, costes de fabricación, coste de proyecto.
- **Análisis:** se analizan las funciones, y se les asigna una importancia y un coste. Es la fase fundamental del proceso de diseño, ya que supone la traducción de necesidades en funciones y su cuantificación.
- **Generación de soluciones:** se trata de generar soluciones alternativas que aumenten el valor del producto.
- **Evaluación de alternativas:** se comparan las ideas con unos criterios preestablecidos: grado de mejora, viabilidad técnica, simplicidad, coste de implantación, etc.
- **Implantación de las mejoras y control del proceso:** se documenta el proyecto, describiendo las mejoras aportadas y el plan de implantación, con técnicas de gestión de proyectos.

El empleo del Análisis del Valor, tiene como objetivos primordiales los siguientes:

[CGE12]

- 1) Mejora de la calidad.
- 2) Incremento de la productividad.
- 3) Mejora de la rentabilidad.
- 4) Apertura a la innovación.

El análisis del valor puede aplicarse a distintos objetivos:

- 1) Innovaciones tecnológicas.
- 2) Productos y servicios.

- 3) Logística.
- 4) Métodos de producción.
- 5) Mantenimiento.
- 6) Reducción de costes fijos.
- 7) Estudio de redes y flujos.

6.3.2 QFD.

El QFD se desarrolló en 1.972 en el astillero de Mitsubishi en Kobe (Japón), para ser exportado posteriormente a Estados Unidos de la mano de Ford y Xerox en 1.986. Actualmente se encuentra ampliamente adoptado por importantes compañías japoneses, norteamericanas y europeas. [CLA88]

El desarrollo del método QFD implica la colaboración de un equipo interfuncional de marketing, I+D, fabricación y ventas. Se trata de una herramienta de gran ayuda en el diseño y desarrollo de productos, brindando procedimientos y procesos de mejorar de la comunicación centrándose en el lenguaje del cliente.

El método QFD se desarrolla en seis fases:

- 1) **Input del cliente:** Es la fase del proceso en la que se determinan los requerimientos del cliente relacionados con el producto.
- 2) **Requerimientos actuales del fabricante/especificaciones a los proveedores:** Para satisfacer los requisitos de los clientes, el técnico trabajará en ciertas especificaciones del producto e indicará a los proveedores que se centren en las mismas.
- 3) **Matriz de planeaciones:** Es el componente que se usa para traducir los requerimientos del cliente en los planes necesarios para satisfacer los requerimientos. Se trata de marcar los requisitos del cliente en una matriz y los procesos de manufactura en otra, jerarquizando los requisitos del cliente, y tomando decisiones relacionadas a las mejoras necesarias en los procesos de fabricación.

- 4) **Relaciones:** Se convierten los requisitos del cliente en términos o expresiones de fabricación.
- 5) **Lista Jerarquizada de los requerimientos críticos del proceso productor:** Es la fase en la que se jerarquizan los requisitos de los procesos críticos.
- 6) **Identificar intercambios relacionados a los requerimientos de manufactura:** Se identifican los trade-offs que tienen que ver con los requisitos del productor. En vista de los requisitos del cliente y de las capacidades de fabricación se determina que es lo mejor que puede hacerse para cumplir los requisitos.

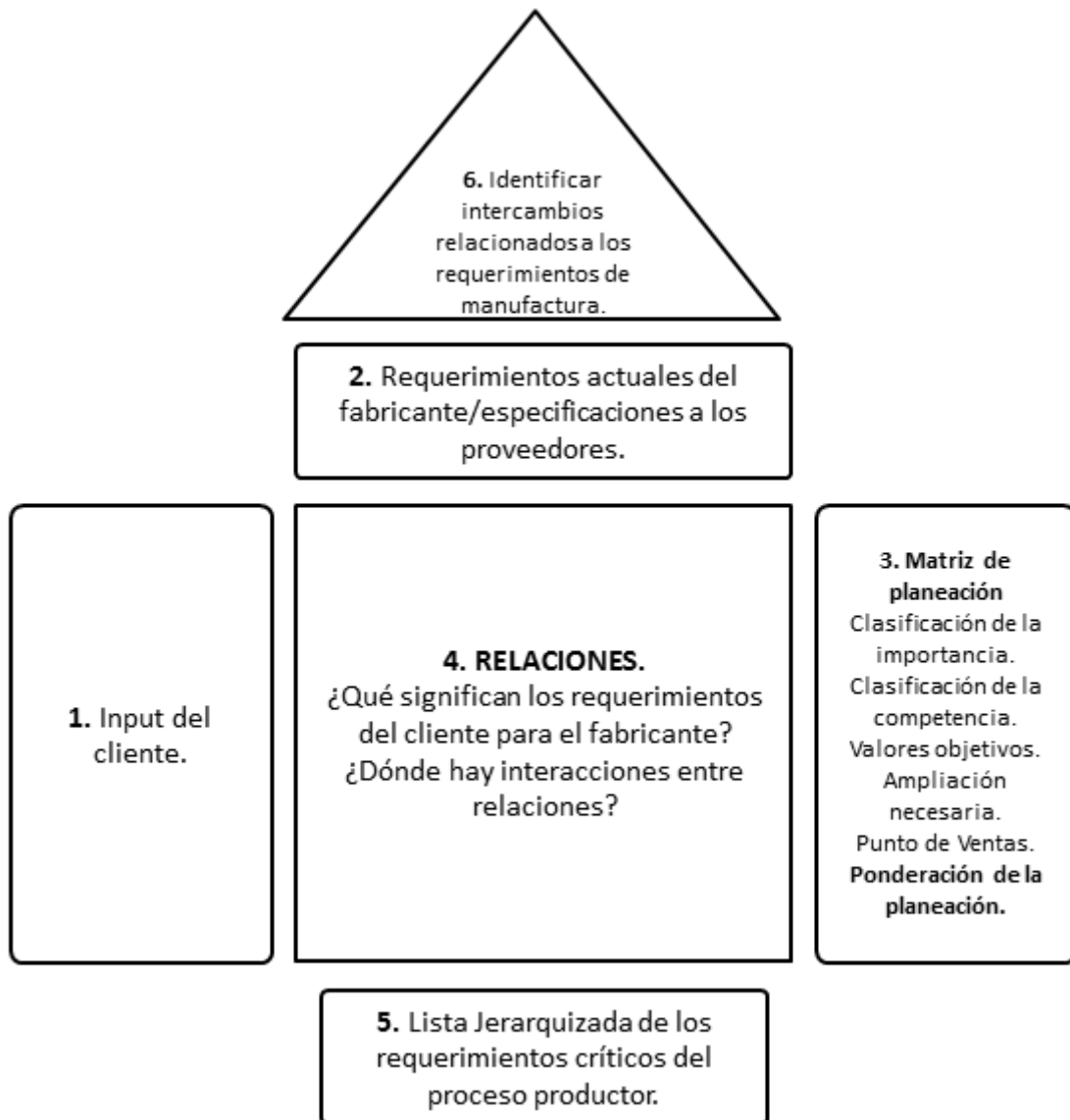


Figura 54. Esquema de las fases del proceso QFD. [CLA88]

El ciclo completo del proceso QFD se basa en la confección de seis matrices que se realiza de forma consecutiva:

- 1) **Matriz 1:** Se usa para comparar los requerimientos del cliente con las características técnicas del producto. Las demás matrices del QFD se originan de esta primera matriz.
- 2) **Matriz 2:** Estas dos matrices producen la información necesaria para contestar las siguientes preguntas: ¿Qué quiere el cliente?, ¿Cuáles son los requisitos técnicos relacionados con las características que quiere el cliente?, ¿Qué tecnologías son necesarias para satisfacer o superar los requisitos del cliente? y ¿Cuáles son los trade-offs que tienen que ver con los requerimientos técnicos?
- 3) **Matriz 3:** Se usa para comparar las tecnologías aplicadas de la matriz 2 con sus procesos de manufactura asociados. La matriz ayuda a identificar variables críticas en los procesos de manufactura.
- 4) **Matriz 4:** Se usa para comparar los procesos de manufactura de la matriz 3 con sus procesos de control de calidad asociados. Esta matriz produce la información necesaria para optimizar procesos. A través de la experimentación, se determina la confiabilidad y repetibilidad de los procesos.
- 5) **Matriz 5:** Se usa para comparar los procesos de control de calidad con sus procesos de control estadístico del proceso. Esta matriz ayuda a garantizar que se están usando los parámetros y variables del proceso adecuados.
- 6) **Matriz 6:** Se usa para comparar los parámetros del control estadístico del proceso con las especificaciones que se han desarrollado para el producto terminado. En este punto, se hacen ajustes para garantizar que el producto producido es el producto que quiere el cliente. El proceso QFD garantiza que todos los recursos se usen óptimamente de forma tal que maximicen las posibilidades de la organización para satisfacer o exceder los requerimientos del cliente.

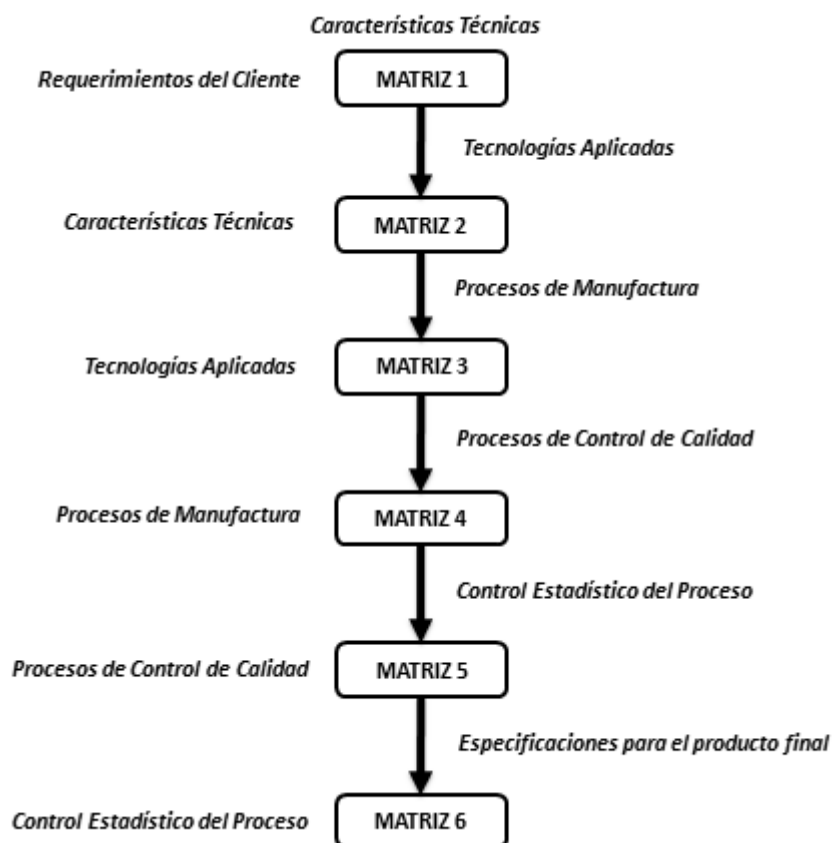


Figura 55. Relación de las matrices del ciclo completo del QFD. [CLA88]

Los principales beneficios que presenta el QFD son:

- 1) Está orientado al cliente. El QFD requiere la recolección del input y retroalimentación del cliente. El desempeño de la organización contra los requerimientos, así como la de los competidores se estudia cuidadosamente.
- 2) Es un método eficiente en tiempo, que puede reducir el tiempo de desarrollo porque se centra en los requerimientos del cliente y no desarrolla características de poco valor para el cliente.
- 3) Está orientado al trabajo en equipo. En el QFD las decisiones están basadas en el consenso e incluyen una discusión a fondo y sesiones de brainstorming.
- 4) Está orientado hacia la documentación. Uno de los productos del proceso QFD es un documento amplio y completo que reúne todos los datos

pertinentes acerca de todos los procesos y como éstos resultan en suma contra los requerimientos del cliente.

6.4 Prototipado rápido.

6.4.1 Introducción.

Se define el prototipado rápido como el conjunto de tecnologías que permiten la obtención de prototipos en menos de 24 horas a partir de un fichero CAD. [PRO11]

El prototipado rápido es un proceso utilizado para fabricar artículos de plástico, metal o cerámica de geometrías variables. Se trata de un proceso de fabricación capa a capa, es decir se van añadiendo sucesivas capas de material de manera superpuestas.

Inicialmente el prototipado rápido se usaba para la fabricación de prototipos, pero actualmente también se utiliza como un proceso de fabricación más, como por ejemplo sucede en la obtención de coronas y puentes dentales.

Las tecnologías de prototipado rápido están pensadas para apoyar el desarrollo de productos en su fase de diseño de producto ya que permiten disponer de un modelo físico que permite realizar pruebas de testeo y validación. Mediante las técnicas de prototipado rápido, los objetos son creados directamente a partir de un modelo CAD 3D de un modo similar a una impresora convencional pero en 3 dimensiones. La fabricación se realiza mediante secciones bidimensionales discretas tomadas del fichero CAD depositando un material, bien sea sinterizado bien sea una resina fotosensible a la luz ultravioleta.

El espesor de las capas varía dependiendo del proceso y oscila entre 16 y 200 μm . Este parámetro influye en la velocidad de fabricación de la pieza y define el mejor o peor acabado superficial y la tolerancia de las piezas.

El prototipado rápido ayuda de gran manera a estudiar la manera óptima de fabricar el producto en el futuro, pudiendo reorientar su diseño, buscando optimizaciones del diseño inicial.

La evolución de esta tecnología se dirige hacia la fabricación de las piezas finales directamente desde el fichero CAD 3D sin necesidad de realizar ningún tipo de molde.

6.4.2 Principales técnicas de prototipado rápido.

La naturaleza diseña y fabrica sus productos de manera optimizada, tanto desde el punto de vista del consumo de materiales como desde el consumo de energía. En cuanto al diseño, la naturaleza utiliza dos únicos elementos, el círculo y los fractales. En cuanto a la fabricación, la naturaleza optimiza su producción situando material únicamente allí donde es necesario, fabricando mediante la superposición de capas como por ejemplo las capas cilíndricas en los troncos de un árbol o las capas esféricas para la obtención de perlas. Sin embargo el ser humano siempre ha diseñado y producido de manera sustractiva que es poco eficiente, frente a la forma aditiva de la naturaleza. Las tecnologías que permiten al ser humano diseñar y fabricar como la naturaleza se denominan genéricamente tecnologías aditivas de fabricación, en inglés *Additive Manufacturing* (AM). [PRO11]

La fabricación aditiva consiste básicamente en manipular el material a escala micrométrica y depositarlo de forma muy precisa para construir un sólido. Permite fabricar complejas geometrías.

Las tecnologías AM más difundidas son: [ALO02]

- 1) **Estereolitografía (SLA):** Emplea un láser UV que se proyecta sobre un baño de resina fotosensible líquida para polimerizarla.
- 2) **Sinterización selectiva láser (SLS):** Se deposita una capa de polvo, de unas décimas de mm, en una cuba que se ha calentado a una temperatura ligeramente inferior al punto de fusión del polvo. Seguidamente un láser CO₂ sinteriza el polvo en los puntos seleccionados.
- 3) **Fotopolimerización por luz UV (SGC):** Esta tecnología se basa en la solidificación de un fotopolímero o resina fotosensible a la que se irradia con una lámpara de UV de gran potencia en todos los puntos de la sección simultáneamente.
- 4) **Deposición de hilo fundido (FDM):** Una boquilla que se mueve en un plano horizontal deposita un hilo de material a 1 °C por debajo de su punto de fusión. Este hilo solidifica inmediatamente sobre la capa precedente.

- 5) **Fabricación por corte y laminado (LOM):** Una hoja de papel encolado se posiciona automáticamente sobre una plataforma y se prensa con un rodillo caliente que la adhiere a la hoja precedente.
- 6) **Proyección aglutinante (DSPC):** Esta tecnología trabaja mediante la deposición de material en polvo en capas y la ligazón selectiva del mismo mediante la impresión de "chorro de tinta" de un material aglutinante.

En general se reserva la fabricación de precisión a la estereolitografía y cuando valora más las prestaciones mecánicas del modelo (prototipos funcionales), se prefiere el sinterizado, que ofrece más variedad de materiales. [PRO11]

6.4.3 Estereolitografía (SLA).

La estereolitografía es un proceso de fabricación rápida de prototipos que utiliza la estratificación para la construcción de un modelo físico de diseño. Esta tecnología utiliza diferentes resinas epoxis fotosensibles que solidifican capa a capa al exponerlas a un láser con frecuencia UV. La característica principal de esta tecnología es la elevada precisión en la reproducción de detalles en los prototipos rápidos que fabrica. [PRO11]

Es la técnica de prototipado rápido más antigua siendo actualmente una todavía más efectiva resultando en determinadas circunstancias insustituible por otros procesos.

El funcionamiento se basa en el cambio de fase de una resina inicialmente líquida a estado sólido. El cambio de fase se produce por la acción de un láser con longitud de onda de luz ultravioleta, que endurece la resina. Funciona al igual que el resto de las tecnologías AM con el concepto "capa a capa", en este caso el espesor habitual de la capa es de 100 μm . [FUN12]

Estas máquinas disponen de dos cubetas, una de alimentación y otra de construcción. Desde la cubeta de alimentación se deposita una fina capa de resina líquida en la cubeta de construcción, el software CAD secciona digitalmente el modelo en capas enviando la información de cada sección al cabezal laser, que actúa sobre la superficie de la resina líquida tallando cada sección, produciendo la polimerización sólo de la resina expuesta mientras que el resto de la resina se mantiene en estado líquido. [PRO11]

Pueden obtenerse piezas de geometrías complejas, con una precisión de 0,1 %, reproduciendo espesores finos que pueden llegar a ser de 0,6 mm. Existe una amplia variedad de resinas epoxi con diferentes características, como transparencia, flexibilidad, materiales biocompatibles, etc. Los últimos materiales incorporados a esta técnica tienen comportamientos que se asemejan a los termoplásticos, ofreciendo una alta resistencia al impacto, a las altas temperaturas y a la humedad.

Las resinas más usadas en la técnica SLA son los polímeros de baja viscosidad como el PE, el PP y la PA y el PVC. [FUN12]

Las principales aplicaciones de la técnica son:

- 1) Prototipos funcionales con alta fidelidad dimensional para el análisis de prestaciones, pruebas de ergonomía o validación de diseño en general.
- 2) Prototipos de pequeñas piezas con un gran nivel de detalle.
- 3) Prototipos fáciles de pintar y/o pulir.
- 4) Piezas master para moldes de silicona.
- 5) Prototipos transparentes.

Las ventajas más importantes de esta técnica son:

- 1) Elevada precisión en la fabricación de prototipos.
- 2) Elevada presencia en la industria.
- 3) Capacidad de reproducir detalles y paredes delgadas.
- 4) Buen acabado superficial.

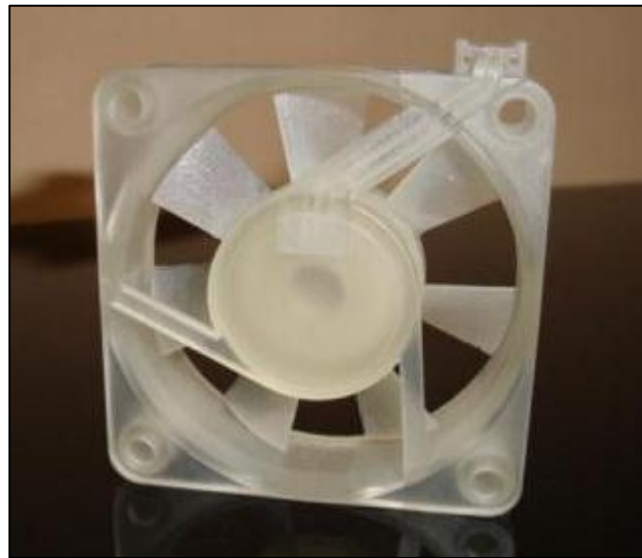


Figura 56. Prototipo de ventilador axial realizado por SLA. [ASE12a]

6.4.4 Sinterizado láser (SLS).

La sinterización selectiva por láser de plásticos es una técnica de prototipado rápido que fabrica las piezas por capas. El material de base es un polvo de polímero de tipo poliamida cuyas partículas miden aproximadamente 50 μm . [ASE12b]

Fue patentada en 1.979, pero no fue comercializada hasta finales de los años 80. Esta tecnología dispone de una bandeja de construcción donde se aplica una capa de poliamida en polvo sobre la anterior. El láser recibe la información de la sección de la pieza correspondiente a dicha capa y sinteriza el material haciendo que las partículas de polvo se unan a la capa anterior, y así sucesivamente hasta que se termina la pieza completa. [PRO11]

En este caso se utiliza un láser de CO_2 . Los espesores típicos son de 100 μm . El material se calienta en la cuba hasta la temperatura de transición vítrea, de modo que el láser aplica sólo la energía necesaria para producir la polimerización. Este proceso de calentar todo el material, tanto el que se sinteriza como el que no, hace que el material se vaya degradando poco a poco.

La gran ventaja de esta tecnología es que no es necesario generar estructuras de soportes, lo que permite fabricar mecanismos, ejes, bisagras, elementos flexibles, muelles,

etc., lo que unido a la gran resistencia de los termoplásticos, convierten a este sistema en una tecnología esencial para fabricación en serie.

La desventaja más notable radica en que el enfriamiento de la cuba una vez terminada la fabricación debe ser lento, para que no se produzcan deformaciones en las piezas. El tiempo de enfriamiento puede ser igual al de producción, lo que va en detrimento de la productividad del sistema. El hecho de que sea necesario elevar la temperatura de la cuba hace que el polvo se degrade y que sea necesario añadir nuevo polvo virgen de refresco en una cantidad no inferior al 50 %, lo que hace que se pierda gran cantidad de polvo sin haber sido consumida. Otra desventaja que puede ser crítica según el resultado esperado, es que estos materiales presentan un aspecto muy poroso y el acabado solo puede ser monocromo.

Los materiales de uso más habitual son la poliamida 12 y otras poliamidas con fibra de vidrio, aluminio o fibra de carbono, que mejoran las características mecánicas del producto final. [PRO11] [ASE12b]

Se obtienen piezas plásticas que pueden personalizarse. Es una técnica de gran rapidez, que permite la realización de complejas geometrías y la posibilidad de realizar procesos posteriores a la pieza como el lijado o el pintado aumentando así sus propiedades estéticas.

La tecnología de sinterizado láser nos permite la realización de: [REP12]

- 1) Réplicas de alta resolución que permiten el estudio de elementos frágiles que no se pueden manipular en el original.
- 2) Prototipos para presentaciones, con lo que se consigue una perfecta percepción del diseño y la geometría.
- 3) Piezas funcionales de distintas.

Los sectores de la automoción y de la aeronáutica son los consumidores más habituales de estas piezas. Otro sector que demanda habitualmente los servicios de esta tecnología es el sector médico, para el que se crean implantes auditivos, guías quirúrgicas para el corte, etc. [PRO11]

Si comparamos esta tecnología con el proceso tradicional de inyección de plástico, la inversión es menor, ya que no es necesaria la realización de un molde, aunque el coste de cada pieza sea mayor. Es rentable la utilización de esta tecnología frente al proceso tradicional de moldes de inyección siempre que las unidades sean menos de 2.000.



Figura 57. Prototipo de un envase realizado por SLS. [ASE12b]

6.5 Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE).

El AMFE es un método dirigido a lograr el aseguramiento de la calidad, que mediante el análisis sistemático, contribuye a identificar y prevenir los modos de fallo, tanto de un producto como de un proceso, evaluando su gravedad, ocurrencia y detección, mediante los cuales, se calculará el número de prioridad de riesgo, para priorizar las causas, sobre las cuales habrá que actuar para evitar que se presenten dichos modos de fallo. [AMF12]

El AMFE (en inglés FMEA) es un vástago del procedimiento militar MIL-P-1629, del *US Armed Forces*, titulado “Procedimientos para realizar un modo de fallo, los efectos y análisis de la criticidad”, con fecha noviembre de 1.949. Fue utilizada originalmente como

técnica de confiabilidad para determinar el efecto de los posibles incidentes del sistema y de equipo. Los incidentes fueron clasificados según su impacto en el éxito de la misión y seguridad del personal del equipo. El procedimiento fue revisado y renombrado en 1.980 con las siglas MIL-STD-1629A.

Sobretudo fue desarrollado y aplicado por la NASA en la década de los 60 para mejorar y para verificar la confiabilidad de la dotación física del programa espacial.

Los objetivos que se pretenden alcanzar cuando se realiza un AMFE son:

- 1) Satisfacer al cliente.
- 2) Introducir en las empresas la filosofía de la prevención.
- 3) Identificar los modos de fallo que tienen consecuencias importantes respecto a diferentes criterios: disponibilidad, seguridad, etc.
- 4) Precisar para cada modo de fallo los medios y procedimientos de detección
- 5) Adoptar acciones correctoras y/o preventivas, de forma que se supriman las causas de fallo del producto, en diseño o proceso
- 6) Valorar la eficacia de las acciones tomadas y ayudar a documentar el proceso

El AMFE es una metodología orientada a maximizar la satisfacción del cliente mediante la reducción o eliminación de los problemas potenciales o conocidos. Para cumplir con este objetivo el AMFE se debe comenzar tan pronto como sea posible, incluso cuando aún no se disponga de toda la información. En concreto el AMFE se debería comenzar:

- 1) Cuando se diseñen nuevos procesos o diseños.
- 2) Cuando cambien procesos o diseños actuales sea cual fuere la razón.
- 3) Cuando se encuentren nuevas aplicaciones para los productos o procesos actuales.
- 4) Cuando se busquen mejoras para los procesos o diseños actuales.

Se pueden distinguir dos tipos de AMFE según en el marco de la gestión del proceso donde se inscriba:

- 1) AMFE de producto: Diseño de nuevos productos.
- 2) AMFE de proceso: Diseño del proceso de fabricación.

Dentro del proceso de diseño de un producto, el AMFE es de aplicación durante las fases de diseño conceptual, desarrollo y proceso de producción. En estas fases el AMFE se complementa con otras herramientas de ingeniería de calidad como QFD, benchmarking, estudio de quejas y reclamaciones, fiabilidad y CEP.

El AMFE de diseño consiste básicamente en realizar un análisis preventivo de los diseños, buscando anticiparse a los problemas y necesidades de los clientes. El AMFE de diseño es el paso previo lógico al de proceso, ya que se tiende a mejorar el diseño, para evitar un fallo posterior en el proceso de producción.

El objeto de estudio de un AMFE de diseño es el producto y todo lo relacionado con su definición. Se analiza por tanto, la elección de los materiales, su configuración física, las dimensiones, los tipos de tratamiento a aplicar y los posibles problemas de realización.

El AMFE se basa en la valoración del fallo según tres criterios diferentes:

- 1) **Frecuencia:** Probabilidad de ocurrencia o presentación del fallo.
- 2) **Gravedad:** Importancia (repercusión y perjuicios) que reviste el fallo, según la percepción del cliente.
- 3) **Detección:** Probabilidad de que el fallo no sea detectado por el sistema de detección antes de llegar el producto al cliente, o durante el uso.

Los pasos a realizar en el método AMFE son un total de 18:

- 1) Nombre del producto.
- 2) Operación o función.
- 3) Modo de fallo.
- 4) Efectos del fallo.
- 5) Gravedad del fallo.

- 6) Características críticas.
- 7) Causa del fallo.
- 8) Probabilidad de ocurrencia.
- 9) Controles actuales.
- 10) Probabilidad de no detección.
- 11) Número de prioridad de riesgo.
- 12) Acción correctora.
- 13) Definir responsables.
- 14) Acciones implantadas.
- 15) Nuevo valor de gravedad del fallo.
- 16) Nuevo valor de probabilidad de ocurrencia.
- 17) Nuevo valor de probabilidad de no detección.
- 18) Nuevo número de prioridad de riesgo.

El número de prioridad de riesgo (NPR) es el valor que se utiliza para ordenar los problemas de diseño o de proceso por orden de importancia. Se calcula como el producto del índice de frecuencia, por el índice de gravedad y por el índice de detección. [AFM12]

El índice de frecuencia (F) pondera la probabilidad de que el fallo suceda. Varía desde un 1, para casos muy remotos con probabilidades menores de $\frac{1}{1,5 \cdot 10^6}$, a 10 cuando el la probabilidad del fallo está por encima de $\frac{1}{2}$.

El índice de gravedad (G) pondera las repercusiones que tendría el fallo en el funcionamiento del sistema. Varía desde un 1, cuando el sistema sigue funcionando si problemas, hasta 10 cuando la gravedad es muy extrema, ya que el fallo afecta a la seguridad y el sistema puede ser utilizado sin que el cliente se advierta del fallo.

El índice de detección (D) pondera la capacidad del usuario de percatarse del fallo del sistema. Varía desde un 1, cuando la fiabilidad de la detección es, como mínimo, del

99.99 %, hasta el 10, cuando se produce una situación de certidumbre total, es decir que si el fallo se produce no será detectado.

Por tanto la fórmula matemática que permite calcular el número de prioridad de riesgo es:

$$NPR = F \cdot G \cdot D$$

HERRAMIENTAS DE
EVALUACIÓN

7. HERRAMIENTAS DE VALIDACIÓN.

7.1 Introducción.

La presencia de las máquinas cafeteras espresso, tipo monodosis, tiene una vida muy corta ya que las primeras invenciones datan de finales de la década de los 70, pero su popularización global fue más tardía, y hasta la primera década del siglo XXI no se vieron como un electrodoméstico en las cocinas. La presencia de varias máquinas diferentes en el mercado, la corta vida del segmento comercial de las cápsulas y la escasa influencia que la mano del barista tiene a la hora de preparar la infusión ha provocado que no hayan aparecido actualmente competiciones normalizadas de las asociaciones internacionales o nacionales del café, por lo que se carece una metodologías estándar para la comprobación de la calidad de las erogaciones, tanto en las propiedades organolépticas de la infusión preparada como el funcionamiento mecánica del elemento en la máquina.

La ausencia de estas técnicas de validación del funcionamiento de los elementos desechables en máquinas monodosis hizo que fuese necesario el desarrollo de una metodología novedosa de evaluación, tanto del funcionamiento de la cápsula, en vacío o cargada, como de la calidad de las propiedades organolépticas obtenidas en la erogación. Esta metodología se basa en los criterios de asociaciones internacionales del café, como la WCE, adaptados a catas con personas no profesionales del mercado del café y a las características especiales de los cafés espresso realizados en las máquinas de cápsulas.

7.2 Metodología para la evaluación del funcionamiento de la cápsula.

En este capítulo se propone una metodología para comprobar que la cápsula diseñada cumple con los requisitos de trabajo planteados en las especificaciones técnicas, señaladas en el capítulo 8.1.

La comprobación de estos requisitos se hará mediante unas pruebas con los prototipos de las cápsulas diseñados al efecto. El diseño de los prototipos se especifica en el capítulo 8.2

Las pruebas se realizarán cargando los prototipos en una cafetera compatible y haciendo circular el agua por el circuito. Se realizarán dos tipos de pruebas, unas con los

prototipos vacíos y otras con los prototipos rellenos. El objetivo será comprobar que las erogaciones se realizan de forma correcta, sin cortes en el flujo de salida de infusión, sin salidas iniciales de agua en vez de infusión, sin fugas de agua por la cafetera, etc.

Se fotografiarán y catalogarán los efectos de la cafetera sobre las cápsulas en el momento de la erogación. Estos efectos deben ser la triple perforación en la base superior y por otro lado el parrillado resultante de la presión ejercida sobre la tapa de la cápsula en la base inferior. Se comprobará que ambos efectos son similares a los sufridos por otros modelos de cápsulas compatibles.

Las infusiones preparadas en estas pruebas no serán usadas en las catas de la metodología descrita en el capítulo 7.3, debido a que el fabricante no aportó el certificado oficial para su utilización en preparados alimenticios.

7.3 Metodología para la evaluación de la infusión preparada.

7.3.1 Propiedades organolépticas del café.

En este capítulo se propone una metodología novedosa para medir las propiedades organolépticas de la infusión obtenida con la cápsula diseñada y compararlas con las obtenidas en otras cápsulas compatibles, es decir comprobar que cumple con los requisitos de calidad planteados en las especificaciones técnicas (capítulo 8.1).

Los criterios de comparación entre las distintas infusiones se basarán en catas a ciegas, con catadores no profesionales, mayores de edad, en las que valorarán tanto cualitativa como cuantitativamente las propiedades organolépticas del café obtenido.

Las propiedades organolépticas son aquellas que se pueden captar por los sentidos. [CDC11a] [ICO11c]

Los sentidos del olfato y del gusto son los más importantes en el proceso de definición de la calidad de una taza de café. Dentro de todas las propiedades del café son de las propiedades organolépticas las más importantes para juzgar la calidad de la infusión. Las cuatro propiedades organolépticas del café son el aroma, el sabor, el cuerpo y la acidez. El objetivo de la catación es analizar de forma sistémica las propiedades organolépticas. [CDC11c] [BAN09]

El *Aroma* es la sensación que producen los compuestos volátiles del café, cuando son percibidos por el sentido del olfato. Algunos de los aroma más comunes del café son acaramelado, carbonado, chocolate, frutal, floral, cereal y quemado. [MEN75]

El *Sabor* es el producto de la exposición del café en las terminaciones nerviosas de la lengua. La descripción del sabor del café se realiza sobre el gusto que estalla en la boca al tomar la infusión y permanece durante un tiempo en el paladar. Los sabores más comunes del café son el dulce, el ácido, el afrutado, el amargo y uno específico que los catadores profesionales denominan como propio del café. [CDC11c] [BQN09]

El término *Cuerpo* es utilizado para describir la sensación que deja el café en la boca. Se determina al deslizar suavemente la lengua a través del cielo de la boca, provocando. Esto permite definir la mayor o menor consistencia de la bebida. Es un indicio inequívoco de la suavidad del café. Un buen espresso presenta cuerpo completo, moderado o balanceado. [LIN99] [CDC11c]

La *Acidez* del café es la propiedad vivificante y limpiadora del paladar. Se experimenta en la sequedad que el líquido produce en los bordes de la lengua y en la parte trasera del paladar. Es la característica más apreciada en la comercialización del café. El grado de acidez varía notablemente conforme a la procedencia del café, siendo la altitud del cultivo del cafeto el factor más importante de cambio. La acidez es una característica muy deseable en el café, pero no debe ser confundida con el sabor agrio o amargo. El parámetro que mide la acidez del café es el pH. No hay una directriz normalizada de la ICO que fije el pH que deben tener los distintos tipos de café, pero si indica que es conveniente que los cafés tipo espresso tengan un pH de entre 5,5 y 6, por lo tanto el café es una bebida ácida. Según un estudio del prestigioso *cafetólogo* Kenneth Davids, el rango de pH de los cafés oscila entre 4,5 y 6. [DAV11] [LIN99]

Las propiedades organolépticas del café dependen de muchos factores. Así por ejemplo, el sabor de una misma variedad de arábica cosechada en Brasil no se parecerá al de un café cosechado en Indonesia, aunque tengan un cuerpo similar y un grado de acidez idéntico. Algunos de los factores que más influyen en las propiedades organolépticas son la variedad del cafeto, la climatología, la altitud, el tipo de recolección, el beneficiado, el

tueste, el envasado, la cafetera usada, el preparador, el agua que se emplea en la infusión, etc.

7.3.2 Restricciones de la metodología. Objetivos.

No existe una metodología de la ICO ni de la FEC para la cata de café tipo espresso en los campeonatos oficiales de calidad del café, como es el Campeonato Mundial de Baristas, o en otro tipo de pruebas, como son las pruebas de los departamentos de calidad de las industrias tostadoras.

Aunque la palabra barista no está reconocida por la RAE (se trata de palabra italiana adaptada en el acervo popular español) puede definirse como el profesional especializado en la preparación de cafés de alta calidad. Es el responsable de la presentación de las infusiones al consumidor.

En las catas de concursos oficiales se desarrollan metodologías que se redactan por escrito y siguen una estructura. Normalmente estas catas se aplican a los cafés tipo espresso clásico, no a los preparados en cafetera de cápsulas. En las cafeteras espresso la mano del barista es fundamental para la maximización de las propiedades organolépticas, sin embargo en las cafeteras de cápsulas, que son automáticas, la mano del barista tiene una influencia bajísima. A parte de la ejecución del barista existen otras limitaciones de las catas que se proponen en esta metodología, respecto de las catas de profesionales. Las más importantes son:

- 1) El consumidor objetivo final no es profesional ni tiene porque ser un consumidor habitual de cafés de alta calidad, por lo que carece de los conocimientos suficientes para valorar las propiedades organolépticas del café según los criterios que fijan las metodologías de los concursos oficiales.
- 2) Se carece de molino de café. En las catas de calidad de café espresso, la molienda se realiza justo antes de la infusión, pero en nuestra metodología no se podría moler in situ y rellenar las cápsulas, ya que no se crearía la atmósfera protectora de café, obtenida con el sellado automático. Las propiedades organolépticas del café obtenido no serían las mismas en caso de rellenar las cápsulas in situ que con las cápsulas rellenas en fábrica.

- 3) En las cafeteras espresso se pueden regular tanto la cantidad para cada taza como el prensado del café. Sin embargo en las cafeteras de cápsulas tanto la cantidad como el prensado viene fijados por el fabricante de la cápsula.
- 4) La presión a la que actúa una cafetera espresso clásico es de unos 10 bar, mientras que las cafeteras de cápsulas la presión, aunque varía según el fabricante, es siempre superior a los 10 bar.

El objetivo de la metodología es comprobar que las cápsulas diseñadas cumplen con los requisitos de trabajo y de calidad definidos en los documentos de especificaciones técnicas. Es decir, que la cápsula funciona correctamente en la cafetera, encajando sin problemas en el hueco de alimentación, sin provocar pérdidas de agua durante la erogación y que la calidad de la infusión obtenida tiene unas propiedades organolépticas similares a las originales de la cafetera.

7.3.3 Bases de las catas.

Se establecen una serie de consideraciones para asegurar que la metodología propuesta es lo más aséptica posible. Estas consideraciones se expresan en forma de articulado siguiendo el ejemplo que presentan las bases de los concursos de baristas. [WCE12]

El articulado de las catas es el siguiente:

Artículo 1: Participantes.

1. Se considerará participante de la cata a la persona que probará la infusión y valorará las propiedades organolépticas rellenando el cuestionario.
2. Los participantes serán mayores de 18 años.
3. Los participantes se hacen responsables de la participación en la misma, en los temas relacionados con alergias y/o intolerancias alimentarias.
4. Los participantes no tendrán relación con la industria del café. No habrán participado previamente en catas profesionales de café.
5. La muestra de participantes será lo suficientemente representativa.

Artículo 2. Director de la cata.

1. Se considerará director de la cata a la única persona que preparará las infusiones.
2. Será la única persona que conocerá la variedad de cápsula usada en cada erogación.
3. El director facilitará el cuestionario a los participantes y lo recogerá al finalizar la cata.
4. El director explicará el contenido del cuestionario al participante, y le dará las instrucciones necesarias para cumplimentarlo.

Artículo 3: Erogación.

1. Todas las infusiones se realizarán con la misma marca de agua mineral. No se usará agua del grifo.
2. La erogación se preparará en una cafetera automática. Todas las infusiones se realizarán con la misma cafetera.
3. Las infusiones se realizarán siempre en el mismo ambiente de trabajo.
4. No se utilizarán ni radiadores, ni ventiladores, ni aparatos de aire acondicionado que puedan alterar la temperatura ambiente.
5. Se usará sólo la iluminación natural existente en la sala.
6. La preparación de la infusión se realizará con el programa de café corto de la máquina.
7. Antes de cada erogación se limpiará la máquina haciendo pasar el agua por el sistema sin carga de la cápsula, tal y como indica el fabricante de la máquina.
8. Todas las erogaciones se realizarán con el recipiente de cápsulas usadas vacío.
9. Las cápsulas usadas en las catas serán las oficiales de cada marca, obtenidas en los servicios oficiales de venta o en los establecimientos autorizados.

Artículo 4. Recipientes.

1. Se usarán tazas del mismo material y fabricante para la erogación.
2. Las tazas serán de un solo uso.
3. Se proporcionará a los participantes del menaje necesario, que será de plástico, como por ejemplo cucharillas para remover la infusión.

Artículo 5. Valoración.

1. La valoración de la infusión se hará justo después de su preparación.

2. El participante probará el café sin ningún aditivo y valorará las propiedades organolépticas del café.
3. El participante rellenará el cuestionario facilitado por el director de la cápsula.
4. Una vez rellenado el cuestionario se considerará la cata como finalizada.
5. Entre dos catas consecutivas de un mismo participante pasará al menos una hora. Entre las dos catas el participante no tomará ninguna infusión de café.

El cuestionario confeccionado para la medición se basa en el *Coffee Cuppers Form* de la SCAA. Se trata de un cuestionario usado por esta asociación en las competiciones de cata de café de los Estados Unidos. [SCA12]

En la Figura 58 se puede ver el cuestionario elaborado para las pruebas. El cuestionario consta de tres partes.

En la primera se indican los datos de los participantes; en este caso sexo, franja de edad y si son fumadores o no, la fecha y la hora de la cata y si una vez valorado el café le añadieron edulcorantes y/o leche. Los datos de sexo y franja de edad se solicitan únicamente para efectuar distintas clasificaciones estadísticas agrupadas por intervalos. Debido a varios estudios médicos que indican que la nicotina afecta a los neurotransmisores de las papilas gustativas alterando el sentido del gusto, se pregunta sobre los hábitos de tabaquismo del participante. [HOS12] [NID12]

En la segunda parte los participantes valorarán de manera cuantitativa, de 1 a 5 las propiedades organolépticas. El aroma de suave a fuerte (1 suave, 5 fuerte) y su valoración en gusto (1 le gusta poco, 5 le gusta mucho), el sabor de suave a fuerte (1 suave, 5 fuerte) y su valoración en gusto (1 le gusta poco, 5 le gusta mucho), el cuerpo de licuado a cremoso (1 licuado, 5 cremoso) y la cantidad de espuma obtenida (1 poca, 5 mucha). Por último se añaden dos preguntas sobre si para la percepción del participante, al añadirle leche y/o azúcar notó cambios importantes en las propiedades organolépticas. Estas valoraciones son totalmente subjetivas y quedan a criterio del participante.

La tercera parte del cuestionario incluye una casilla para las observaciones que el participante pueda poner las consideraciones que estime oportunas.

El cuestionario se cierra con la casilla correspondiente a la acidez, que será medido por el director con un pH-metro adaptado. Se anotará el valor de la medición y se comprobará si cumple con el intervalo de pH de un café espresso indicado en el capítulo 7.3.1.

DATOS DE LA PRUEBA

Sexo:	<input type="checkbox"/> M	<input type="checkbox"/> F	Edad:	<input type="checkbox"/>	18-25
Fumador:	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No		<input type="checkbox"/>	26-35
Día:	<input type="text"/>			<input type="checkbox"/>	36-45
Hora:	<input type="text"/>			<input type="checkbox"/>	46-55
Con Leche:	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No		<input type="checkbox"/>	56-65
Con Azúcar:	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No		<input type="checkbox"/>	> 65

PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS

a) AROMA:	<table><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr><tr><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr></table> <p>Suave→Fuerte</p>	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	¿Le gusta?	<table><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr><tr><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr></table> <p>Poco→Mucho</p>	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5																			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																			
1	2	3	4	5																			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																			
b) SABOR:	<table><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr><tr><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr></table> <p>Suave→Fuerte</p>	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	¿Le gusta?	<table><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr><tr><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr></table> <p>Poco→Mucho</p>	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5																			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																			
1	2	3	4	5																			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																			
c) CUERPO:	<table><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr><tr><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr></table> <p>Licudo→Cremoso</p>	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	¿Le gusta?	<table><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr><tr><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr></table> <p>Poco→Mucho</p>	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5																			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																			
1	2	3	4	5																			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																			
d) IMPRESIÓN GLOBAL:	<table><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr><tr><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr></table> <p>Mala→Buena</p>	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	¿Le gusta?	<table><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr><tr><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr></table> <p>Poco→Mucho</p>	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5																			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																			
1	2	3	4	5																			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																			

Si añadió leche, ¿notó cambios en las propiedades? Sí No

Si añadió azúcar, ¿notó cambios en las propiedades? Sí No

OBSERVACIONES:

Nota: Este dato no lo tiene que indicar el probador

e) ACIDEZ:	<input type="text"/>	¿Cumple norma?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
------------	----------------------	----------------	---------------------------------------------------------

Figura 58. Estructura del cuestionario propuesto para las catas. [SCA12]

7.3.4 Operativa.

La operativa de las catas será la siguiente:

- 1) El director de la cata seleccionará la cápsula sin que el probador sepa cuál es la seleccionada.
- 2) Se limpiará el circuito de la máquina haciendo circular el agua por el mismo sin carga de cápsula.
- 3) Se vaciará el recipiente de las cápsulas usadas.
- 4) Se introducirá la cápsula en la cafetera.
- 5) Se preparará la erogación con el programa corto de la máquina.
- 6) Se proporcionará la infusión al probador.
- 7) El probador tomará un primer sorbo de la infusión.
- 8) Rellenará el cuestionario valorando las propiedades organolépticas de la infusión.

Una vez rellenado el cuestionario se considera la cata como acabada.

Con el fin de poder determinar si las propiedades organolépticas de las cápsulas diseñadas cumplen con los criterios de calidad de las especificaciones, se realizarán catas comparativas. Los participantes tomarán tres cafés de similares características. Los cafés se seleccionarán en función de un criterio que permita juzgarlos de la manera más objetiva posible. El criterio seleccionado para la comparativa será la intensidad del café.

Las marcas utilizan la intensidad para medir la fortaleza del café. Es un concepto que se aplica en las catas para medir las características olfativas y gustativas del café, es decir el aroma y el sabor. La intensidad depende de la especie (arábica o robusta), el tueste y el cuerpo del café. [SOS12]

FASES DE DISEÑO Y
FABRICACIÓN

8. FASES DE DISEÑO Y FABRICACIÓN.

8.1 Criterios de diseño y especificaciones técnicas.

8.1.1 Introducción.

El primer paso en el diseño de un producto debe ser definir las características técnicas del mismo y los requisitos que debe cumplir, tanto en el momento de funcionamiento, como en la calidad de las consecuencias que su uso tiene.

Las principales limitaciones que se tenían a la hora de diseñar el producto eran físicas y geométricas. La cápsula no podía ser demasiado grande, ya que no entraría en el habitáculo de la máquina, y si era muy pequeña no encajaría bien en el mismo, lo que provocaría que el efecto sellado no se produjera bien y se tuviesen fugas de agua. Tampoco se podía fabricar de cualquier material, ya que si el material era muy rígido no se produciría la punción correcta la accionar la manivela, pudiendo provocarse enganches o atascos, y por el contrario si la cápsula no era lo suficientemente rígida se podían producir aplastamientos de la misma al accionar la manivela produciendo la salida de la preparación alimenticia al interior de la máquina.

Dada las características del producto, una cápsula de material semirrígido que debe conservar en su interior un preparado alimenticio, se deben de tener en cuenta dos requisitos adicionales; a saber, las normativas legales de envases para uso alimentario, y los posibles problemas legales que pudieran surgir al tratarse de un mercado en el que ya existen varios competidores.

Por tanto en este caso además de las limitaciones de tamaño y forma se tienen limitaciones legales que deben tenerse en cuenta a la hora de establecer los requisitos del producto.

También se debían tener en cuenta las necesidades del cliente, en cuanto a aspectos tanto de fabricación como comerciales, por ejemplo disponibilidad y precios de materiales, acabados de las piezas, texturas, disponibilidad de tecnología, etc. De nada sirve diseñar un producto si luego no hay tecnología disponible para confeccionarlo o bien el coste hace inviable su fabricación.

Una vez establecidas las limitaciones del producto y las necesidades del cliente se procedió a documentar y catalogar las especificaciones técnicas necesarias para el diseño correcto de la cápsula. Se decidió dividir las especificaciones en dos grupos. A saber:

- 1) **Especificaciones o Requisitos de trabajo**, es decir, aquellos que debía cumplir la cápsula para que la máquina funcionase y se produjera la erogación.
- 2) **Especificaciones o Requisitos de calidad**, es decir, que la erogación presentase unas propiedades organolépticas correctas similares a las obtenidas con otras cápsulas.

Una vez agrupadas en estos dos grupos se procedió a redactar un primer borrador de especificaciones técnicas.

8.1.2 Requisitos de trabajo.

- 1) El diseño de la cápsula debe asegurar un buen contacto agua-sólido, que permita desarrollar un flujo de erogación constante.
- 2) El diseño de la cápsula debe evitar que se produzcan fugas iniciales de agua, que hacen que el primer flujo de erogación sea agua y no infusión.
- 3) El diseño de la cápsula debe asegurar que las medidas geométricas son aptas para que la cápsula entre sin problemas en el habitáculo de la máquina, y que al accionar la manivela de cierre no oponga demasiada resistencia.
- 4) El material utilizado en la fabricación de la cápsula debe soportar temperaturas superiores a 90 °C, sin deformarse, romperse o degradarse.
- 5) El material utilizado en la fabricación de la cápsula debe soportar presiones de 19 bar, sin deformarse, romperse o degradarse.
- 6) El material utilizado en la fabricación de la cápsula debe ser capaz de soportar el pinchazo del sistema de triple perforación que sufre la cápsula al accionar la manivela sin deformarse por aplastamiento.

- 7) El material utilizado en la fabricación de la cápsula debe ser capaz de trabajar en contacto con agua caliente sin deformarse, romperse o degradarse.
- 8) El material utilizado en la fabricación de la cápsula no debe alterar el sabor de la infusión, ni durante el envasado, ni durante el almacenamiento y transporte ni en la fase de erogación.
- 9) El material utilizado en la fabricación de la cápsula debe ser apto para el uso alimentario, cumpliendo con la normativa española y europea señalada en el ANEXO III: LEGISLACIÓN APLICABLE.
- 10) El material de la cápsula y el diseño deben resistir la presión del CO₂ generado por el café en el proceso de desgasificación.
- 11) El material de fabricación de la tapa de la base superior de la cápsula debe tener la resistencia necesaria soportar la presión ejercida por el agua sin despegarse o abrirse, rompiéndose únicamente por efecto del contacto con la parrilla con relieves destinada tal efecto.
- 12) El material de la membrana de la base inferior de la cápsula debe de ser tal, que cuando se efectúe la rotura por efecto de la parrilla, los orificios generados permitan la salida de la infusión a un caudal adecuado, pero no la salida de gránulos de café.

8.1.3 Requisitos de calidad.

- 1) La cápsula debe ser compatible con las máquinas Nespresso, asegurando que se produce una erogación correcta que extraiga las propiedades organolépticas del sólido al lixiviado.
- 2) La calidad de la infusión obtenida con la cápsula diseñada debe tener la calidad óptima, similar a la obtenida con original de Nespresso.
- 3) La cantidad de lixiviado erogado en cada extracción debe ser de 40 ml siguiendo el programa corto y de 110 ml siguiendo el programa largo de la máquina.

- 4) El material de fabricación de la cápsula y de la tapa debe ser reciclable, y poder retirarse en los contenedores amarillos con envases de plástico y/o metálicos.
- 5) La tapa de la base inferior que separa el sólido de la atmósfera exterior debe ser fácilmente extraíble después de la erogación para que el usuario pueda extraer los posos del sólido del interior de la cápsula.
- 6) La atmósfera en el interior de la cápsula debe ser protectora y asegurar la conservación de las propiedades organolépticas el mayor tiempo posible.
- 7) El coste de fabricación de la cápsula debe ser el mínimo posible.
- 8) La cápsula debe tener un proceso de fabricación simple y corto.
- 9) La carga de la cápsula en la cafetera debe hacerse sin problema de atascos y sin tener que forzar la manivela de cierre.
- 10) Las cápsulas vacías y sin cerrar deben de contar con elementos de diseño que faciliten su llenado y sellado de forma automatizada.

8.2 Diseño.

8.2.1 Evolución.

Debido al descenso de ventas del sector cafetero nacional, sobre todo en la sección HORECA, ver capítulo 2.3.2, las PYMES nacionales del sector del café han ido buscando en los últimos años otros segmentos de mercado para contrarrestar este descenso. Como se vio en el capítulo 2.3.3, el segmento de las cafeteras de cápsulas ha crecido notablemente en ventas en los últimos años, siendo el rey del mercado nacional el sistema Nespresso de la multinacional suiza Nestlé. Por tanto la mejor opción para recuperar cota de mercado que tenían las compañías tostadoras era competir en este sistema.

Por consiguiente el sector tostador nacional necesitaba una herramienta de calidad que pudiera introducirse en el mercado, compitiendo en calidad y precio con la cápsula original.

Debido a que Nestlé es poseedor de las patentes de las cápsulas y las máquinas, el diseño del elemento tenía como requisito indispensable para su realización, que fuera novedoso, con elementos distintos a los de las cápsulas actuales y que introdujera novedades tecnológicas importantes.

El proceso comenzó cuando se fijaron los objetivos (capítulo 4.1) y planteó una metodología y una planificación (capítulo 4.2) para realizar el diseño. En la Figura 59 se esquematizan la metodología y la planificación planteadas para el proceso de diseño de la cápsula.

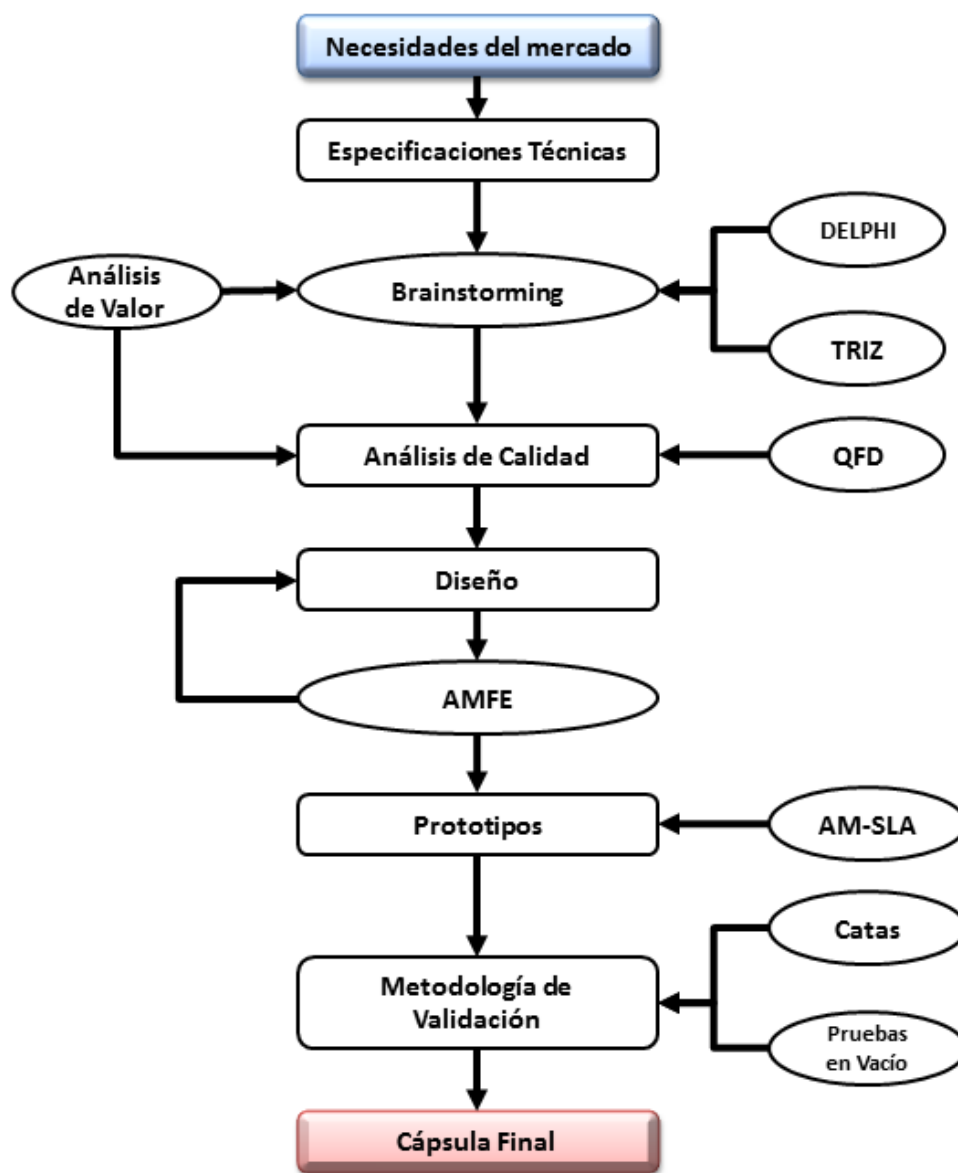


Figura 59. Esquema de la evolución del proceso de diseño del elemento desechable.

Las primeras herramientas usadas fueron técnicas de creatividad, con los que se obtuvo la información necesaria para la creación del diseño. Simultáneamente se inició la fase de gestión del proceso usando inicialmente la herramienta de Análisis de Valor.

Campo de Estudio	Especialistas	Objeto de Estudio	Propuesta
Mecánica de Fluidos	Ingenieros	Flujo del fluido Influencia del Tamaño de Grano	Usar patente Favre como base Modificar la forma para aumentar el volumen Modificar la trayectoria lineal creando una turbulencia Plantear varias configuraciones distintas para esta modificación
Ingeniería de Materiales	Ingenieros y Químicos	Selección de Materiales Tensiones Físicas Degradación Química	Refuerzo interno para evitar aplastamiento Termoplásticos y Aluminio Fabricación de prototipos Pruebas de prototipos Plantear varias configuraciones distintas Disminuir rigidez de la copela disminuyendo el espesor
Prototipado Rápido	Ingenieros	Posibilidades de Fabricación	Tecnología AM (SLS y/o SLA) Resinas Poliméricas
Procesos de Fabricación	Ingenieros	Posibilidades de Fabricación	Inyección por Moldeo Refuerzo interior para evitar encajes entre cápsulas Termosellado de la tapa
Calidad de Erogación	Baristas Técnicos de Tostadoras Café Técnicos FEC	Influencia del Tamaño de Grano Influencia Presión y Tª Blend	Nueva metodología de catas basadas en propiedades organolépticas Mejoras de accesibilidad para deficientes visuales.

Tabla 17. Propuestas más relevantes obtenidas en la fase de creatividad.

En la Tabla 17 se resumen las propuestas más importantes obtenidas en la fase de creatividad. Las propuestas más innovadoras para el diseño surgieron en los dos primeros campos de estudio.

En el campo de la Mecánica de Fluidos innovación aportada fue crear una turbulencia en el interior de la cápsula, por la que se aumentaba el tiempo de residencia y se facilitaba el contacto sólido-líquido.

En el campo de la Ingeniería de Materiales la principal aportación que se obtuvo fue una preselección de materiales posibles para la fabricación.

Las principales aportaciones del campo de los procesos de fabricación se centraron en señalar que la técnica de inyección por moldeo era la que mejor se adaptaba a la selección de materiales previas

Debido a que estaba planificada la fabricación de prototipos, desde el campo de estudio de calidad de la erogación se planteó la posibilidad de crear una metodología novedosa, para comprobar el cumplimiento de los requisitos de calidad expresados en el capítulo 8.1.3. Esta herramienta debía estar basada en las metodologías de competiciones organizaciones internacionales del café, como la FEC y la ICO, como campeonatos de baristas y concursos de catas de calidad de café.

Paralelamente a la realización de estas técnicas de creatividad se realizó un estudio pormenorizado de las familias de patentes presentadas ante la WIPO, la EPO y la OEPM. El diseño planteado en esta tesis requería de innovaciones tecnológicas importantes que permitiera diferenciarla de su homónima de aluminio. En este aspecto, el análisis de las patentes permitió encontrar una tendencia muy marcada en el mercado sobre la morfología de las cápsulas. Por un lado, hay un grupo de cápsulas de menor tamaño, que llamaremos cápsulas cortas, cuya longitud está en torno a los 25 cm y que carecen de copela, terminando en una pared lisa perpendicular al eje longitudinal, como por ejemplo las cápsulas de PP de Marcilla L’Arome o la de Ne-Cap, y por otro lado existe un grupo de cápsulas de mayor tamaño, que llamaremos cápsulas largas, cuya longitud está en torno a los 30 cm y que tiene una copela de forma troncocónica, como son la pionera de aluminio, o la de Ethical Coffee.

Esta clasificación basada en el estudio de las patentes fue la base para encontrar tres contradicciones técnicas que se presentaban en el diseño:

- 1) Si se selecciona un material más ligero que el aluminio con el fin de cumplir el objetivo de tener un elemento más liviano, ver objetivo del capítulo 4.1, se aumenta la rigidez de la cápsula pudiendo generar problemas en la perforación de la copela.

- 2) Si se selecciona un material más rígido para la fabricación de la cápsula, el ala de la pared superior no se deforma lo suficiente y el sellado hermético se puede perder, por lo que se pueden producir fugas de agua.
- 3) Si se disminuye el volumen de la cápsula, cogiendo la corriente de diseño de cápsulas cortas, se disminuye el espacio donde almacenar la cantidad de la preparación alimenticia, por lo que se hace necesario compactar más el café. Si se compacta demasiado se pierde porosidad intergranular, lo que dificulta el paso del fluido por la cápsula, disminuyendo el caudal de erogación.

Estas tres contradicciones se implementaron en las sesiones de brainstorming posteriores siendo la base de las innovaciones planteadas en el diseño.

Simultáneamente a estas técnicas de creatividad se inició un plan de trabajo con la herramienta de Análisis de Valor. Una vez establecido en la fase de creatividad que sería necesario crear elementos constructivos innovadores para modificar el flujo de fluido y que impidieran que en el proceso de almacenamiento de las cápsulas vacías se quedasen encajadas entre sí, se empleó esta herramienta para estimar el coste que sobre el precio final de la cápsula tendría esa modificación. Tras las sesiones llevadas a cabo los resultados obtenidos fueron los que se expresan en la Tabla 18.

Componentes	Función	Valor (%)	Coste (%)
<i>Ala de la Pared Superior</i>	Fijar el sellado de la cápsula en el momento de la erogación	10	5
<i>Pared Inferior (Copela)</i>	Ser perforada por las cuchillas para permitir la introducción de agua	30	15
<i>Pared Lateral</i>	Servir de cierre del volumen donde se encuentra la preparación alimenticia	20	40
	Dar rigidez y resistencia al conjunto	5	
<i>Tapa de la Pared Superior</i>	Cerrar la atmósfera protectora del café y hacer de filtro en la erogación	15	20
<i>Elementos Novedosos</i>	Modificar la trayectoria del flujo	20	20
	Evitar que las cápsulas queden encajadas después de la fabricación	10	

Tabla 18. Cuadro resumen de resultados de la técnica de Análisis de Valor.

Con ayuda de esta herramienta se identificaron los componentes de la cápsula, y se definieron las funciones que debían tener la cápsula. La inclusión de los elementos novedosos aportaba más valor a la cápsula que el coste que suponía, por lo que parecía más razonable estudiar la inclusión de estos elementos a estudiar la posibilidad de incluir cambios en los elementos del diseño original.

El siguiente paso del proceso fue la aplicación de la técnica de creatividad conocida como brainstorming. Con la información recopilada en con las técnicas anteriores se crearon tres grupos distintos.

El objetivo del primer grupo fue el de modificar la morfología básica de la cápsula de la patente de Favre [FR23733999], ya que esta se había tomado como base para el diseño según las indicaciones de la fase anterior. Las ideas más interesantes surgidas en este primer grupo fue la de modificar las pendientes de la zonas cónicas, creando cuatro zonas en vez de las dos con que se fabrica la de aluminio. Esta modificación generaba unas ligeras zonas de transición, que se puede ver en la Figura 74, que provocaban una ligera depresión que favorecía el flujo del fluido. Si bien es cierto que el Análisis de Valor recomendaba no emplear recursos en modificar la pared lateral, el cambio propuesto apenas alteraba el coste constructivo, ya que la cantidad de material a emplear en la fabricación era muy similar y la modificación del molde era mínima.

El segundo grupo de brainstorming se dedicó a la creación de ideas para solucionar otro de los problemas planteados en las fases anteriores, el de modificación del flujo lineal. Para ello se planteó la posibilidad de crear dentro de la cápsula un obstáculo fijo que provocará este cambio. En esta sesión surgió la idea de llamarlo deflector, ya que según el diccionario de la RAE, deflector es un dispositivo mecánico cuya misión es modificar la trayectoria de un fluido. En esta misma sesión se idearon las cuatro disposiciones de los deflectores que se detallan en el capítulo 8.2.2.

Por último la tercera sesión del brainstorming se dedicó a idear soluciones acerca del problema de encaje de unas cápsulas en otras en el almacenado en pilas que se produce entre la etapa de fabricación y la de relleno. En este caso la idea más interesante fue crear una analogía con los vasos de plásticos que se envasan apilados entre si. Para evitar los encajes entre ellos, los vasos se estrían y se ondulan en vez de hacerlos

totalmente lisos. La idea para evitar este problema fue crear un elemento en la pared lateral, que impidiera a la copela de la cápsula superior llegar hasta homónima de la cápsula inferior, manteniendo una ligera separación. Debido que además este elemento ejercía también una función resistiva hacia el posible aplastamiento de la cápsula, se consiguió con esta innovación cumplir una de las necesidades aportados en la fase anterior. Además este grupo de trabajo ideó a respuesta de la necesidad planteada sobre la adaptabilidad de uso a personas con discapacidad visual que se añadieran código de barras, QR o indicaciones en Braille en la pared lateral de la cápsula.

Una vez ejecutada esta primera fase de creación, se desarrolló una fase de gestión del proceso, que se realizó mediante la técnica QFD. Esta herramienta está indicada para la introducción de mejoras sustanciales en productos existentes en un mercado, como es el caso de la cápsula presentada en esta tesis. Para utilizar esta herramienta se realizó una encuesta previa entre distintas compañías tostadoras nacionales para que señalaran las distintas necesidades que debería tener el producto. Con esta información se construyó la matriz de relaciones que se adjunta en el ANEXO IV: MATRIZ DE RELACIONES QFD.

La matriz de relaciones se creó mediante una hoja de cálculo del programa Excel que estaba programada para crear un análisis gráfico con los datos introducidos. El primero de los tres diagramas aportados por la hoja Excel es un diagrama de Pareto sobre las necesidades del cliente, en el que se ve que tras realizar la encuesta entre las empresas tostadoras de café, el parámetro que consideraron más importante era la calidad de erogación, a la que se le asignó un peso del 15 %, seguido por las necesidades de poder contener alimentos sólidos y no alterar la propiedades de los mismos. Los pesos de cada necesidad del cliente se recogen en la Figura 60.

Pareto de Necesidades de Cliente

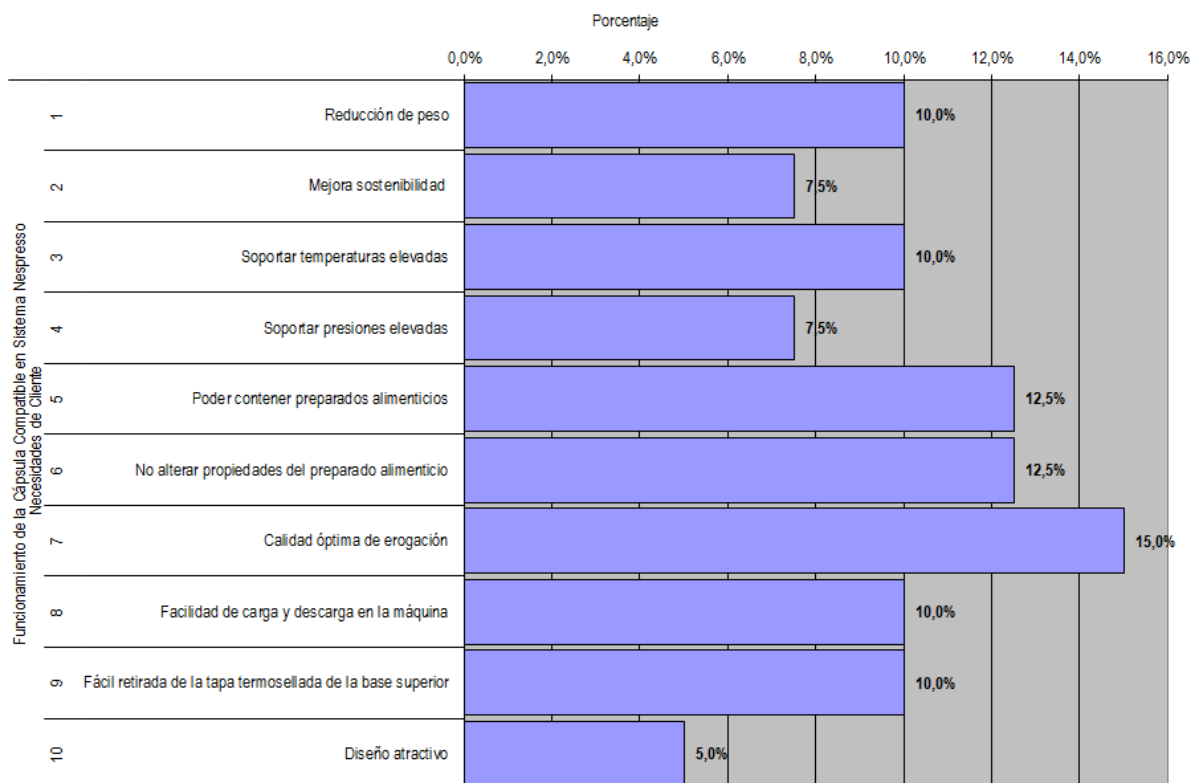


Figura 60. Diagrama de Pareto de las necesidades ponderadas del cliente.

Con los datos introducidos en la matriz de relaciones, mediante la hoja de cálculo se determinaron las contribuciones relativas de los distintos parámetros de diseño. Estas contribuciones se recogen en la Figura 61. El parámetro que más influye en el diseño es el precio, y debido a que las necesidades más importantes señaladas por el cliente se fundamentan en la calidad de la erogación preparada, el parámetro permeabilidad al O₂, que es el que tenía una ponderación más alta en estas necesidades, sale con la segunda ponderación más importante, un 17,6 %. En el capítulo 8.2.3 se recoge la solución técnica ejecutada para salvar el problema que presenta este parámetro. Los siguientes parámetros que aportaban mayor contribución al diseño estaban directamente relacionados con las innovaciones técnicas que se habían propuesto en la fase de creatividad.

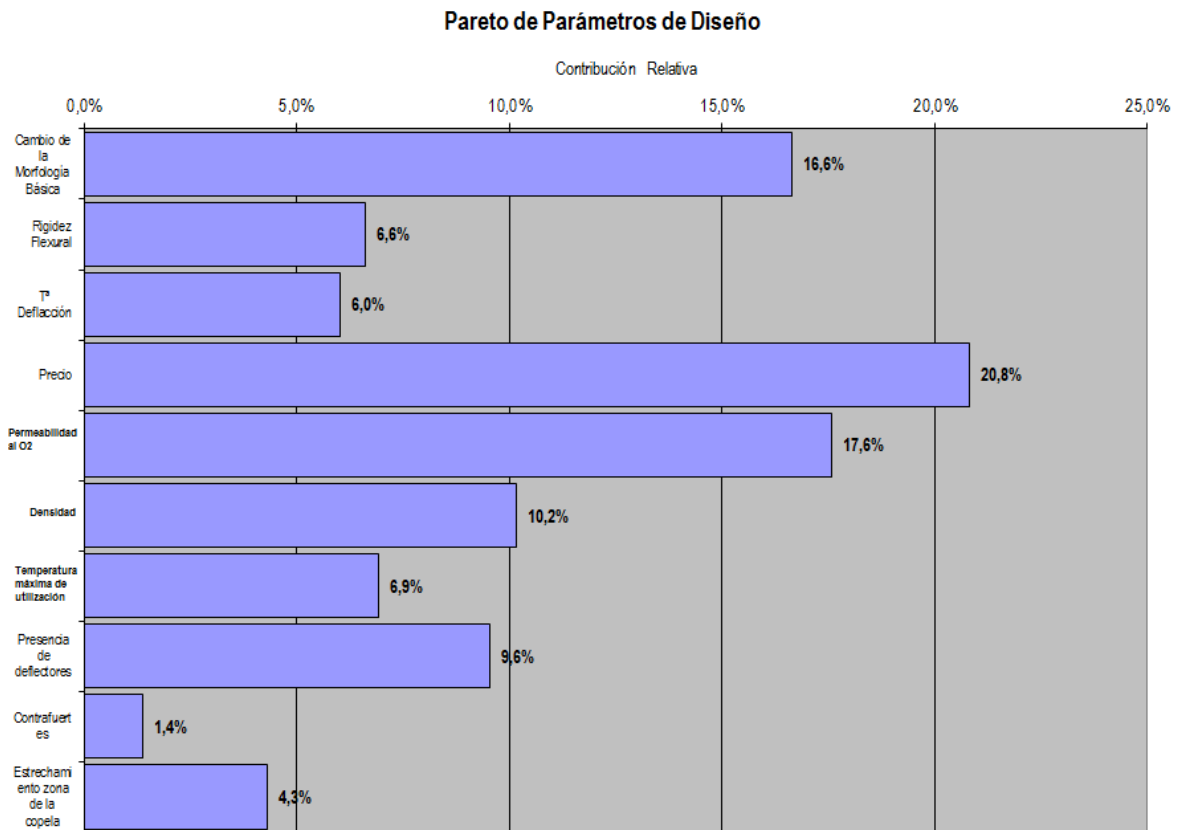


Figura 61. Diagrama de Pareto de los parámetros de diseño.

Por último, la hoja de cálculo proporcionó un análisis de brecha, sobre como los parámetros de diseño seleccionados cubrían las necesidades expresadas por los clientes. En este sentido, el diagrama de brecha, presentado en la Figura 62, señala que las principales necesidades del cliente, calidad óptima de erogación y contener y no alterar la preparación alimenticia, estaban cubiertas al 100 %, siendo la necesidad Fácil retirada de la tapa termosellada de la base superior la que peor cubierta estaba, teniendo una brecha del 55 % de la necesidad. No obstante las necesidades más importantes del cliente quedaban perfectamente cubiertas con los parámetros de diseño seleccionados.

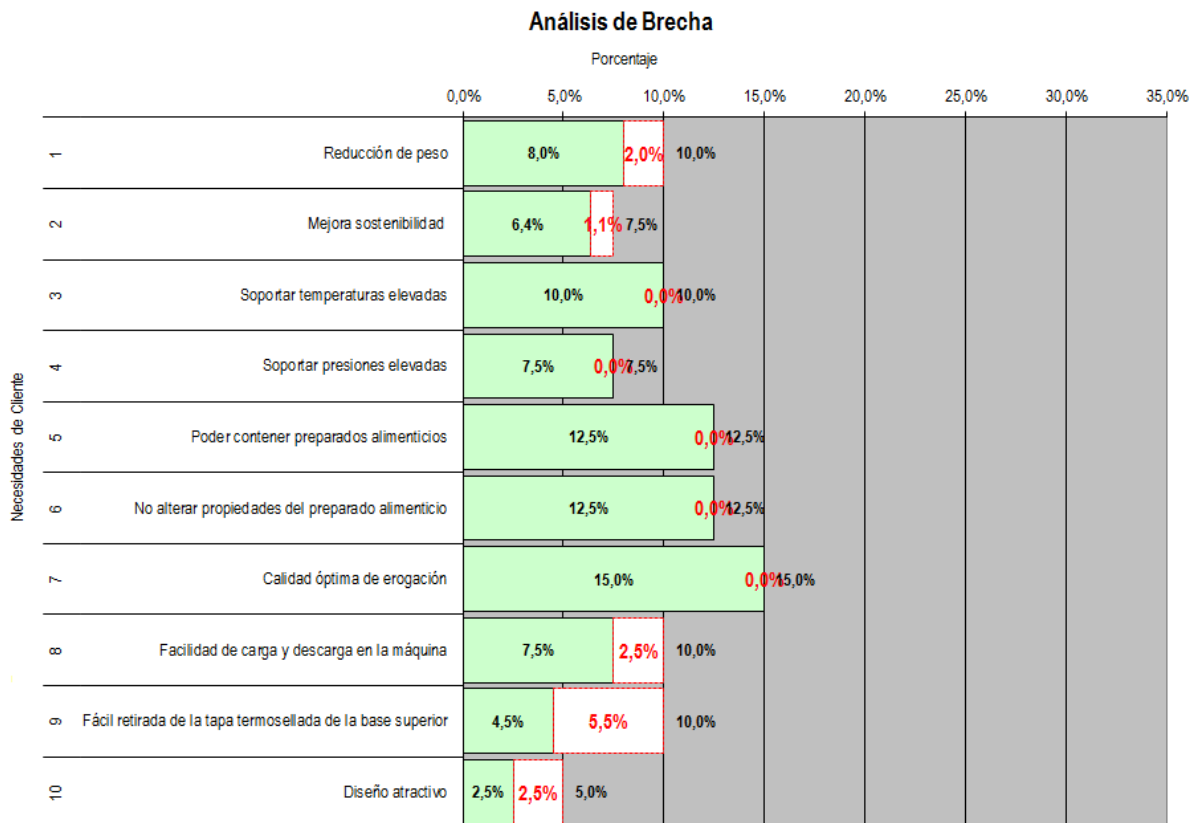


Figura 62. Diagrama de brecha de las necesidades del cliente.

Tras finalizar la etapa de gestión de la calidad, se inició el proceso de diseño. Las conclusiones obtenidas en las etapas anteriores habían perfilado tanto la morfología como la inserción de los deflectores en el interior de la cápsula. Los criterios seguidos en la morfología y la selección de materiales se encuentran recogidos en los capítulos 8.2.2 y 8.2.3, respectivamente. En esta fase se realizaron los dibujos en formato CAD que sirvieron para la posterior confección de los prototipos.

Una vez realizado el diseño definitivo del elemento desechable y antes de proceder a la fase de fabricación de los prototipos se desarrolló un análisis de tipo AMFE para intentar prevenir los posibles fallos del diseño en el momento de utilización. Para realizar este análisis se confeccionó la matriz AMFE y se obtuvieron los números de prioridad de riesgo y se idearon una serie de acciones correctoras para intentar minimizar este factor. La matriz y los criterios seguidos para determinar la gravedad, la probabilidad de ocurrencia y la probabilidad de detección se detallan en el ANEXO V: MATRIZ AMFE.

En el desarrollo de la matriz se puede observar que el fallo que presentaba un número de prioridad de riesgo más elevado era el debido a la falta de sellado que provoca la falta de deformación del ala de la pared superior en el momento de cierre de la manivela. Para solucionar este fallo se cambió tanto la forma del dentado como el espesor del ala consiguiendo un descenso del 20 %. Se detectaron siete modos de fallo, uno para cada elemento, de los que en seis de ellos pudieron obtenerse nuevos números de prioridad de riesgo más pequeños.

Una vez finalizado el análisis AMFE se procedió a la fabricación de los prototipos. La técnica de fabricación seleccionada fue la estereolitografía, como se detalla en el capítulo 8.3.1 y el material seleccionado para la confección de los mismos fue PA natural, como se detalla en el capítulo 8.2.3.

Una vez fabricados los prototipos se procedió a realizar las pruebas y las catas siguiendo la Metodología diseñada en el capítulo 7. Con estas pruebas y catas se obtuvieron unos resultados, que comprobaban que los requisitos expresados en el capítulo 8.1 se había logrado, como se recoge en el capítulo 9.

8.2.2 Morfología.

a) Bases propuestas para la morfología de la cápsula.

La configuración general de la cápsula estará basada en la que se presenta en la patente inicial de Nestlé de 1.976 [FR2373999] diseñada por Enric Favre. Esta patente servirá de base para las consultas iniciales a los especialistas en el cuestionario DELPHI, y será el punto de partida para las innovaciones ideadas en las sesiones de brainstorming. La modificación de la rotura de membrana por relieves ideada en la patente [EP19920101381] de 1.992, traducida en España con el número de publicación [ES2061284], se tomó también como referencia al ser imprescindible que el nuevo diseño cumpla con este requisito, que está presente en todos los modelos de cafeteras compatibles. Por tanto estas dos patentes fueron las seleccionadas por los expertos consultados en el método DELPHI como base para ser modificadas con las mejoras que se desarrollasen y surgiesen en las otras técnicas de creatividad aplicadas.

Las bases constructivas que debe cumplir una cápsula para la preparación de infusiones mediante un proceso de lixiviación son:

- 1) Una pared o base superior practicable, por la que se desaloja el lixiviado resultado del proceso de infusión.
- 2) Una pared lateral, que permita que el elemento diseñado esté completamente cerrado.
- 3) Una pared o base inferior por la que penetra el fluido de lixiviación, generalmente agua.
- 4) Una preparación alimentaria contenida en su interior.

Los cambios propuestos sobre estas bases constructivas después de la aplicación de las técnicas de creatividad fueron cinco. En concreto:

- 1) **Variación de la conicidad doble:** Durante la fase de creatividad se destacó la importancia de marcar una fuerte diferenciación entre la cápsula de aluminio y la propuesta, para que hubiese una clara diferenciación desde un punto de vista comercial. El objetivo de este cambio era doble, por un lado evitar problemas judiciales ya que al crear una morfología nueva se evitaba el *Aftermarket* y por otro lado crear unas zonas de transición en la que se generaba una pequeña depresión que favoreciera el tránsito del fluido por el interior de la cápsula. Para ello era necesario alcanzar un compromiso entre el aspecto visual y la utilidad de la cápsula, es decir, la cápsula debe diferenciarse de la de Nespresso pero permitiendo que sea compatible con las máquinas. En la fase de brainstorming surgió la idea de modificar la morfología general seleccionada con ligeras variaciones de la pendiente de la pared lateral para generar varias zonas de diferente conicidad. En concreto se idearon cuatro zonas cónicas superpuestas, en vez de las dos que tiene la cápsula Nespresso. Las zonas de distinta conicidad así como las líneas de transición puede verse en la Figura 74.
- 2) **Creación de un estrechamiento inferior:** En muchos casos otras cápsulas fabricadas en un material similar al propuesto en el capítulo 8.2.3, presentan

problemas de resistencia a la hora de perforar la cápsula durante el cerrado de la tapa mediante el accionamiento de la manivela. Esto es debido a que los materiales plásticos requieren unos espesores mínimos mayores que sus homólogos metálicos para mantener su integridad estructural, de forma que a nivel global, teniendo en cuenta las propiedades del material y los espesores, puede darse el caso de que nos encontremos con un conjunto plástico más rígido que su equivalente metálico, como se indica en la Tabla 20. Para disminuir lo máximo posible este problema, los expertos consultados sugirieron realizar un estrechamiento de la pared inferior de la cápsula justamente en el área susceptible de recibir la perforación, ya que a pesar de no ser posible un estrechamiento a nivel general de la cápsula, sí es factible realizarlo localmente en algunas áreas. De esta manera el plástico no ofrece tanta resistencia a la penetración del punzón, y se facilita el cierre.

- 3) **Modificación del ala de la cápsula:** Algunas cápsulas compatibles presentaban problemas para conseguir el sellado total una vez realizada la perforación de la cápsula, debido a los surcos presentes en las máquinas Nespresso para evitar el efecto vacío al terminar la erogación [EP1654966]. Para hacer frente al problema se propusieron durante el brainstorming, diferentes configuraciones del ala cambiando la forma y el espesor, probándose su eficiencia con los prototipos diseñados.
- 4) **Inserción de deflectores interiores:** Fue la innovación más destacada surgida en la fase de creatividad. La idea básica era facilitar el contacto entre el líquido y el preparado alimenticio generando una turbulencia en el flujo de fluido que atraviesa la cápsula. Al aumentar el contacto líquido-sólido la calidad de la infusión preparada aumenta notablemente. Una propuesta surgida en las sesiones de brainstorming para conseguir este objetivo, fue la de agregar algún elemento en el interior de la cápsula que crease una componente tangencial en el flujo. Basado en esta idea se diseñaron unos deflectores en forma de espiral situados en el fondo de la cápsula que agregasen esa componente tangencial al flujo y mejoren la mezcla. La idea

de estos deflectores en forma de espiral dio paso a otras ideas de las disposiciones de los deflectores que se recogen en el punto b) del capítulo 8.2.2.

- 5) **Contrafuertes:** Para permitir la automatización del proceso de llenado y sellado de las cápsulas, los expertos consultados en el método DELPHI constataron la importancia de poder separar las cápsulas individualmente. Una opción poco óptima es la separación manual por parte de un operador, pero ello disminuye el grado de automatización y eleva los costes. Por ello, se optó por añadir unos contrafuertes que cumplen una doble función. En primer lugar sirve para que las cápsulas puedan ser alimentadas a granel y separadas por medios mecánicos más adelante, ya que la altura de los contrafuertes sería tal, que las cápsulas no quedan encajadas unas con otras, facilitando su separación mecánica. En segundo lugar, sirven para aumentar la resistencia al aplastamiento en la zona de la copela, evitando los posibles problemas de deformación durante la perforación.

El último aspecto a tener en cuenta es el tamaño que debía tener la cápsula. En los capítulos 5.2 y 5.3 se detallan los formatos de las cápsulas, habiendo un tipo de cápsulas cortas, entre 24 y 25 cm, como son las de PP de Marcilla, y las largas que tienen entre 30 y 31 cm, como las de aluminio de Nespresso. Debido a las innovaciones que se idearon durante la fase de creatividad, los especialistas consultados en el DELPHI determinaron que la morfología larga, similar a la que Favre describe en su patente, era más conveniente para la realización de los contrafuertes y los deflectores.

b) Distintas alternativas de disposición de los deflectores en la cápsula.

La cápsula diseñada inicialmente comprendía un cuerpo de material, en general un termoplástico, como se señala en el capítulo 8.2.3, con al menos un deflector en la pared inferior, cuyo objetivo es impulsar una parte del lixiviado hacia el centro de la cápsula, aumentando el recorrido y el tiempo de permanencia en el interior de la cápsula.

Se ideó una segunda disposición con el deflector dispuesto en el seno de la preparación alimentaria, al que se le denominó deflector flotante. Esta nueva disposición del deflector se ideó en una de las sesiones de brainstorming llevadas a cabo.

En otra realización ideada posteriormente el deflector se dispone mediante un perfil en forma de onda de anular continua en la pared inferior, que se modificó ligeramente para instalarlo de manera discontinua también en la pared inferior.

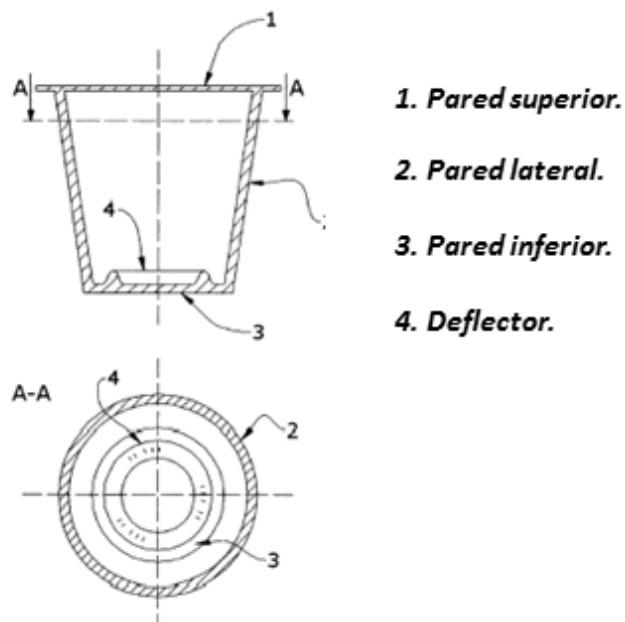


Figura 63. Dibujo del alzado y la planta de la cápsula con deflector anular continuo. [ES2370862]

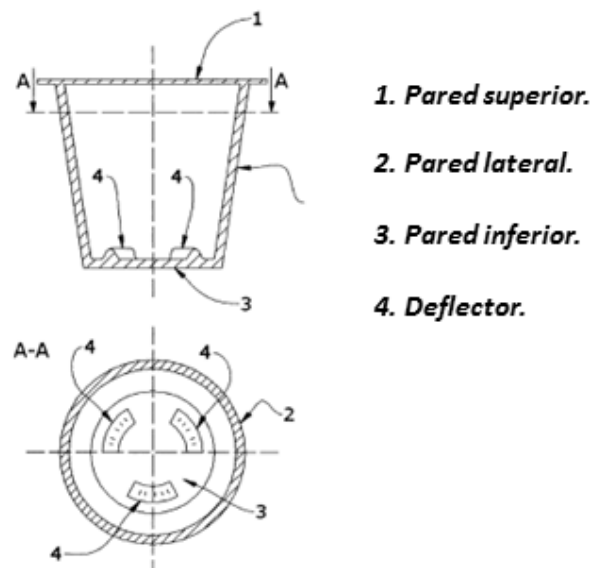


Figura 64. Dibujo del alzado y la planta de la cápsula con deflector anular discontinuo. [ES2370862]

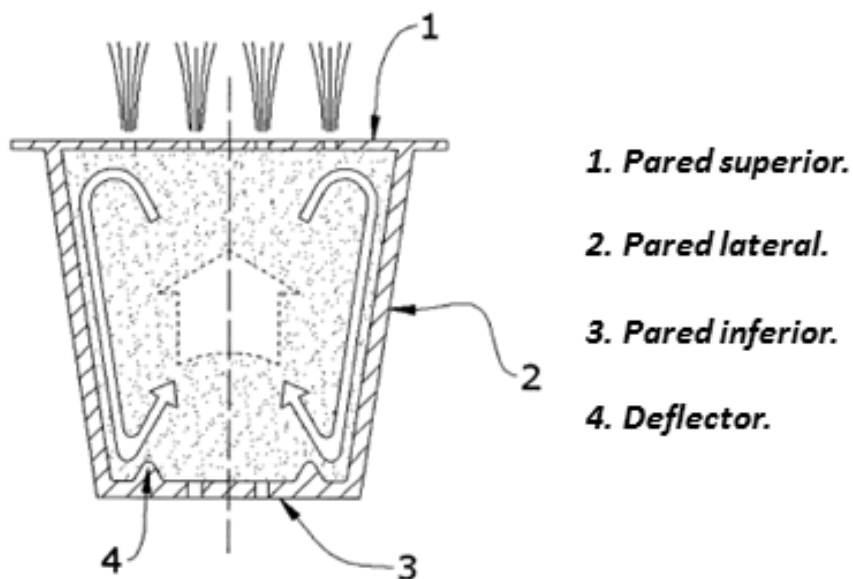


Figura 65. Esquema del flujo de lixiviado en la cápsula con deflector anular. [ES2370862]

Las sesiones de brainstorming y el desarrollo de la metodología TRIZ fueron la base para la elaboración de nuevas disposiciones de los deflectores. En otra disposición ideada el deflector presentaba una cara plana de deflexión dispuesta en un ángulo de entre 10° y 45° respecto a un plano situado por debajo de la pared inferior y perpendicular al eje vertical que pasa por el centro de la pared superior y la pared inferior. También se

diseñaron otras disposiciones de la cápsula con dos deflectores que dotan de movimiento de rotación a una porción del lixiviado respecto al eje vertical.

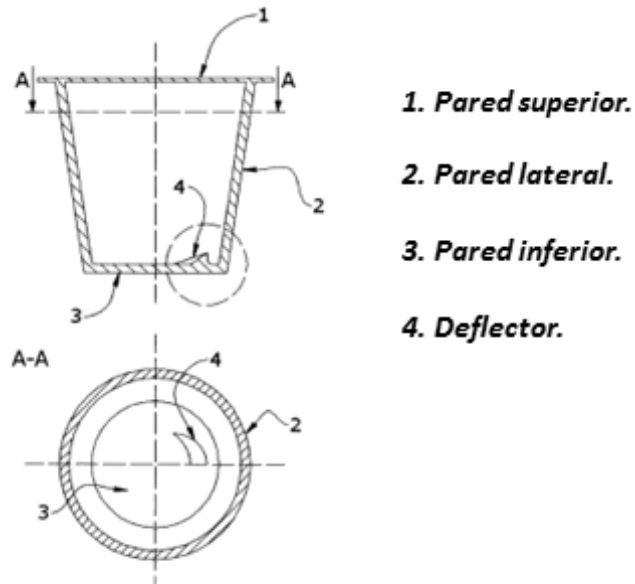


Figura 66. Dibujo de planta y alzado de la cápsula con el deflector de cara plana de 10° a 45°. [ES2370862]

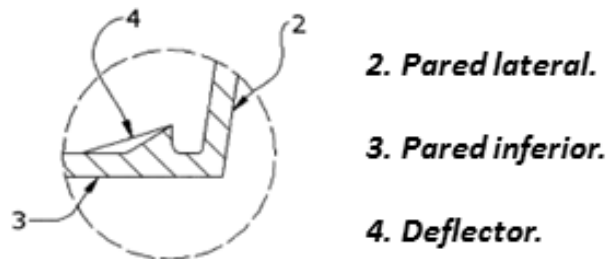


Figura 67. Detalle del deflector de la cápsula anterior. [ES2370862]

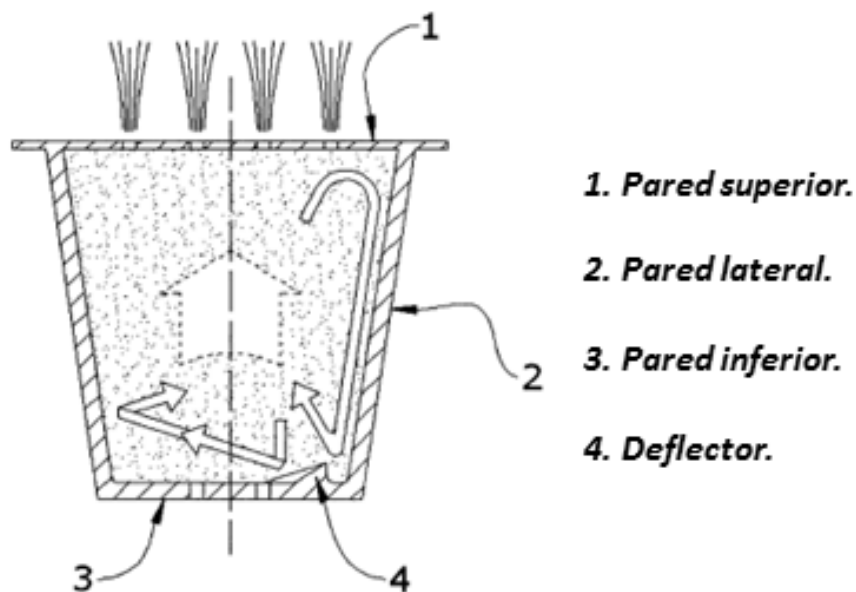


Figura 68. . Esquema del flujo de lixiviado en la cápsula con deflector de cara plana. [ES2370862]

La existencia de los deflectores hace que parte del lixiviado se desvíe de su trayectoria y vuelva hacia la zona central de la cápsula, con lo que se aumenta el tiempo de permanencia del lixiviado en el interior de la cápsula. La disposición y número de los deflectores hacen que el tiempo de permanencia sea mayor o menor permitiendo extraer todos los principios activos del sólido con un proceso de lixiviación más intenso.

En otra realización ideada la cápsula presentaba el deflector en la pared lateral. Este deflector lateral se puede disponer de forma helicoidal respecto al eje vertical de la cápsula.

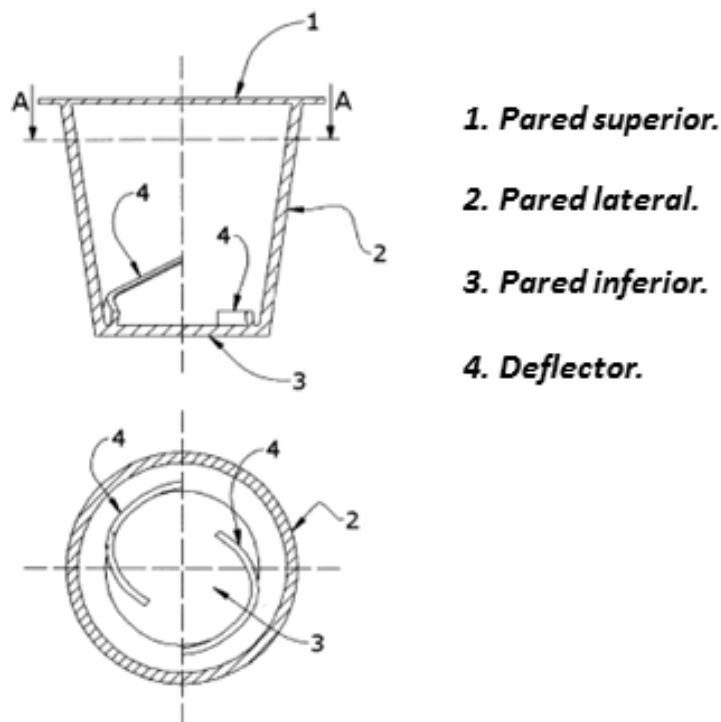


Figura 69. Dibujo de planta y alzado de la cápsula con el deflector lateral. [ES2370862]

En otra disposición el deflector se sitúa como flotante en el seno de la preparación alimentaria. De forma similar a los casos anteriores se incrementa la cantidad de lixiviada retenida en el interior de la cápsula y el tiempo de permanencia. El deflector flotante debe estar agujereado para permitir el desalojo del lixiviado no deflectado y dirigir hacia la base superior.

También se idearon disposiciones mixtas de los deflectores, como por ejemplo una que incluía tres deflectores, uno lateral, otro anular discontinuo y un tercero de tipo flotante perforado, siguiendo la distribución que se refleja en la Figura 70.

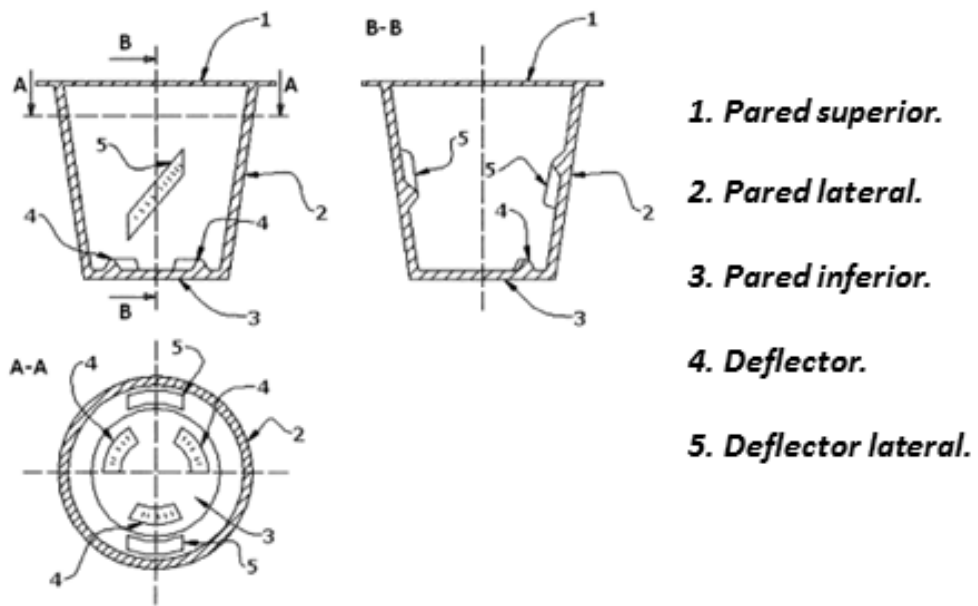


Figura 70. Dibujo de planta y alzado de una cápsula con triple deflector, flotante, lateral y anular discontinuo.

[ES2370862]

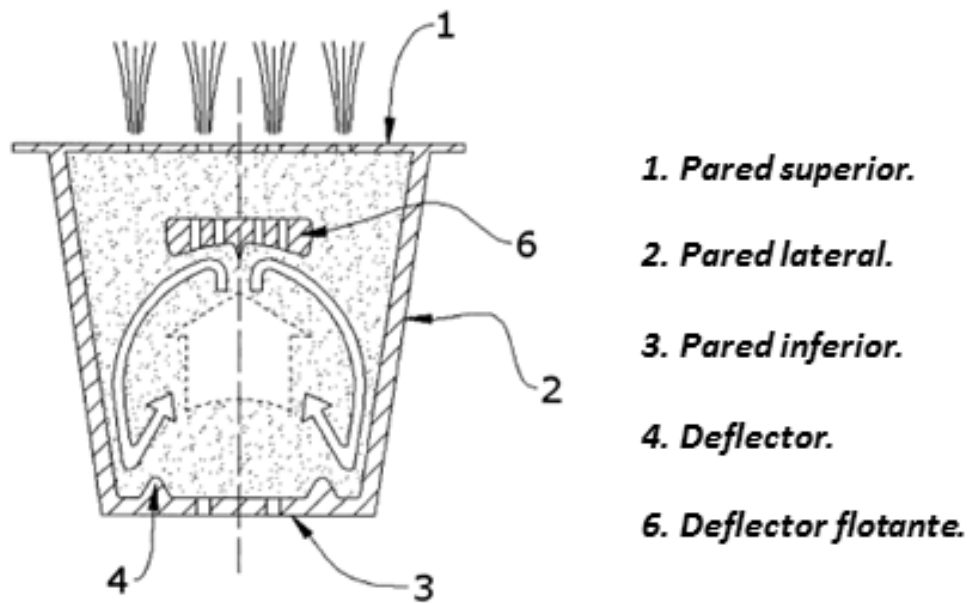


Figura 71. Esquema del flujo de lixiviado en la cápsula con deflector flotante perforado. [ES2370862]

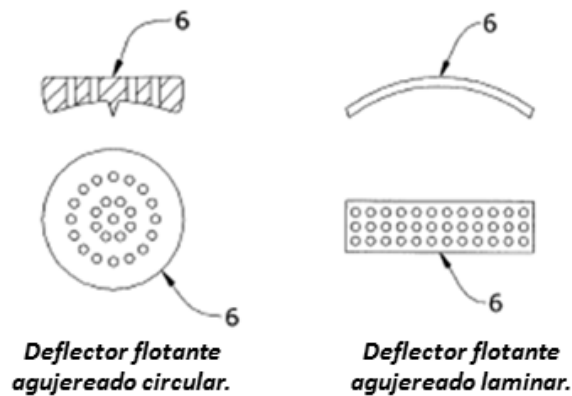


Figura 72. Detalles de los deflectores flotantes perforados circulares y laminares. [ES2370862]

El deflector flotante podría ser una lámina, plana, de forma circular o semicircular, o esférica con la parte cóncava perforada y orientada hacia la pared inferior, como se puede ver en la Figura 72.

Con la inclusión de cualquiera de estas disposiciones con deflectores, la infusión obtenida con la cápsula diseñada presenta unas características físico-químicas y unas propiedades organolépticas más intensas que las que se obtienen con otro tipo de cápsulas. Por otra parte, debido al régimen turbulento que se obtiene en el tránsito del fluido por la cápsula, se consigue una mayor cantidad de espuma, característica muy apreciada en el caso de las infusiones de café.

Como se ve con la gran variedad de disposiciones ideadas, la utilización de deflectores permite un mayor grado de libertad en el diseño introduciendo un elemento innovador inexistente en las cápsulas que hay en el mercado.

La variación en el diseño de los deflectores incide en el tiempo de permanencia, con lo que su disposición en el interior de la cápsula y algunas ligeras variaciones geométricas de los mismos, proporciona una gran diversidad en los resultados, ofreciendo muchas posibilidades al consumidor. Incluso podrían adaptarse la forma de los deflectores a la calidad del café almacenado en la cápsula para poder adaptar los flujos de lixiviados según distintas mezclas y variedades de café.

La utilización de deflectores aporta mayor rigidez estructural al conjunto, con lo que se consigue una cápsula más robusta y versátil, que permite desde la utilización de materiales más livianos en su composición, con lo cual podemos cumplir el objetivo de

reducir el peso unitario de la cápsula, al empleo de condiciones de trabajo mucho más exigentes.

c) Disposiciones de los deflectores seleccionadas para los prototipos.

De las disposiciones comentadas en el punto b) se seleccionaron cuatro de ellas para realizar los prototipos. Esta selección fue llevada a cabo después de la realización de una serie de cuestionarios a varios expertos en tecnología de materiales, técnicos de termoconformado y mecánica de fluidos siguiendo una metodología DELPHI. Una vez acabada estas fases se propusieron cuatro configuraciones para los prototipos de las cápsulas.

Las cuatro configuraciones tenían una serie de parámetros en común. Los prototipos eran de forma cónica truncada, con una pared lateral curvada que encerraba un volumen de 20 ml. El material utilizado fue moldeado mediante termoformación con un espesor de 0,5 mm en la pared lateral y la pared inferior, mientras que la pared superior, del mismo material, tenía un espesor de 0,3 mm, con tres zonas de debilidad de 0,01 mm de diámetro para permitir el desalojo del lixiviado. Las diferencias entre las cuatro configuraciones se basaban en la disposición de los deflectores en el interior de la cápsula.

Las cuatro configuraciones propuestas fueron:

- 1) **Cápsula 1:** El elemento tenía tres deflectores ondulados que se dispusieron de forma anular discontinua y concéntrica con el eje vertical de la cápsula. La cresta de la onda se situó a 3 mm de la base y la inclinación de sus flancos fue de 60° con la horizontal, ocupando cada uno un ángulo de 60°. Estos deflectores se distribuyeron uniformemente sobre la pared inferior. El esquema de la cápsula diseñada corresponde con la cápsula con deflector anular discontinuo representado en la Figura 64.
- 2) **Cápsula 2:** En este caso, el deflector se instaló en el interior de la pared inferior mediante un proceso de termoformado, dándole una forma de cuña con una cara plana e inclinada 30° en dos direcciones ortogonales a un plano situado por debajo de la pared inferior y perpendicular al eje vertical que pasa por el centro geométrico de las dos paredes. De esta forma se

consiguió crear un movimiento de rotación a una fracción del lixiviado impulsándola hacia el centro. La altura del punto más elevado del deflector respecto a la base era de 3 mm y la cara plana tenía una superficie de 10 mm². En la Figura 66 se representa el diseño seleccionado para la cápsula de tipo 2.

- 3) **Cápsula 3:** La cápsula 3 se basa en la misma configuración que la cápsula 1 pero con una disposición de distinta de los deflectores y con una forma de identificación basada en un código de barras, lo que suponía una novedad. Con este código se podía almacenar cierta información como las características del café que contiene la cápsula. Este código puede ser de gran utilidad para personas con discapacidades visuales, que podrían obtener esta información con un lector del código. En esta cápsula se introdujeron dos deflectores mediante un proceso de termoformado, con forma de lámina alabeada y una altura de 3 mm. Los deflectores se dispusieron opuesto entre si de forma helicoidal respecto del eje vertical y ocupando el tercio inferior del interior de la pared lateral y el tercio más alejado del centro del interior de la pared inferior de manera que no se interrumpían en la transición de una cara a la siguiente. La Figura 69 representa la imagen de la cápsula seleccionada.
- 4) **Cápsula 4:** En este caso se incluyó un deflector flotante a la estructura de la cápsula 1, de forma que quedase enterrado en el seno del café a una distancia aproximada de 1/3 respecto a la altura interior de la cápsula. El deflector flotante seleccionado tenía forma de lámina circular curva, con la parte cóncava orientada hacia la pared inferior, como el representado en la Figura 72.

Con estas cuatro configuraciones se realizaron unos prototipos que se usaron en las pruebas de comprobación de los requisitos de trabajo, realizadas con los prototipos vacíos, y en las catas de calidad, con los prototipos cargados, que se usaron para comprobar que se cumplían los requisitos de calidad.

Con los resultados observados en las pruebas con los prototipos se realizó un análisis AMFE de los cuatro prototipos que dio como resultado que la cápsula que presentaba una mejor configuración era la cápsula 2. En la Figura 73 puede verse una vista de los elementos estructurales innovados en la configuración seleccionada.

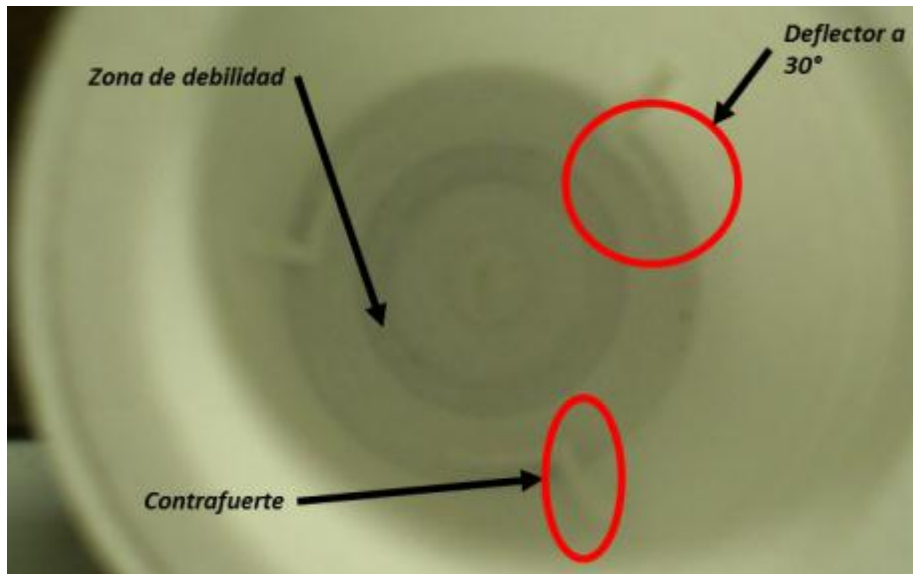


Figura 73. Imagen de los elementos innovados en la configuración definitiva.

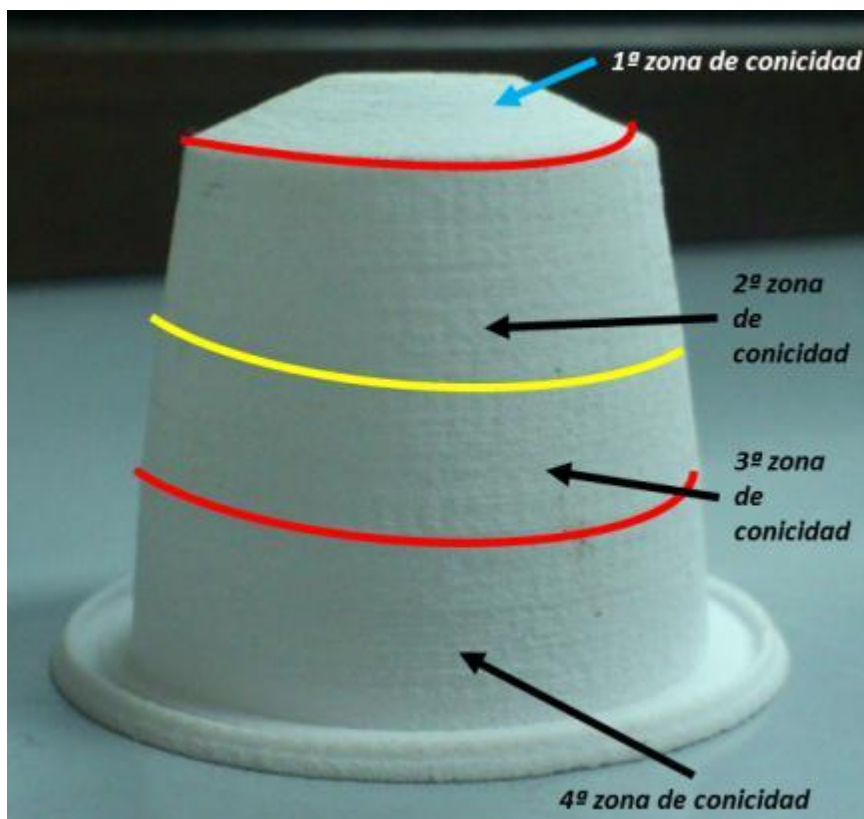


Figura 74. Detalle de la cuádruple conicidad de la cápsula diseñada, vista en los prototipos de PA.

d) Selección final de la morfología.

La selección definitiva de la cápsula comercial se basó tanto en los resultados del AMFE como en la información obtenida de los fabricantes consultados sobre precios y disponibilidades de material y maquinaria necesaria para la fabricación. Con las consultas efectuadas se comprobó que las diferencias de precio entre los diferentes modelos y la disponibilidad de la maquinaria era muy similar para el material seleccionado, el PP, como puede verse en el capítulo 8.2.3, por lo que la decisión se basó en fundamentalmente en los resultados del análisis AMFE.

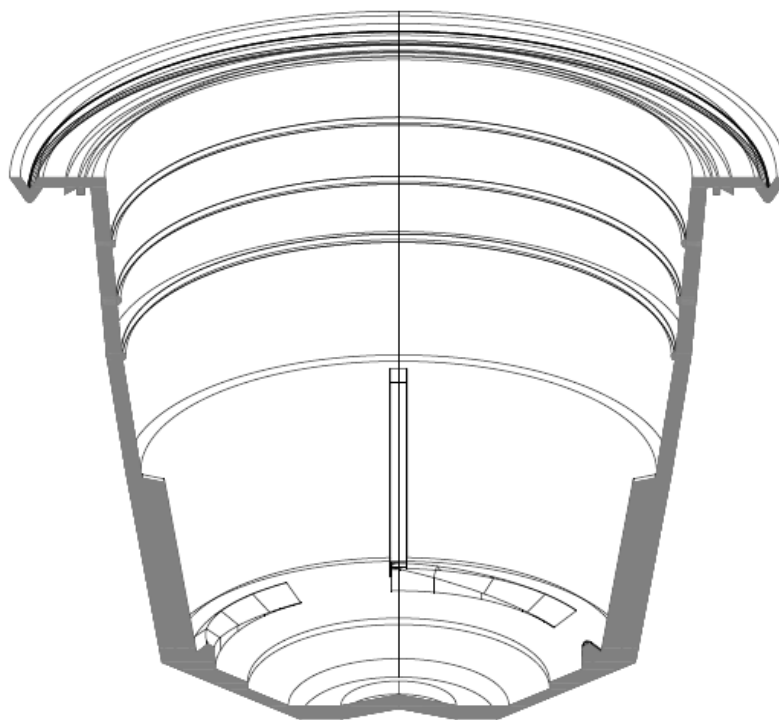


Figura 75. Corte longitudinal del modelo 3D diseñado en CAD.

Por tanto la cápsula seleccionada al final es de tipo largo, similar en tamaño a su homóloga de aluminio

8.2.3 Selección de materiales.

a) Cápsula final.

A la hora de establecer los materiales posibles para la elaboración de la cápsula se tuvieron en cuenta las especificaciones técnicas requeridas. Así, los expertos consultados

en el método DELPHI propusieron una serie de materiales que encajaban dentro de los requisitos técnicos. Los materiales a evaluar fueron:

- 1) Material biodegradable, similar al usado por Ethical Coffee en su cápsula patentada como [WO2010038213].
- 2) PP (Polipropileno).
- 3) PBT (Polibutileno Tereftalato).
- 4) PET (Polietileno Tereftalato).
- 5) PA-6 (Poliamida 6).
- 6) PS (poliestireno).
- 7) PP-EVOH-PP (Compuesto de Polipropileno y Etilen-Vinil-Alcohol).
- 8) Al (Aluminio).

Todos los materiales son aptos para el proceso de moldeo por inyección con la excepción del material multicapa PP-EVOH-PP, que requiere un proceso de termoconformado para su fabricación. Este proceso que aunque resulta ser más económico que los de moldeo por inyección, presenta una serie de limitaciones sobre las morfologías ideadas para las cápsulas, ya que no es demasiado preciso en piezas que presentan mucho detalle.

Una vez diseñada la morfología de la cápsula, los expertos en técnicas de termoconformado consultados establecieron la imposibilidad de fabricar el modelo elegido mediante este proceso. Por ello, el material multicapa PP-EVOH-PP fue desechado de la selección. Posteriormente también fue desechado el aluminio, en este caso por tres motivos, uno que es el material de las cápsulas de Nespresso, otro por el coste de la estampación que necesita el aluminio, y por último por el objetivo de disminuir el impacto ecológico de la cápsula.

Propiedad	PBT	PET	PP	PS	PA 6	Al	Unidad
Densidad	1,31	1,3-1,4	0,9	1,05	1,13	2,7	g/cm³
Dureza (Rockwell)	M70	M94-101	R80-100	M60-90	M82	35-48 (V)	S/U
Módulo de tracción	2	2,0-4,0	0,9-1,5	2,3-4,1	2,6-3	70,6	GPa
Resistencia a tracción	50	80	25-40	30-100	78	50-90	MPa
Resistencia al impacto (Izod)	60	13-35	20-100	19-24	30-250	-	J/m
Tª deflexión en caliente (a 0,45 MPa)	150	115	100-105	90	200	-	°C
Tª máxima de utilización	120	115-170	90-120	50-95	80-160	660 (fusión)	°C
Permeabilidad al O₂ (a 25 °C)	0,2	0,03	1,7 (30°C)	2	0,03	0	(cm³·cm)·10⁻³ / (cm²·s·Pa)
Módulo de Poisson	0,44	0,43	0,45	0,35	0,38	0,33	S/U

Tabla 19. Propiedades más importantes de los materiales de la selección previa. [DSM12]

En la Tabla 19 puede verse un resumen de las propiedades más importantes de los materiales seleccionados para la fabricación, y del aluminio, por ser este el material de las cápsulas que actualmente comercializa Nespresso.

Según los requisitos establecidos en el capítulo 8.1, la temperatura de trabajo en el interior de la máquina durante la erogación, será cercana a los 90 °C. El PS es el único cuya temperatura máxima de utilización estaba en rango con la temperatura de funcionamiento, por lo que fue el siguiente de los materiales en ser desechado.

Otro de los aspectos importantes de la cápsula es la rigidez. La cápsula debe poseer la rigidez suficiente para soportar la presión de inyección, y debe ser lo suficientemente flexible para permitir la deformación de su morfología para conseguir el sellado antes del paso del líquido por la cápsula. Si el material es muy rígido, la cápsula no podrá deformarse lo suficiente para generar el efecto sellante debido a la presión y si el material es muy flexible la cápsula se deformaría en exceso debido a la presión.

La propiedad que mide en cierta medida la capacidad de deformación es la rigidez a flexión. Se define la rigidez a flexión como el par de fuerzas requerido para doblar una estructura sólida por unidad de curvatura producida. Matemáticamente se expresa como: [FRA05]

$$EI \frac{dy}{dx} = \int_0^x M(x)dx + C_1$$

Lo que para una placa elástica se convierte en: [LAN86]

$$D = \frac{E \cdot h^3}{12 \cdot (1 - \nu^2)}$$

Siendo E es el módulo de Young, h el espesor, y ν el módulo de Poisson. Teniendo en cuenta los espesores mínimos obtenibles por inyección para cada uno de los materiales seleccionados, los valores de rigidez a flexión son:

<i>Propiedad</i>	<i>PBT</i>	<i>PET</i>	<i>PP</i>	<i>PS</i>	<i>PA 6</i>	<i>Al</i>	<i>Unidad</i>
Espesor mínimo de pared	2,032	0,635	0,635	0,889	0,762	0,100	mm
Rigidez Flexural	1,734	0,079	0,032	0,180	0,121	0,007	N·mm

Tabla 20. Rigidez a flexión de los materiales seleccionados. [GOO12] [QUI12]

En la Tabla 20 puede compararse los valores de las rigideces de la cápsula de Nespresso, fabricada en aluminio con un espesor de 0,1 mm, con los termoplásticos seleccionados. Se puede observar que todos ellos son notablemente más rígidos que el aluminio.

La morfología de la cápsula actual de Nespresso coincide en gran medida con la diseñada originalmente por Favre en 1.976 [patente FR2373999]. Se trata de un elemento de cuerpo troncocónico truncado y sin estructuras internas, que permitía la fabricación por estampado de una lámina metálica. En la presente tesis se propone una cápsula basada en la misma patente, pero que a su vez posee una serie de modificaciones estructurales que aumentan su resistencia al aplastamiento, como la múltiple conicidad y los contrafuertes. Debido a estas similitudes estructurales y a que la morfología diseñada presenta mayor resistencia al aplastamiento, se puede concluir que los materiales propuestos presentan valores de rigidez suficientes para aguantar la perforación de las cuchillas, al encontrarse por encima de los valores presentes para el aluminio de 0,1 mm de espesor

A su vez, el material ha de ser lo más flexible posible para permitir la deformación de la morfología de sellado. En la Tabla 20 puede verse que el material con la menor rigidez flexural de los considerados es el PP, por lo que es el material más adecuado para permitir que la morfología diseñada pueda deformarse lo suficiente en el momento de la inyección.

El siguiente criterio de selección es la permeabilidad al O₂, ya que esta determina la calidad y la caducidad del producto que se almacena en la cápsula. Un material con alta permeabilidad al oxígeno provocará una mayor oxidación del preparado, lo que reduce su tiempo de vida y la calidad de las propiedades organolépticas. En este ámbito, el PP presenta valores de permeabilidad muy altos en comparación con el resto de materiales, como se puede ver en la Tabla 19, siendo el PET y la PA los dos materiales que presentan valores más bajos.

A pesar de que el PP no sería aceptable debido a esta característica, existen varias soluciones técnicas para materiales que presentan permeabilidades tan altas. La primera solución consiste en la inyección N₂ en la cápsula antes de su sellado, ya que el N₂ es un gas inerte que desplaza el O₂ creando así una atmósfera protectora en el interior. Además al inyectar N₂ se crea una presión interna a la que hay que sumar la presión del CO₂ generado durante la desgasificación del café que se produce dentro de la cápsula. El valor de esta presión interna es superior a la presión atmosférica, lo que implica que hasta que no se produzca el equilibrio de las presiones no se puede producir una entrada de O₂ desde el exterior. La segunda solución posible es la inclusión de la cápsula dentro de una bolsa lavada con gas inerte y termosellada, de manera similar a como protege Sara Lee las cápsulas de su marca Marcilla L’Arome Espresso, de forma que no existe degradación antes de que se consuma la primera cápsula. De todas formas actualmente existen cápsulas de PP en el mercado y dada la alta rotación existente en el producto, las caducidades no resultan determinantes.

Por último es importante tener en cuenta el coste final de la cápsula para seleccionar el material idóneo. En la Tabla 21 se recogen los precios relativos de los materiales preseleccionados, en el mercado de 2.012.

	Precio Relativo
PBT	1,00
PET	1,50
PP	1,01
PS	1,23
PA	1,10
AI	15,00

Tabla 21. Precios relativos de los materiales preseleccionados. [BOV12]

Otro factor que influye en el precio final de la cápsula es la dificultad que presente el material para ser inyectado. Según la temperatura y viscosidad del material, el coste de inyección aumentará y como tal el precio final. El parámetro que se utiliza para medir la facilidad con la que un polímero puede ser inyectado por extrusión es el Melt Flow Index ó índice de fluidez (MFI). Este parámetro junto a la viscosidad y la temperatura de inyección determinan qué material será más fácilmente inyectable.

El MFI es una medida de la facilidad con la que fluye una masa fundida de un polímero termoplástico. Se define como la masa de polímero que fluye durante diez minutos a través de un capilar diámetro y longitud normalizados por aplicación de presión. El MFI es inversamente proporcional a la viscosidad de la masa fundida, aunque se debe tener en cuenta que la viscosidad del material depende de la presión aplicada y de la temperatura de inyección.

Polímero	T^a Inyección (°C)	T^a Molde (°C)	Presión Inyección (mbar)	Viscosidad (10³ s⁻¹)	MFI
PBT	260	54	1.000	140	2,16 (a 260 °C)
PET	272	27	965	40	2,16 (a 280 °C)
PP	218	38	965	120	5 (a 230 °C)
PS	293	104	1.172	90	2,16 (a 300 °C)
PA	291	91	1.103	80	5 (a 275 °C)

Tabla 22. Propiedades reológicas de los polímeros seleccionados. [GOO12] [DIN90]

La técnica de procesamiento de plásticos más utilizada es el moldeo por inyección. Hoy en día existen una gran cantidad de artículos fabricados por este método. El moldeo por inyección requiere temperaturas y presiones más elevadas que otras técnicas de transformación, pero proporciona piezas y objetos de bastante precisión, con superficies limpias y lisas, además de proporcionar un magnífico aprovechamiento del material, con un ritmo de producción elevado. El fundamento del moldeo por inyección es inyectar el polímero fundido en un molde cerrado y que debe estar más frío que el polímero, donde solidifica para dar el producto. La pieza moldeada se recupera al abrir el molde para sacarla. En general la técnica de moldeo por inyección es más barata que otras técnicas de conformado, debido a que la maquinaria es más barata y permite una mejor optimización de los tiempos de fabricación.

Con las características indicadas en este capítulo puede verse que el material más indicado es el PP. El PP-EVOH-PP se descartó por motivos técnicos, ya que no es válido para la inyección por moldeo. El aluminio fue descartado por tres motivos, ser el material actual evitando así problemas legales, por el coste de la estampación, y por ser un material con un alto impacto ecológico. El PS fue descartado por varios motivos, ya que aparte de ser más caro que el PP, tiene una permeabilidad al O₂ mayor, una temperatura de inyección y de molde mayor, lo que implica un coste energético mayor. La PA fue descartada por motivos similares al PS, aunque su permeabilidad al O₂ es muy inferior. Los otros tres polímeros presentaban valores similares, pero en el caso del PET su precio es un 33 % mayor, lo que lo hacía poco viable, desde el punto de vista económico. Finalmente dado que el problema de la permeabilidad al oxígeno es relativamente fácil de evitar y no resulta demasiado determinante, dada la gran rotación del mercado, se optó por seleccionar el PP como material para elaborar las cápsulas en detrimento del PBT.

b) Prototipo.

El objetivo principal del prototipo fue comprobar si la erogación de la cápsula diseñada era correcta y no generaba problemas de atascos en la máquina. Con estos primeros prototipos no se buscaba la erogación perfecta, simplemente se fabricaron con el objetivo de comprobar la viabilidad de la cápsula y comprobar que las erogaciones eran viables. Para la prueba se establecieron los siguientes criterios de éxito:

- 1) La forma y el volumen de la cápsula deben permitir su introducción en las máquinas Nespresso convencionales, sin producir atascos y sin ofrecer resistencia.
- 2) La copela debe quedar bien situada y la debilidad introducida debe facilitar que las cuchillas perforen la cápsula sin provocar una deformación por aplastamiento.
- 3) Una vez colocada el prototipo debe producirse una erogación correcta sin que salga un flujo de agua previo al de infusión.
- 4) Una vez realizada la erogación, el prototipo debe ser extraído del habitáculo sin generar atascos en la máquina.

Debido al segundo criterio, el material elegido debe tener una dureza similar a la del PP, de forma que los resultados sean extrapolables a la cápsula final. De entre todos los materiales posibles de prototipado rápido, los especialistas consultados en la fase DELPHI señalaron que las opciones posibles de materiales que presentan características similares al PP eran tres. Ordenados según el orden de preferencia señalado son:

- 1) El fotopolímero líquido SOMOS 9120 de la marca DSM.
- 2) El fotopolímero líquido SOMOS 9920 de la marca DSM.
- 3) PA Natural sin fibra de vidrio.

Propiedad	PA Natural	SOMOS 9920	SOMOS 9120	PP
Modulo de Young (MPa)	1550-1850	1345-1810	1227-1462	1138-1551
Tensión de rotura (MPa)	42-48	31-39	30-32	31-37
Elongación en el punto de fluencia (%)	15-25	20	15-25	7-13
Módulo de flexión (MPa)	1110-1370	1190-1383	1310-1455	1172-1724
Resistencia Impacto-Izod (J/cm²)	0,4-0,48	0,27-0,5	0,48-0,53	0,21-0,75

Tabla 23. Propiedades más importantes de los materiales de la selección previa. [DSM11a]

Como indican los datos de la Tabla 23, los dos fotopolímeros SOMOS presentan intervalos de valores próximos al PP, por lo que serían aptos para la evaluación de los dos primeros criterios. Sin embargo ambos fotopolímeros presentan una temperatura de reblandecimiento de entre 52 °C y 61 °C para el SOMOS 9120 y 54 °C y 62 °C para el SOMOS 9920, por lo que la erogación es inviable con prototipos de estas resinas. Además de estos problemas de temperatura, las empresas de prototipado rápido consultadas no disponían de este material en su catálogo, por lo que finalmente se optó por la PA natural para realizar el test completo.

Una vez seleccionado el material de fabricación, se decidió realizar los prototipos con la técnica SLA, explicada en el capítulo 6.4.3. Existieron dos motivos que argumentaron la decisión. Por un lado el consejo del fabricante que señaló que para la pieza escogida cumplía mejor la SLA que el SLS, debido a que con la primera se consigue mucha mayor calidad en los detalles y a que el precio de realizar una serie limitada de prototipos era

mucho menos para el SLA. El segundo motivo se debió a la mejor disponibilidad de la máquina SLA en las fechas de entrega de los prototipos.

8.3 Fabricación.

8.3.1 Fabricación de prototipos.

La fabricación de los prototipos se realizó en PA, concretamente en la marca comercial PA 2200 de la industria química alemana EOS GmbH. Este material presenta una gran resistencia y rigidez además de una buena resistencia química y una excelente resistencia a la fatiga. Con este tipo de resinas poliméricas se pueden obtener excelentes resoluciones de los detalles, lo que las hacía muy interesante para la obtención de los deflectores y los contrafuertes diseñados. Presenta diversas posibilidades de acabado como por ejemplo, metalización, esmaltado, coloración, etc., pero se optó por un acabado en blanco mate sencillo. [EOS12]



Figura 76. Detalle de la PA 2200 antes de la termoconformación. [EOS12]

La maquinaria elegida para la realización de los prototipos fue un equipo SLA 5000 de la empresa británica 3D Systems Europe Ltd. Puede trabajar con espesores de capa de hasta 0,05 mm, proporcionando un óptimo acabado superficial que evita tratamientos posteriores. La plataforma de construcción era de 508 x 508 x 584 mm, lo que permitía producir las piezas sin problemas de espacio, generando varios prototipos en un sólo proceso. El láser instalado en la máquina es de estado sólido y conlleva un reducido consumo energético. La máquina lleva incorporada una CPU con los paquetes de software 3D Lightyear y Buildstation, compatibles con las herramientas CAD más habituales.



Figura 77. Imagen de la máquina SLA 5000 utilizada en la fabricación de los prototipos. []

8.3.2 Fabricación industrial.

La fabricación industrial de las cápsulas de PP se realizará por el método de moldeo por inyección. Esta técnica es la más utilizada para conformar materiales poliméricos. Se trata de una técnica discontinua que sigue un proceso en tres fases: [BRY96]

- 1) Llenado a presión del molde.
- 2) Enfriamiento
- 3) Desmoldado.

Representa un modo relativamente simple de fabricar componentes con formas geométricas de alta complejidad. Requiere una máquina de inyección que consta de una unidad de inyección, una unidad de cierre y un molde. El molde es una cavidad cuya forma es idéntica a la de la pieza a fabricar y cuyo tamaño es ligeramente superior, ya que hay que aplicar un factor de contracción, que se debe adicionar a las medidas de la pieza, para que contrarreste la contracción del polímero en el proceso de enfriamiento y cristalización. [BRY96]

El funcionamiento es bastante simple. Se fusiona la resina polimérica que se inyecta en el molde a través de la unidad de inyección. La unidad de cierre clausura el polímero líquido dentro del molde y se espera a que se enfríe y cristalice, dando lugar a la pieza deseada. [BRY96]

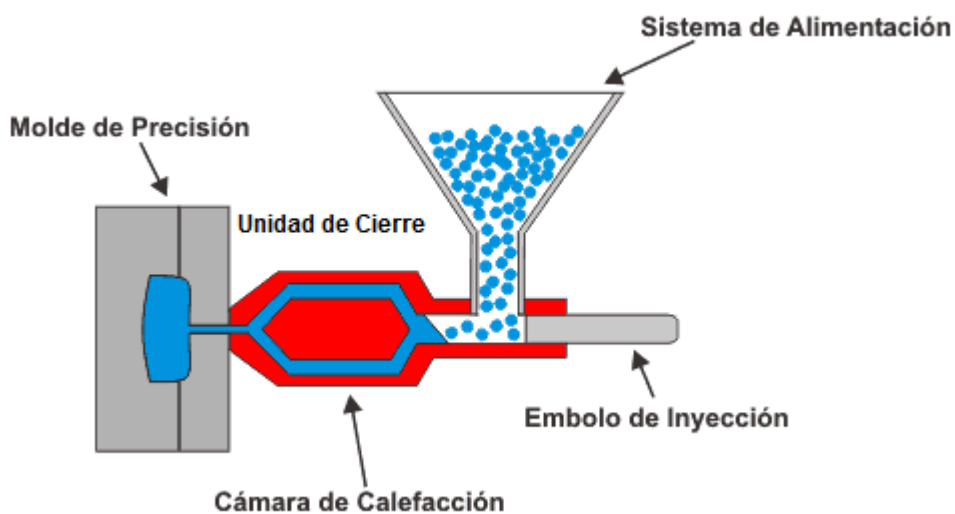


Figura 78. Esquema de funcionamiento de las máquina de molde por inyección. [BRY96]

La máquina seleccionada para la fabricación de las cápsulas fue un modelo de la marca multinacional Battenfeld, modelo BA 500CD con capacidad para fabricar piezas de hasta 74 g. La máquina pesa unas 50 t y tiene una potencia de 15 kW. El criterio seguido para la selección de la máquina estuvo basado en la disponibilidad inmediata del equipamiento.



Figura 79. Aspecto de la maquinaria de inyección seleccionada para la fabricación industrial.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

9. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

9.1 Introducción.

Una vez confeccionados los prototipos de las cápsulas se llevaron a cabo una serie de pruebas cuyo objetivo era comprobar si el diseño seleccionado cumplía con los requisitos, tanto de trabajo como de calidad, expresados en el capítulo 8.1.

Debido a la ausencia de una metodología oficial, se diseñó una nueva cuyo objetivo final era comprobar que las innovaciones ideadas en la fase de creatividad y desarrolladas en los prototipos eran eficaces. La metodología diseñada para este objetivo se dividió a su vez en tres tipos de pruebas, como se señaló en el capítulo 7.3.

La primera de las pruebas se diseñó con las cápsulas vacías, en las que el objeto de la prueba era evaluar el funcionamiento. Se cargaban las cápsulas y se accionaba el mecanismo de funcionamiento comprobando que:

- 1) Las dimensiones de cápsula permitían la carga.
- 2) El cierre de la máquina se podía llevar a cabo sin necesidad de aplicar más fuerza de la que es necesaria para la cápsula de Nespresso.
- 3) La perforación efectuada en la copela al cerrar la tapa era correcta.
- 4) El flujo de agua salía correctamente, con el caudal y la presión necesaria.
- 5) No había fugas de agua durante la erogación al quedar la cápsula perfectamente sellada en el habitáculo de la máquina.
- 6) La evacuación de la cápsula una vez finalizado el proceso de erogación era correcta, cayendo esta al depósito sin generar resistencias ni atascos.

La segunda de las pruebas consistió en realizar los mismos test descritos en el punto anterior pero con las cápsulas cargadas con café molido. Además de los seis objetivos anteriores, en estas pruebas se buscaba también comprobar si los flujos de lixiviado salían de la cápsula arrastrando posos de sólido y si el café molido ejercía resistencia y provocaba salidas de líquido o de sólido al habitáculo de la máquina. Estas pruebas se realizaron con los prototipos de PA comentados en el capítulo 8.2.

Las bases de la metodología seguida en estas dos primeras pruebas son las señaladas en el capítulo 7.2.

Por último la tercera de las pruebas consistió en realizar catas de evaluación de las propiedades organolépticas. Debido a que la cantidad de prototipos era demasiado baja como para obtener resultados representativos, se decidió encargar la confección de una serie reducida de cápsulas en PP, material seleccionado para la cápsula comercial. La metodología seguida en estas catas se expresa en el capítulo 6.7. Se realizaron catas con café molido tipo espresso facilitado por una empresa tostadora local de tres tipos, fuerte, suave y descafeinado, También se decidió, siguiendo la misma metodología, realizar catas en cafés de propiedades similares, preparados en los dos tipos de cápsulas en que se segmenta el de mercado, es decir cápsulas largas y cápsulas cortas, distinción que puede verse en el capítulo 5.3. Las opiniones de los participantes de estas catas se reflejaron por escrito rellenando los cuestionarios (ver capítulo 7.3) y se llevó a cabo una comparativa entre las propiedades organolépticas de las distintas infusiones preparadas con cada tipo de café y cápsula. Los resultados se recogen en el capítulo 9.5.

9.2 Pruebas con las cápsulas vacías.

Se realizaron tres pruebas con cada configuración de los prototipos, que están señaladas en el capítulo 8.2.2, en total 12 pruebas. Las cápsulas de PA natural se cerraron con tapas de aluminio pegadas con pegamento, de manera similar a como se cierran las cápsulas libres de Ne-Cap y Capsul-In.

En todos los casos la cápsula no presentó problema de adaptación al habitáculo ni ofreció una resistencia mayor al cierre que la de aluminio. La triple perforación en la zona de debilidad de la copela se produjo sin problemas de aplastamiento ni de roturas en las paredes. El paso del agua por el interior de la cápsula no presentó problemas y el flujo de agua salió por la tubería de evacuación con caudal constante.

El parrillado de la tapa de aluminio de la pared superior fue en todos los casos similar al obtenido con las cápsulas originales de aluminio, sin provocar roturas de la tapa de aluminio adherida a pesar de no encontrarse esta termosellada, tal y como se espera del producto final.

El desalojo de las cápsulas al finalizar el proceso de erogación tampoco presentó problemas, cayendo esta sin problemas de resistencia o atascos a la apertura del habitáculo.

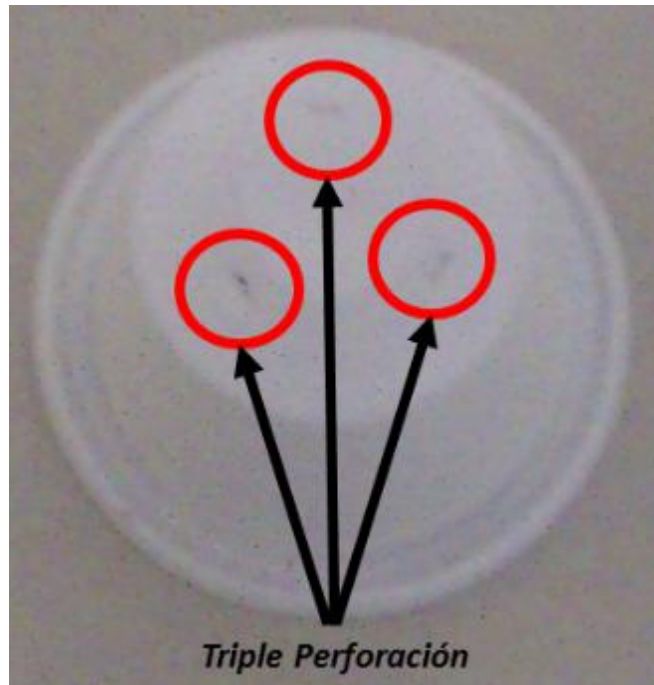


Figura 80. Detalle de las perforaciones obtenidas en la cápsula tras la prueba en vacío.



Figura 81. Detalle del parrillado de la tapa de aluminio resultante tras la prueba en vacío.

9.3 Pruebas con las cápsulas rellenas.

Se realizaron tres pruebas con cada configuración de los prototipos, que están señaladas en el capítulo 8.2.2, en total 12 pruebas. Las cápsulas de PA natural se cerraron con tapas de aluminio pegadas con pegamento, de manera similar a como se cierran las cápsulas vacías de Ne-Cap y Capsul-In, vistas en el capítulo 5.3.

Se depositó manualmente en el interior de la cápsula café espresso, en concreto 6 g, misma cantidad que llevan las cápsulas de Nespresso, compactando también de manera manual. Seguidamente se cerró la cápsula con una tapa de aluminio pegada a la parte exterior del ala de la pared superior.

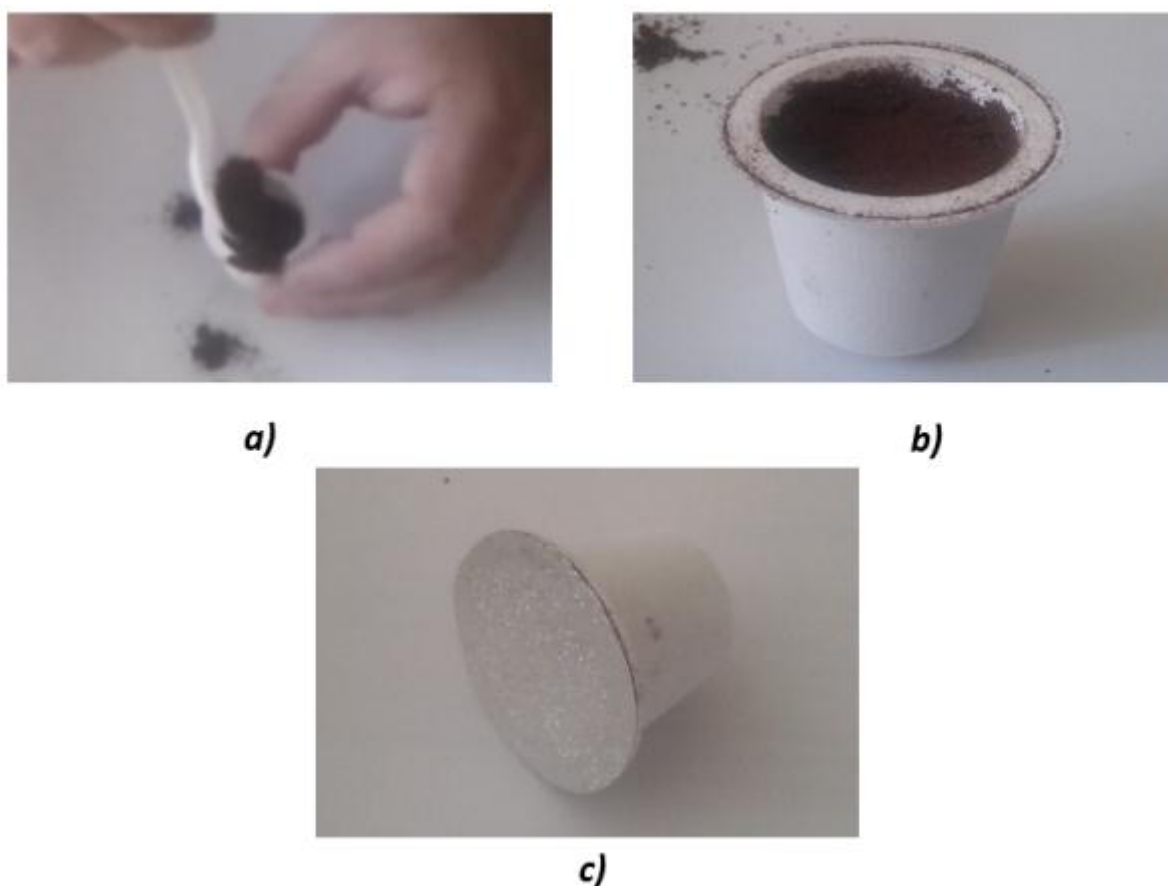


Figura 82. a) Rellenado manual, b) Café compactado, c) Cápsula sellada.

Posteriormente las cápsulas se introdujeron en una máquina compatible que inyecta agua a 90 °C y a una presión de 20 bar. El resultado de las doce preparaciones fue similar a las infusiones realizadas con las cápsulas originales de Nespresso.

Las cápsulas se introdujeron sin dificultad en el habitáculo y se pudo accionar la manivela de cierre sin problema alguno. Las erogaciones tuvieron flujos de fluido continuos y los volúmenes preparados estuvieron en niveles similares a otras cápsulas. Tampoco se presentaron problemas de aplastamiento en la perforación ni resistencias o atascos en la evacuación de la cápsula al finalizar la erogación.

Los resultados obtenidos fueron muy similares a los de las pruebas con la cápsula vacío, vistas en el capítulo 9.2, con la única diferencia de que en este caso los prototipos quedaron manchados por el flujo de lixiviado.

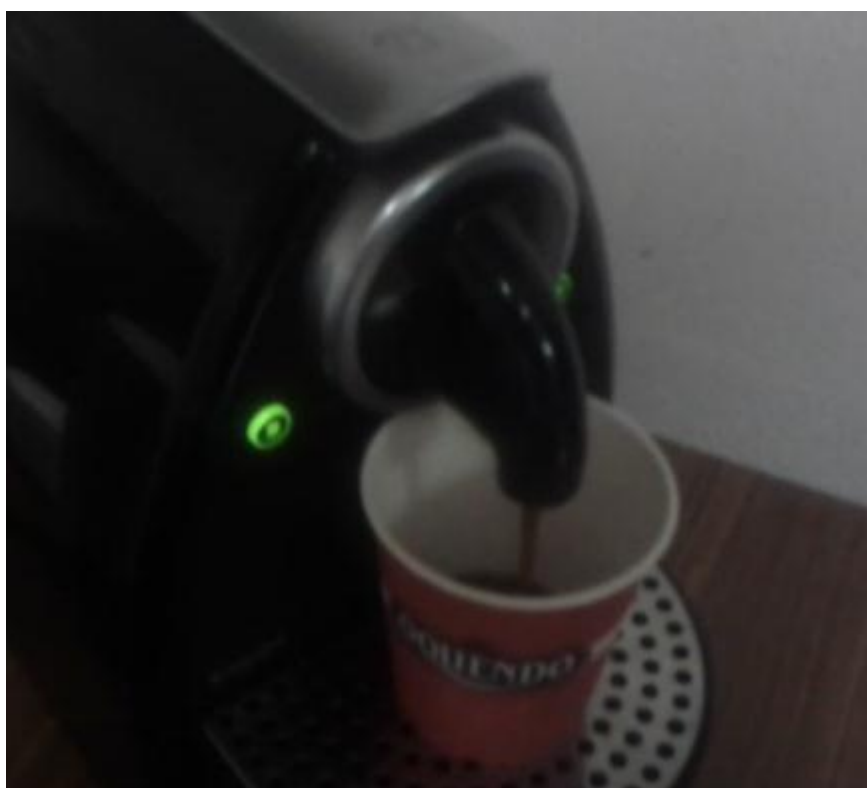


Figura 83. Detalle del flujo de erogación obtenido con los prototipos de PA natural.



Figura 84. Imagen del estado de un prototipo relleno después de la erogación.

En la Figura 84 puede observarse como la cápsula quedó manchada por el flujo de lixiviado y que el parrillado tallado en la tapa de aluminio tenía un aspecto similar a las obtenidos con otras cápsulas.

9.4 Catas para la medición de las propiedades organolépticas de la infusión preparada.

Para la realización de las catas de medición de las propiedades fue necesario fabricar una serie de cápsulas comerciales, elaboradas en PP, como se indica en el capítulo 8.2.3. La metodología seguida en las catas se encuentra explicada en el capítulo 7.3.

El café utilizado en las catas se obtuvo en una empresa tostadora local y fue de tres tipos, uno fuerte de intensidad 8, otro suave de intensidad 6 y un descafeinado. El grado de molienda y la mezcla del café es la misma que la empresa colaboradora utiliza en sus cápsulas actuales.

Las cápsulas se rellenaron de manera manual, de manera similar al rellenado de los prototipos, y se cerraron con tapas de aluminio provistas de pegamento. Las cápsulas se introdujeron en la máquina y se realizaron las erogaciones. Estas fueron catadas por los probadores que facilitaron su opinión rellenando el cuestionario que se cita en el capítulo 7.3.3.



Figura 85. Imagen de la cápsula cargada y sellada antes de la erogación.



Figura 86. Carga de la cápsula para la erogación de una de las catas.



Figura 87. Imagen del parrillado originado por el sistema de sellado en una de las cápsulas de las catas.

Los cuestionarios, que se pueden observar en el capítulo 7.3, preguntaban sobre las propiedades organolépticas apreciadas por los probadores, que puntuaron de 1 a 5 estas propiedades con criterios totalmente subjetivos. En total se realizaron 30 catas, con la configuración final de las cápsulas, con el deflector instalado en la pared inferior con una forma de cuña inclinada 30°, como se indica en el capítulo 8.2.2. En este caso se seleccionó esta configuración debido a motivos técnicos, surgidos en los resultados del análisis AMFE, y a motivos económicos y de disponibilidad de los materiales y maquinaria.

Otro de los resultados obtenidos fue la acidez de la infusión preparada. El intervalo del pH de los cafés espresso varía entre 5,5 y 6, como se indica en el capítulo 7.3.1. De las 30 infusiones preparadas 27 cumplieron el requisito, y tan sólo tres tuvieron un pH ligeramente superior a 6. La media de la acidez de las infusiones fue de 5,83.

Los resultados de las otras propiedades organolépticas se recogen en la Tabla 24.

<i>Intensidad</i>			
<i>Propiedad Organoléptica</i>	<i>Fuerte</i>	<i>Suave</i>	<i>Descafeinado</i>
Sabor	4,00	3,50	4,17
Aroma	2,83	3,17	2,83
<i>Puntuación</i>			
<i>Propiedad Organoléptica</i>	<i>Fuerte</i>	<i>Suave</i>	<i>Descafeinado</i>
Sabor	4,00	3,50	4,17
Aroma	2,83	3,17	2,83
Impresión Global	3,17	2,83	3,33
<i>Cre moso</i>			
<i>Propiedad Organoléptica</i>	<i>Fuerte</i>	<i>Suave</i>	<i>Descafeinado</i>
Cuerpo	2,83	3,17	3,33
<i>Capa de Espuma</i>			
<i>Propiedad Organoléptica</i>	<i>Fuerte</i>	<i>Suave</i>	<i>Descafeinado</i>
Cuerpo	3,17	2,83	3,33

Tabla 24. Cuadro resumen de la valoración de las propiedades organolépticas de las infusiones preparadas.

Los probadores identificaron el café de sabor más fuerte, y todos los probadores le añadieron leche para suavizarlo, sin embargo con el café suave sólo el 40 % de los probadores añadió leche. El sabor fuerte no correspondió con una mayor intensidad del aroma, ya que consideraron que el aroma emanado por el café fuerte era más suave (2,83) que el emanado por el café suave (3,17), lo que implica que no necesariamente un aroma fuerte corresponde con un sabor fuerte.

El cuerpo del café se incrementó con la suavidad del café, cosa que no sucedió con la capa de espuma. En cuanto a la impresión global fue relativamente buena en los tres cafés, con un aprobado en los tres casos.

A través de las catas puede observarse que las propiedades organolépticas detectadas por los probadores obtuvieron puntuaciones medias. Este hecho, sumado a que el 100 % de los probadores decidió tomar el café después de la cata, demuestra que las infusiones preparadas resultaron aptas, correctas, y de calidad media alta.

9.5 Catas comparativas entre distintas cápsulas.

Una vez realizadas las pruebas de calidad en las cápsulas diseñadas, comprobando que las propiedades organolépticas eran lo suficientemente buenas, se diseñó una comparativa entre las cápsulas propias y algunas de las principales competidoras.

Las bases de la comparativa se establecen en el capítulo 7.3. Para poder establecer una comparativa razonable hubo que seleccionar cafés de similares características. Debido a que no hay ninguna clasificación estándar de las variedades de café comercializadas en el mercado español, la comparativa debía basarse en alguna característica subjetiva.

Por tanto para realizar las catas comparativas se decidió usar como criterio de comparación el parámetro intensidad del café. Como se explica en el capítulo 7.3.4 las empresas tostadoras de café utilizan el parámetro intensidad para medir la fortaleza del café. Es un concepto que se aplica en las catas para medir las características olfativas y gustativas del café, es decir el aroma y el sabor. La intensidad depende de la especie (arábica o robusta), el tueste y el cuerpo del café. Comercialmente las tostadoras españolas utilizan una escala de intensidad de 0 a 10. [SOS12]

Por este criterio, el basado en el factor intensidad, se seleccionaron tres cafés fuertes, intensidades 9 y 8, y tres más suaves, de intensidad media, 6 y 7, mientras que se decidió hacer una comparativa entre los tres tipos de cápsulas en la variedad de café descafeinado, sin tener en cuenta para este tercer tipo la intensidad del café.

Una vez establecido el criterio de comparación se seleccionaron los cafés competidores. Se decidió seleccionar las cápsulas competidoras en función de las características de las mismas. Por lo tanto, se compararon las cápsulas de aluminio de tipo larga y las de PP de tipo corto. .

Las cápsulas fueron adquiridas en los establecimientos autorizados por las marcas comerciales. El café utilizado en las cápsulas diseñadas en la presente tesis se obtuvo en una empresa tostadora local. Las cápsulas diseñadas en esta tesis se tuvieron que rellenar de manera manual debido a la falta de maquinaria para tal efecto. Las cápsulas propias se rellenaron justo antes de la erogación para tratar de impedir que el O₂ ambiental adulterara la calidad del café.

La selección final de cafés fue la siguiente:

Cafés Fuertes	
Marca	Intensidad
Cápsula Propia	8
Cápsula Corta	9
Cápsula Larga	8
Cafés Suaves	
Marca	Intensidad
Cápsula Propia	6
Cápsula Corta	7
Cápsula Larga	6
Descafeinados	
Marca	Intensidad
Cápsula Propia	6
Cápsula Corta	6
Cápsula Larga	2

Tabla 25. Cuadro resumen de la selección de cafés para las catas comparativas.

Los cafés fueron catados por probadores no profesionales que facilitaron su opinión a través del cuestionario que se refleja en el capítulo 7.3.3. Se realizaron 10 catas por cada variedad de café y cápsula, en total la muestra fue de 90 catas.

Los resultados más relevantes fueron:

Cafés Fuertes				
Marca	Aroma	Sabor	Cuerpo	Nota Global
Cápsula Propia	3,00	2,50	3,17	2,67
Cápsula Corta	3,17	2,67	3,00	2,83
Cápsula Larga	3,33	2,83	3,17	3,00
Cafés Suaves				
Marca	Aroma	Sabor	Cuerpo	Nota Global
Cápsula Propia	3,33	3,00	2,83	3,00
Cápsula Corta	3,50	3,17	3,00	3,17
Cápsula Larga	3,33	3,17	3,00	3,50
Descafeinados				
Marca	Aroma	Sabor	Cuerpo	Nota Global
Cápsula Propia	2,50	2,33	2,83	2,33
Cápsula Corta	2,67	2,50	3,00	2,33
Cápsula Larga	2,83	2,67	3,17	2,33

Tabla 26. Cuadro resumen de las notas obtenidas por los distintos cafés en las catas comparativas.

En la Tabla 26 puede observarse que las notas de las erogaciones preparadas con las diferentes cápsulas, dentro de un mismo tipo de café fueron muy parecidas. Si

observamos la columna de la Nota Global, podemos ver que la diferencia entre la nota mayor y la menor de cada uno de los tipos no supera los 0,50 puntos en la variedad de cafés suaves, lo que supone tan sólo una variación del 10 % sobre la nota global.

La cápsula propia presenta valores muy cercanos a las dos competidoras, superando incluso las notas de sus competidoras en alguna categoría. En el caso de los descafeinados la nota global es igual para las tres cápsulas. Los valores de las notas de la cápsula propia pueden haberse visto penalizados por el hecho de no realizar el envasado de manera industrial, como si se produjo en las dos competidoras.

Cafés Fuertes		
Marca	% con leche	% con azúcar
Cápsula Propia	100,00	80,00
Cápsula Corta	70,00	70,00
Cápsula Larga	60,00	60,00
Cafés Suaves		
Marca	% con leche	% con azúcar
Cápsula Propia	40,00	40,00
Cápsula Corta	60,00	60,00
Cápsula Larga	40,00	20,00
Descafeinados		
Marca	% con leche	% con azúcar
Cápsula Propia	100,00	80,00
Cápsula Corta	80,00	60,00
Cápsula Larga	80,00	80,00

Tabla 27. Otros datos significativos de las catas comparativas.

En la Tabla 27 se recogen los datos sobre los aditivos añadidos por los probadores. Se ofreció leche y azúcar para terminar la infusión una vez realizada la cata. En los datos puede verse que los descafeinados, a pesar de tener menor intensidad que los otros cafés fueron los preferidos para añadir leche y azúcar. En este caso las cápsulas propias fueron más propensas a los aditivos, lo que puede ser debido a que la mezcla de café no estuviera tan compactada como sus competidoras. De esta manera las erogaciones de los cafés quedaban ligeramente más amargas, como algunos probadores indicaron en el recuadro de observaciones del cuestionario, por lo que los probadores decidían endulzar el café con estos aditivos.

En cuanto a la acidez, se hizo un muestreo aleatorio de dos erogaciones de cada una de las variedades, es decir se midió dos veces el pH de cada 10 cápsulas de cada variedad, en total 18 pruebas. En este caso todas las erogaciones cumplieron con los requisitos de pH establecidos en el capítulo 7.3.1.

En resumen, las erogaciones efectuadas con la cápsula diseñada presentan unos valores muy cercanos a las de sus competidoras, a pesar de partir con la desventaja de no poder hacerse un rellanado y un envasado. Por tanto el objetivo marcado en los requisitos de calidad, señalados en el capítulo 8.1.3, de conseguir una erogación de propiedades similares a las obtenidas con otras cápsulas compatibles fue conseguido.

9.6 Ventajas competitivas del producto.

Las principales ventajas competitivas que presentó el producto final son:

- 1) El material seleccionado tiene una menor densidad (véase Tabla 19), por lo tanto tiene menos peso para un mismo volumen de café.
- 2) El material seleccionado permite la colocación de un código identificativo, tipo código de barras o QR, sin que la cápsula pierda propiedades.
- 3) El material es menos exigente ecológicamente hablando, ya que permite el reciclaje directo en el contenedor amarillo.
- 4) La presencia de deflectores permite la creación de un flujo circular que aumenta el tiempo de residencia del fluido en la preparación alimentaria, permitiendo extraer los principios activos con más eficacia.
- 5) La introducción del producto en el mercado generará una mayor competencia en un mercado hasta ahora monopolístico.
- 6) El consumidor de la cápsula puede ver la preparación alimenticia, ante de prepararla al ser el material PP transparente.
- 7) A la hora de la limpieza de los posos de café del interior, estos no se quedan retenidos en los poros del material al ser este totalmente liso, lo que facilita su reciclaje.

CONCLUSIONES Y FUTURAS

LÍNEAS DE TRABAJO

10. CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO.

10.1 Conclusiones.

El diseño del elemento desechable es totalmente compatible con la máquina, produciéndose las erogaciones correctamente, sin alterar ni dañar la estructura ni los componentes de la máquina, no generando resistencias adicionales en el accionamiento de la manivela de cierre y sin producirse atascos en la evacuación de la misma.

En el proceso de diseño planteado en la presente tesis se han aplicado herramientas y técnicas clásicas de creatividad y gestión, que aportaron informaciones relevantes al proceso, acerca de la modificación de elementos de la cápsula de aluminio actual y de la adición de elementos innovadores, que se emplearon en la creación del diseño final.

Entre las modificaciones de elementos ya existentes, la cuádruple conicidad de la pared lateral, que modifica la doble conicidad inicial de la cápsula de aluminio, facilita el flujo de fluido a través de la preparación alimenticia al crearse unas zonas de transición en los cambios de pendiente, produciéndose en ellas una ligera depresión que favorece el movimiento del fluido entre los poros de la masa sólida.

Entre los elementos novedosos diseñados, los deflectores internos consiguieron provocar que una fracción del flujo de líquido creara una trayectoria turbulenta en el interior de la cápsula, similar a las corrientes de convección originadas en una olla exprés. Esta corriente hace que el tiempo de residencia de una parte del flujo de fluido se incrementara y se facilitase el contacto sólido-líquido, que redundaba en que se pudiesen extraer los principios activos de la preparación alimenticia.

Otro de los elementos innovados en el diseño fue crear una zona de disminución del espesor en la copela de la pared inferior, lo que permitió que las perforaciones efectuadas por las cuchillas en el momento de accionar el mecanismo de cierre se produjeran sin ofrecer resistencias adicionales a las que presentan las cápsulas de aluminio, a pesar de que el nuevo material seleccionado, el PP, es más rígido que el aluminio. Este cambio del material de fabricación permitió además rebajar el peso del

elemento desechable, cumpliendo uno de los objetivos del diseño, ya que la densidad del PP es mucho menor que la del aluminio.

El cambio en el material de fabricación supuso además un ahorro en el proceso de fabricación ya que el PP es mucho más económico, hasta un 15 %, que el aluminio, teniendo además una técnica de fabricación muy extendida y tecnológicamente muy desarrollada como la inyección por moldeo para la fabricación del elemento.

El cambio de material también provocó una mejora en la reciclabilidad del elemento, debido a que el PP es apto para su reciclaje en los contenedores estandarizados para envases de plástico de los principales agentes de recogida, mientras que el aluminio de las cápsulas originales tiene mucho peor reciclaje debido a la laca usada para barnizarlas. El diseño de la cápsula de PP no añade ningún otro componente de carácter estético, por lo que el elemento es totalmente reciclable.

El diseño, con sus elementos novedosos y las modificaciones innovadoras, encajaba perfectamente en las especificaciones de las tecnologías de prototipado rápido, por lo que fue posible fabricar una serie de prototipos y probarlos en las condiciones reales de trabajo, comprobando que cumplía los requisitos de trabajo. A partir de la fabricación de estos prototipos, y ante la ausencia actual de una metodología estandarizada, hubo que crear una novedosa y completa, cuyo objetivo fuese la comprobación de la calidad de las infusiones. Se creó una metodología de carácter totalmente general, por lo que se puede adaptar no sólo a las cápsulas, sino también a otros formatos similares como los pods. La calidad de las infusiones preparadas fue similar a la obtenida con otras cápsulas de los competidores existentes en el mercado, por lo que el diseño presentado cumplió con los requisitos de calidad.

10.2 Futuras líneas de trabajo.

Después de la realización de la tesis se proponen como futuras líneas de trabajo las siguientes:

- Mejorar la sostenibilidad del sistema de cápsulas mediante la utilización de materiales menos exigentes en recursos, totalmente biodegradables que permitan rebajar la huella de carbono de la cápsula, implementando para ello un análisis ACV

de la cápsula diseñada realizando una comparativa entre este indicador y el mismo aplicado a la cápsula de aluminio. Siguiendo esta misma línea se propone desarrollar una investigación tecnológica sobre los nuevos materiales biocompostables para comprobar si es factible la elaboración la cápsula con alguno de estos elementos.

- Establecer un indicador, combinación de las características del café, como base para realizar las catas entre erogaciones de distintas cápsulas que sirva para eliminar el criterio subjetivo que establece actualmente el factor intensidad.
- Optimizar una técnica de sellado de la tapa de la pared superior mejorando la facilidad de extracción de la misma para eliminar los posos del café tras la erogación.
- Estudiar la innovaciones tecnológicas que se necesitarían añadir al proceso de fabricación para poder incluir las indicaciones en Braille que permitieran adaptar el uso de la cápsula a personas con discapacidad visual.

REFERENCIAS Y
BIBLIOGRAFÍA

11. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA.

11.1 Libros.

- [ALV94]. Alvarado, M., Rojas, G., *El Cultivo y Beneficiado del Café*, Editorial Universidad Estatal a Distancia de Costa Rica, 1994, p. 109-119, ISBN: 9977647682.
- [BRY96]. Bryce, D. M., *Plastic injection molding: manufacturing process fundamentals*. Society of Manufacturing Engineers, 1 996. ISBN 0872634728.
- [CAP10]. Capel, J.C., *Café y estilo de vida saludable*, Editores Médicos (EDIMSA), Centro de Información Café y Salud (CICAS), 2010, p. 33-49, ISBN: 9788477143505.
- [DAV01]. Davids, K., *Coffee: a guide to buying, brewing, and enjoying*, Editorial 101 Productions, 2001, p. 13-14, ISBN: 9781564265005.
- [HUR04]. Hurst, K., *Engineering Design Principles*, Ed. Elsevier Ltd., 2004, ISBN: 0470235942.
- [KAU10]. Kaufman, J.C., Sternberg, R. J., *The Cambridge Handbook of Creativity*, Cambridge University Press, 2010, ISBN: 9780521513661.
- [LAN86]. L.D. Landau, L.D., Lifshitz, E.M., *Theory of Elasticity. Vol. 7 (3rd ed.)*, Ed. Butterworth-Heinemann. p. 42., 1986, ISBN 9780750626330.
- [OHA99]. O'Hara, L. A., Sternberg, R. J., *Creativity and Intelligence, Handbook of Creativity*, Cambridge University Press, 1999.
- [RAE01]. RAE, *Diccionario de la Lengua Española*. Vigésimo segunda Edición. Editorial ESPASA, 2001, ISBN: 9788423968138.
- [SAN03]. Sánchez, G.; *Técnicas participativas para la planeación. El método DELPHI*, Editorial Fundación ICA, 2003, ISBN: 9685520089.
- [SOS12]. Sosa, J.M., *El café de Agaete, historia y cultivo*, Editorial Cabildo de Gran Canaria, 2.012.
- [TOP00]. Topik, S.C., *Coffee in The Cambridge World History of Food*, Editores K.F. Kiple and K.C. Ornelas de la Cambridge University Press, 2.000, p. 641-653, ISBN: 9780521402163.

11.2 Artículos y publicaciones.

- [ABC11]. Blasco, J. E. (2.011), *La bolsita de té supera los cien años*, Diario ABC (España), <http://abcblogs.abc.es/tiempovariable/2011/01/07/la-bolsita-te-supera-cien-anos/>
- [ALC12]. Alcubilla, P. (2.012), *Café: el sector se rinde a las cápsulas*. Alimarket. Alimentación, <http://www.alimarket.es/noticia/79009/Cafe--El-sector-se-rinde-a-las-capsulas>
- [ALO02]. Alonso, J.A. (2002), *Sistemas de Prototipado Rápido. Herramientas de Rapid Prototyping Aplicadas a las Asignaturas del Área de Expresión Gráfica*. XIV Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica, Santander, 5-7 Jun., 2.002.
- [AMF12]. Diputación Foral de Vizcaya. Departamento de Promoción Económica AMFE: Análisis modal de fallos y efectos, Librería Hor Dago, 2012 <http://blog.pucp.edu.pe/media/avatar/665.pdf>
- [ASE12a] ASERM, *Guía de diseño de SLA*, 2.012 http://www.aserm.net/wp-content/uploads/2011/05/guia-design05_aserm.swf
- [ASE12b] ASERM, *Guía de diseño de SLS*, 2.012, http://www.aserm.net/wp-content/uploads/2011/05/guia-design04_aserm.swf
- [BAN09]. Banegas, K. Y. (2009), *Identificación de las fuentes de variación que tienen efecto sobre la calidad de café (Coffea arabica) en los municipios de El Paraíso y Alauca, Honduras*, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza de Costa Rica, p. 6-9.
- [BOV12]. Bove-Ag S.L., *Plásticos Mecanizables*, 2012, http://www.plasticos-mecanizables.com/plasticos_precios_kg.html
- [CAP11] *Nespresso pierde otra batalla judicial por las cápsulas compatibles Ethical Coffee*, Cápsulandia, 2011, <http://www.capsulandia.com/2012/07/nespresso-pierde-otra-batalla-judicial-por-las-capsulas-compatibles-ethical-coffee/>
- [CBI10] *CBI Market Survey: The coffee, tea and cocoa market in the EU*, CBI, 2010, http://s3.amazonaws.com/zanran_storage/www.coexport.com.sv/ContentPages/2506852088.pdf

- [CDC11a] *Clasificaciones de Calidad del café*, Café de Colombia, 2011,
http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/sobre_el_cafe/el_cafe/clasificaciones_de_calidad/
- [CDC11b] *Países productores de café*, Café de Colombia, 2011,
http://www.cafedecolombia.com/particulares/en/sobre_el_cafe/el_cafe/clasificaciones_de_calidad
- [CDC11c]. *Clasificaciones de Calidad del Café*, Café de Colombia, 2011.
http://www.cafedecolombia.com/particulares/en/sobre_el_cafe/el_cafe/clasificaciones_de_calidad/
- [CGE12]. *Tecnología: Innovación y Técnicas de Gestión*, Confederación Granadina de Empresarios (CGE), 2012,
<http://www.cge.es/portalcge/tecnologia/innovacion/4114 analisis.aspx>
- [CLA88]. Clausing, D., Hauser, J.R. (1988), *House of Quality*, Harvard Business Review, Revista de Mayo-Junio 1988.
- [COF11]. Duicela, L. A., Corral, R., Farfán, D., Fernández, F., Shiguango, D., Guamán, J., García, J. (2010), *Influencia de Métodos de Beneficio sobre la Calidad Organolépticas del café robusta*, COFENAC: Consejo Cafetalero Nacional,
<http://www.cofenac.org/wp-content/uploads/2010/11/3-Robusta-Postcosecha-2010.pdf>
- [COU06] Coulibaly, S., Hua, Z., Yang, J., and Zhang, B. (2006), *Integration TRIZ with problem-solving tools: a literature review from 1995 to 2006*, International Journal of Business Innovation and Research, Vol. 1, n. 1/2, p. 111–128.
- [CSP12] *Caffeine Content of Food & Drugs*, CSPI, Sep. 2007
<http://www.cspinet.org/new/cafchart.htm>
- [DAV11] Davids, K. (2011), *Low-Acid Coffees*, The Coffee Review website, 2011,
<http://www.coffeereview.com/article.cfm?ID=192>
- [DEL08] Delille, N.(2008), *Relations between coffee world market price and retail price in Belgium*, 2008 International Congress, August 26-29, Ghent, Belgium 43839, European Association of Agricultural Economists,
<http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/43839/2/630.pdf>

- [DIC10] *Directorio Español del Sector Cafetero*, FEC, 2010,
<http://federacioncafe.com/blog/?p=329>
- [ECF11] *Coffee Facts and Figures*, European Coffee Federation (ECF), 2006,
<http://www.ecf-coffee.org/publications>
- [ELP11] Delgado, C. (2011), *Marcilla declara la guerra del café a Nespresso*, Diario El País, 4 Mayo 2011
http://economia.elpais.com/economia/2011/05/04/actualidad/1304494379_850215.html
- [ELM12] Llorente, C. (2012), *Nespresso lleva la 'guerra del café' a los tribunales*, Diario El Mundo, 21 Feb. 2012,
<http://www.elmundo.es/elmundo/2012/02/21/economia/1329857025.html>
- [EXP12] *Duelo judicial entre 'Nespresso' y Sara Lee*, Diario Expansión, 17 Feb. 2012,
<http://www.expansion.com/2012/02/17/opinion/editorialylaves/1329512653.html?a=ed81306a0e36cb16de0e2adf7768b92a&t=1348419937>
- [FAO11] *FAOSTAT Producción de productos vegetales*, FAO, 2011,
<http://faostat.fao.org/default.aspx?lang=en>
- [FRA05]. Franco, M.J., Marín, J.R. (2005), *Interpretación de algunas formulaciones estructurales empleadas por una sociedad de clasificación*, XIX Congreso panamericano de ingeniería naval, transporte marítimo e ingeniería portuaria, 24-28 Oct. 2005.
- [FOR11]. Fórum Español del Café, *Informe técnico Cápsulas de Café*, 2011,
www.forumdelcafe.com/pdf/F-45_Cápsulas_cafe.pdf
- [GOO12]. Goodfellow Cambridge Ltd., *Índice de Materiales*, 2012,
<http://www.goodfellow.com/s/a.html>
- [GAR11]. García, L., Olmo, V., *La Industria Alimentaria. Elaboración del Café*, Escuela Superior de Ingenieros Agrícolas de la UPC, 2011,
<http://ben.upc.es/documents/eso/aliments/HTML/estimulantes-4.html>
- [HOS12]. *¿Qué pasará cuando deje de fumar?*, Programa on line para dejar de fumar del Hospital Carlos III, Servicio Madrileño de Salud, 2012,

http://www.madrid.org/cs/Satellite?cid=1142682408726&language=es&pagename=HospitalCarlosIII%2FPage%2FHCAR_pintarContenidoFinal

- [ITI11]. Kuntze, L., *Integrated Taxonomic Information System (Sistema de Información Taxonómico Integrado de Canadá, Estados Unidos y México)*. ITIS Report, 2011,
http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=506801
- [LIN99]. Lingle, T. (1999), *Fundamentos para la catación de café*, ABECAFE, Abr.-Jun 1999, p 21-23.
- [MEN75]. Menchú, J. (1975), *La determinación de la calidad del café*. Revista Cafetalera de Guatemala, n^o. 146, p. 15-21.
- [MEY05]. Meyers, H. (2005), *Suave Molecules of Mocha-Coffee, Chemistry and Civilization*, New Partisan, <http://www.newpartisan.com/home/suave-molecules-of-mocha-coffee-chemistry-and-civilization.html>
- [NID12] *Adicción al tabaco. ¿Cuáles son las consecuencias médicas del uso del tabaco?*, Serie de reportes de investigación, NIDA, 2012,
<http://www.drugabuse.gov/es/publicaciones/serie-de-reportes/adiccion-al-tabaco/cuales-son-las-consecuencias-medicas-del-uso-del-tabaco>
- [OMP12] *Guía de la OMPI para la utilización de información de patentes*, WIPO, 2012, ISBN: 9789280517446,
http://www.wipo.int/export/sites/www/freepublications/es/patents/434/wipo_publications_434_03.pdf
- [PRO11] *Nuevas Tecnologías para la fabricación de series cortas*, Fundación PRODINTEC, Proyecto InnoEmpresa, Gijón 2011,
http://www.prodintec.es/catalogo/ficheros/aplicaciones/fichero_8_0636.pdf

- [SAR11] *Sara Lee selling L'OR Espresso online in Dutch market*, Sara Lee Corporation, 2011,
<http://www.saralee.com/en/NewsAndMedia/News/2011/SaraLeesellingLOREspressoOnlineinDutchmarket.aspx?p=1>
- [TEL08] Bloxham, A. (2008), *Tea bag to celebrate its century*, The Telegraph, 13 Jun. 2008, <http://www.telegraph.co.uk/news/newsttopics/howaboutthat/2120094/Tea-bag-to-celebrate-its-century.html#prof>
- [WOL08]. Wolf, A., Bray, G.A., Popkin, B.M. (2008), *A short history of beverages and how our body treats them*, *Obes Rev.* 2008 Mar;9(2):151-164.

11.3 Páginas webs.

- [BAY11] *Historia de la Aspirina*, BAYER, 2001,
<http://www.bayaspirina.com.ar/historia.asp>
- [BRI11]. Encyclopædia Britannica, *Tea production*,
<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/585098/tea-production>
- [CAP12]. Página web de Capsul-in, 2012, <http://www.capsul-in.es/>
- [FEC11a] *Clasificación Botánica*, FEC, 2011,
<http://www.federacioncafe.com/Publico/ElCafe/ElCafeto.asp>, 2011.
- [FEC11b] *Orígenes e historia del café*, FEC, 2011,
<http://www.federacioncafe.com/Publico/ElCafe/OrigenesEHistoria.asp>.
- [FEC11c] *Variedades del café*, FEC, 2011,
<http://www.federacioncafe.com/Publico/ElCafe/Variedades.asp>.
- [FEC11d] *Variedad Arábica*, FEC, 2011;
<http://www.federacioncafe.com/Publico/ElCafe/Arabica.asp>.
- [FEC11e] *Variedad Robusta*, FEC, 2011,
<http://www.federacioncafe.com/Publico/ElCafe/Robusta.asp>.
- [FEC11f] *Proceso de Tostado Natural*, FEC, 2011,
<http://www.federacioncafe.com/Publico/ElCafe/TuesteNatural.asp>.

- [FEC11g] *Cafeteras*, FEC 2011,
<http://www.federacioncafe.com/Publico/ElCafe/Cafeteras.asp>.
- [FUN12] *Rapid Prototyping-Prototipos Rápidos*, 2012, Fundación CIM BarcelonaTech
<http://www.fundaciocim.org/es/Servicios/prototipos-rapidos>.
- [GFK11]. Consultora GFK, <http://www.gfk.es/>
- [ICO11a] *Países miembros*, ICO 2011 http://www.ico.org/profiles_e.asp.
- [ICO11b] *Procesamiento del café*, ICO, 2011
http://www.ico.org/es/field_processingc.asp.
- [ICO11c] *Proceso de torrefacción del café*, ICO, 2011,
http://www.ico.org/es/making_coffeec.asp.
- [ICO11d] *Proceso de descafeinación*, ICO, 2011,
http://www.ico.org/ES/decaffeination_c.asp.
- [ICO12a] *Histórico de producción de café*, ICO, 2012,
<http://www.ico.org/prices/po.htm>
- [ICO12b]. *Histórico de precios*, ICO, 2012, http://www.ico.org/coffee_prices.asp
- [ICO12c] *Informe mensual sobre el mercado del café*. ICO, Junio 2.012,
<http://dev.ico.org/documents/cmr-0612-c.pdf>
- [ICO12d] *Proceso de Descafeinación*, ICO, 2012,
http://www.ico.org/ES/decaffeination_c.asp
- [ICO12e] *Aspectos Botánicos de los Cafetos*, ICO, 2011,
http://www.ico.org/es/botanical_c.asp.
- [ISI11] *Proceso de descafeinación*, ISIC, 2011, <http://www.coffeeandhealth.org/all-about-coffee/decaffeination/>
- [ITR11]. Base de datos de comercialización de productos del INTRACEN,
<http://www.intracen.org/>
- [IUP11]. Base de datos de la IUPAC, <http://www.iupac.org/> (Web)
- [MAG11]. Base de datos de consumo del MAGRAMA,
<http://www.magrama.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-y-comercializacion->

[y-distribucion-alimentaria/panel-de-consumo-alimentario/base-de-datos-de-consumo-en-hogares/consulta.asp](#), periodo de consulta año 2010. (Web)

- [MOC12]. Página web oficial de Mocava, 2012, <http://www.es.mocava.es/>
- [NEC12]. Página web oficial de Ne-Cap, 2012, <http://www.ne-cap.com/>
- [NES86]. Nestlé-Nespresso, *Our History*, http://www.nestle-nespresso.com/about-us/our-history#Phase_Phase%201
- [OQU12]. Página web de Cafés Oquendo, 2012, <http://www.cafesoquendo.com/>
- [UKT12]. United Kingdom Council, *Tea Production*, <http://www.tea.co.uk/>
- [VER12]. Página web de Caffè Vergnano, 2012, <http://www.caffevergnano.com/>
- [WIP12]. WIPO, *Base de datos internacional de patentes PATENTSCOPE*, 2.012, <http://patentscope.wipo.int/search/en/search.jsf>
- [ESP12] *Base de datos internacional de patentes ESPACENET*, EPO, 2012, http://lp.espacenet.com/?locale=en_LP
- [QUI12] *Basics of Injection Molding Design*, Quickparts Inc., 2012, <http://www.quickparts.com/LearningCenter/BasicsofInjectionMoldingDesign.aspx#wallthickness>
- [TPL11]. *The Plant List*, Missouri Botanical Garden, Royal Botanic Garden de Londres, 2011 <http://www.theplantlist.org/browse/A/Rubiaceae/>
- [TWB12] *Base de datos de población*, The World Bank, 2012, <http://datos.bancomundial.org/indicador/SP.POP.TOTL>.
- [USD11]. USDA, *Base de datos de alimentos de la National Agricultural Library del USDA*, USDA, 2011, <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/4268>.

11.4 Patentes.

- [BEZ03]. Bezzera, L. (1902), *Patente US726793 Coffee-Making Machine*, Fecha de solicitud: 10/06/1902, United States Patent & Trademark Office.
- [FAV76]. Favre, E. (1976), *Patente FR 2373999 Cartouche pour la confection d'une boisson*, Fecha de Solicitud: 17/12/1976, EPO.

- [FON92]. Fond, O. (1992), *Patente ES2061284 Cartucho cerrado para la confección de una bebida*, Fecha de solicitud: 28/01/1992, OEPM.
- [GOR61]. Goros, N., *Patente US 2968560 Infusion package for producing a coffee beverage*, Fecha de solicitud: 6.02.1959, USPTO.
- [HUM47]. Hummel, F.E., *Patente US2529395 Coffee maker and dispenser*, Fecha de solicitud: 19/12/1947, USPTO.
- [ROD54]. Rodth, J.J., *Patente US 2778739 Package for beverage infusión material*, Fecha de Solicitud: 16/07/1954, USPTO.

11.5 Otros.

- [DIN90]. DIN Taschenbuch 149, Thermoplastische Kunststoff-Formmassen Normen Kunststoffe, Editorial Beuth, 1990, ISBN: 3410123989
- [DSM11a] SOMOS 9920 Technical Guide, DSM Ltd., 2011, www.techok.com/pdf/somos9920.pdf
- [DSM11b] SOMOS 9120 Technical Guide, DSM Ltd., 2.011, <http://www.arpotech.com.au/specs/sla-somos9120.pdf>
- [DSM12] DSM Engineering Plastics-Technical Guide (Poisson Ratios), DSM Ltd., 2012, http://www.dsm.com/en_US/downloads/dep/poissons_ratio.pdf
- [EOS12] EOS e-manufacturing solutions PA 2200/2201, EOS GmbH, 2012, <http://www.eos.info/en/products/materials/materials-for-plastic-systems/pa-22002201.html>
- [KRA10]. Valery Krasnoslobodtsev, V., *Essential TRIZ for Beginners. TRIZ Lessons in Spanish*, traducción de Domínguez, J., 2.010.
- [RDE01] Reglamentación Técnico-Sanitaria para la elaboración, almacenamiento, transporte y comercialización del café, R.D. 1231/1988 de 14 de octubre , BOE, 1988
- [REP12]. Sinterizado Láser (SL) - Réplicas y Prototipado Rápido, Universidad de Burgos, 2012, <http://www.ubu.es/es/pct/prestaciones-servicio-equipamiento-reservas/sinterizado-laser-sl-replicas-prototipado-rapido>

- [SCA12] Coffee Cuppers Form. Cupping Evaluation Grading Form–Single Sample, SCAA, 2012.
- [SLA12] SLA 5000-Sistema de imágenes sólidas, 3D Systems Europe Ltd , 2012, http://www.3dsystems.com/products/datafiles/sla5000/datasheets/SLA_5000_spanish_update.pdf
- [TAY12] Catálogo de cafeteras de cápsulas, Taylu.es, 2012, <http://www.taylu.es/cafeteras/29-cafetera-nespresso-xn2120.html>
- [TRI12] Herramientas de productividad para sus necesidades de innovación. El método TRIZ, Consultora Triz XXI, 2012, <http://www.triz.net/metodo.html>
- [WBC12] 2012 World Barista Championship Official Rules and Regulations. Version 2011/09/10, WCE Rules and Regulations Committee, 2012, <http://worldbaristachampionship.com/wordpress/wp-content/uploads/2011/09/2012-WORLD-BARISTA-CHAMPIONSHIP-RULES-AND-REGULATIONS-VERSION-2011.09.10.pdf>

ANEXO I: PATENTES
INVOLUCRADAS

12. ANEXO I: PATENTES INVOLUCRADAS.

12.1 Introducción.

En los últimos años se ha extendido rápidamente el acceso a la información tecnológica gracias a que cada vez hay más documentos técnicos en formato digital y nuevos medios electrónicos de distribución y consulta. Tal aumento del volumen de información tecnológica disponible para el público supone una mayor traba a la hora de recopilar la información relevante para aumentar el caudal de conocimientos. [OMP12]

La información de patentes es un recurso importante para los investigadores e inventores, los empresarios, las empresas y los profesionales del ámbito de las patentes. Tal información puede servir a los usuarios para:

- 1) Evitar la duplicación de iniciativas de investigación y desarrollo.
- 2) Determinar la patentabilidad de sus invenciones.
- 3) Evitar que se vulneren los derechos de patentes de otros inventores.
- 4) Valorar sus propias patentes o las patentes de otros inventores.
- 5) Explotar la tecnología de solicitudes de patentes que no hayan sido concedidas y de patentes que no sean válidas en determinados países o ya no estén vigentes.
- 6) Aprender más sobre las actividades de innovación y los planes de la competencia.
- 7) Orientar adecuadamente las decisiones de explotación: concesión de licencias, alianzas tecnológicas, fusiones y adquisiciones.
- 8) Determinar las principales tendencias en determinados sectores técnicos de interés público, por ejemplo aquellos que guardan relación con la salud o el medio ambiente para sustentar la planificación de políticas.

La información contenida en las patentes se refiere a la información técnica, con la descripción y los dibujos de la invención; información jurídica, con las reivindicaciones que delimitan el alcance de la patente; la información empresarial, con los datos del inventor,

la fecha y el país de presentación de la solicitud; y por último la información pertinente para la determinación de políticas públicas, con los análisis de las tendencias de presentación de solicitudes de patentes, elemento útil para determinar ciertas estrategias y políticas industriales nacionales.

Los datos que se reflejan en una patente son:

- 1) **Solicitante:** Nombre de la persona física o jurídica solicita la protección de la invención.
- 2) **Inventor:** Nombre de las personas que han inventado y/o desarrollado la invención.
- 3) **Descripción:** Explicación clara y concisa de las tecnologías existentes y conocidas relacionadas con la nueva invención y de la idoneidad de dicha invención para resolver problemas que no aborda la tecnología existente.
- 4) **Reivindicaciones:** Es la definición legal de la materia que el solicitante considera como su invención y para la cual solicita o ha obtenido protección; la reivindicación se redacta en una sola frase expresada en términos jurídicos, en la que se define la invención y sus características técnicas singulares; las reivindicaciones deben ser claras y concisas, y basarse completamente en la descripción;
- 5) **Solicitud de prioridad:** La primera solicitud de patente presentada que servirá de base para las siguientes solicitudes nacionales, regionales o internacionales que se presenten en el plazo de prioridad de un año. Un conjunto de solicitudes basadas en la primera solicitud de patente constituyen una *familia de patentes*. La consulta de los distintos documentos que constituyen una familia de patentes permite saber en qué países o regiones ha pedido protección el solicitante y dar a conocer traducciones de la solicitud en distintos idiomas.
- 6) **Fecha de prioridad:** Fecha de presentación de la primera solicitud de patente a partir de la cual está protegida la invención si se aprueba la

solicitud y que marca el inicio de un plazo de prioridad de un año para presentar otras solicitudes de patentes.

- 7) **Fecha de presentación de la solicitud:** Fecha de presentación de una solicitud de patente en una determinada oficina de patentes, a partir de la cual estará protegida la invención si se aprueba la solicitud.
- 8) **Estados designados:** En el caso de solicitudes de patentes regionales o internacionales, los países a los que pueden extenderse los derechos.
- 9) **Situación jurídica:** Indica si se ha concedido o no la patente; en el primer caso, los países o regiones en los que se ha concedido; también indica si la patente está vigente, ha expirado o ha sido invalidada en un determinado país o región.
- 10) **Citas y referencias:** Algunos documentos de patente también contienen referencias a información tecnológica conexa descubierta por el solicitante o examinador de la patente durante la tramitación; pueden aparecer referencias o citas de documentos de patente y documentos de otro tipo.
- 11) **Datos bibliográficos:** Son aquellos datos que aparecen en la primera página de un documento de patente o en las solicitudes, como son los datos de identificación de los documentos, datos sobre presentación de solicitudes nacionales, datos sobre prioridades, fecha de publicación, datos de clasificación y otros datos concisos en relación con el contenido técnico del documento.
- 12) **Códigos de tipo de documento:** Se utilizan para distinguir los documentos de patente publicados, señalando el tipo de documento y situación. La relación de los códigos estandarizados internacionalmente se recoge en la norma ST.16 de la WIPO.
- 13) **Códigos INID:** Identifican distintos elementos de los datos bibliográficos. La relación de códigos se recoge en la Norma ST.9 de la WIPO.

- 14) **Códigos de países:** Son códigos de dos letras que se corresponden al país donde se presenta la solicitud. Los códigos de cada país se recogen en la Norma ST.3 de la WIPO.

12.2 Familia de patentes involucradas.

Desde la invención de la primera cápsula en 1.976, Nestlé ha seguido una estrategia de patentes basada en la solicitud de cientos de patentes, cada ligera modificación de la cápsula era patentada en diversos países para asegurar la protección de la propiedad intelectual. Esta estrategia seguida durante años por la compañía suiza provocó que surgieran numerosas familias de patentes, que a su vez tienen decenas de patentes subordinadas de bastantes países.

Nestlé decidió en 2.002 la creación de una filial de I+D. al filial Nestec nació en Suiza en 2.002 y tiene su sede en la localidad de Vevey. La filial se dedica a la innovación tanto de nuevos productos, como de la modificación de productos ya comercializados por Nestlé. Nestec ha presentado en la WIPO durante su vida comercial, el periodo 2.002-2.012, 4.556 patentes de todo tipo, de las cuales 732 están relacionadas directamente o indirectamente con el sistema de cápsulas Nespresso. [WIP12] [ESP12]

En concreto en el año 2.012 había 41 familias de patentes de Nestlé S.A. y Nestec S.A. registradas en la EPO. En total estas 41 familias de patentes¹⁴ son del periodo en que Nestlé patentaba directamente (1.976-2.002) y 27 del periodo en que patentaban a través de su filial Nestec S.A. (2.002-2.012). En la Tabla 28 se resume los números de familias de patentes y las patentes presentadas.

	Inicio	Fin	Familias	Patentes
NESTLÉ S.A.	1.976	2.002	14	383
NESTEC S.A.	2.002	2.012	27	732
TOTAL	1.976	2.012	41	1.115

Tabla 28. Cuadro resumen sobre las familias de patentes del sistema Nespresso. [ESP12]

Las 14 familias patentadas con las siglas Nestlé S.A. son:

	Familia	Nombre	Fecha de Prioridad	Fecha de Publicación	Nº Patentes
1	US4136202	<i>Capsule for beverage preparation</i>	07/12/1977	23/01/1979	46
2	HK1002695	<i>Method of producing beverages using sealed cartridges and apparatus for carrying out this method</i>	08/05/1991	11/09/1998	55
3	EP0512468	<i>Closed cartridge for making a beverage</i>	10/05/1991	11/11/1992	55
4	EP0521510	<i>Rigid coffee cartridge and method of manufacturing the same</i>	05/07/1991	07/01/1993	10
5	EP0524464	<i>Flexible coffee cartridge with a rigidifying element and method of manufacturing the same</i>	05/07/1991	27/01/1993	24
6	CA2046558	<i>Sealed cartridge for the preparation of a beverage and a process and apparatus for its preparation</i>	09/07/1991	28/01/1992	26
7	EP0554469	<i>Closed cartridge for making a beverage</i>	28/01/1992	11/08/1993	8
8	EP0512468	<i>Closed cartridge for making a beverage</i>	04/05/1992	11/11/1992	55
9	EP0844195	<i>Closed container containing a pulverized substance</i>	22/11/1996	27/05/1998	5
10	EP1165398	<i>Sealed cartridge for making a beverage</i>	18/03/1999	02/01/2002	28
11	EP1243210	<i>Capsule and method for preparation of hot beverage and apparatus adapted for preparing a beverage from such a capsule</i>	23/03/2001	25/09/2002	8
12	EP1247756	<i>Beverage preparation cartridge</i>	03/04/2001	09/10/2002	9
13	EP1273528	<i>Soft closed capsule</i>	28/06/2001	08/01/2003	25
14	AU2352702A	<i>Closed cartridge for preparing a beverage, for extraction under pressure</i>	06/09/2001	08/04/2002	29

Tabla 29. Familia de patentes involucradas en el sistema Nespresso patentadas por Nestlé S.A. [ESP12]

Las 27 familias patentadas con las siglas Nestec S.A. son:

	<i>Familia</i>	<i>Nombre</i>	<i>Fecha de Prioridad</i>	<i>Fecha de Publicación</i>	<i>Nº Patentes</i>
1	WO03059778	<i>Closed capsule with opening mean</i>	31/01/2003	24/07/2003	57
2	MY139660	<i>Capsule for preparing and delivering a drink by injecting a pressurized fluid into the capsule</i>	23/08/2004	30/10/2009	33
3	WO2006045536	<i>Capsule with sealing means</i>	25/10/2004	04/05/2006	118
4	CN101304927	<i>Beverage ingredient containing capsule having several compartments</i>	10/11/2005	12/11/2008	21
5	AU2007242802	<i>Capsule for preparing a beverage with a sealing member for water tightness attached thereto and method of producing the same</i>	24/04/2006	01/11/2007	18
6	CA2649443	<i>Capsule for preparation of a beverage with a sealing member attached thereto and method of producing the same</i>	24/04/2006	01/11/2007	34
7	EP1908706	<i>Capsule with reduced dripping</i>	06/06/2006	09/04/2008	47
8	EP2155020	<i>Capsule for preparing a beverage or liquid food and system using brewing centrifugal force.</i>	05/06/2007	24/02/2010	169
9	WO2008025785	<i>Capsule for brewing a beverage</i>	29/08/2007	06/03/2008	58
10	NZ579245	<i>Beverage ingredient capsule with opening plate having capillary pressure-relief openings</i>	20/03/2008	31/03/2011	23
11	EP2318199	<i>Method for applying a liquid seal rubber to a capsule</i>	15/07/2008	11/05/2011	16
12	KR20110099124	<i>Capsule for preparing a beverage by centrifugation in a beverage preparation device and device adapted therefore</i>	09/12/2008	06/09/2011	11
13	EP2384305	<i>Capsule with flow control and filtering member</i>	05/01/2009	09/11/2009	22
14	EP2236437	<i>Capsule with filter for preparing a liquid nutritional or food composition and related beverage production system</i>	31/03/2009	06/10/2010	13
15	EP2263501	<i>Opening means for a capsule-based beverage preparation device</i>	17/06/2009	22/12/2010	7
16	MX2012000261	<i>Capsule for the preparation of a beverage comprising an identification element</i>	03/07/2009	08/05/2012	11
17	EP2308776	<i>Capsule system comprising a capsule and a water injection device</i>	19/08/2009	13/04/2011	7
18	WO2011061126	<i>Capsule and method for preparing a beverage such as coffee from said capsule</i>	19/11/2009	26/05/2011	12
19	CA2782543	<i>System set of capsules and method for preparing a beverage by centrifugation</i>	08/12/2009	16/06/2011	5
20	CA2783611	<i>Capsule system with flow adjustment means</i>	08/12/2009	16/06/2011	4
21	EP2345351	<i>Capsule for the preparation of a beverage comprising an identification code</i>	19/01/2010	20/07/2011	4
22	AU2011209447	<i>Capsule and system for preparing a beverage by centrifugation in a beverage production device</i>	29/01/2010	09/08/2012	3
23	WO2010128051	<i>Capsule for preparing a nutritional product including a filter and method</i>	04/05/2010	11/11/2010	29
24	EP2404844	<i>A capsule for preparation of a food product from a food preparation machine</i>	07/07/2010	11/01/2012	3
25	EP2409931	<i>A capsule for the preparation of a food product in a food preparation machine at high pressure</i>	22/07/2010	25/01/2012	2
26	EP2412646	<i>A capsule for food preparation</i>	28/07/2010	01/02/2012	2
27	EP2444339	<i>A capsule for preparation of a beverage</i>	25/10/2010	25/04/2012	3

Tabla 30. Familia de patentes involucradas en el sistema Nespresso patentadas por Nestec S.A. [ESP12]

En cuanto a los países u organizaciones donde Nestlé presentó las patentes, es la EPO la preferida, ya que con las patentes de esta organización (aquellas que comienzan su número de publicación por EP) se patenta a la vez en todos los países miembros de la misma y en los miembros de la WIPO que se adhirieron al Tratado Internacional de Cooperación en Materia de Patentes (PCT) de 1.970 (185 miembros en 2.012). Algunos de estos países obligan a realizar traducciones de las patentes a la lengua nacional, como por ejemplo Austria o Japón, para que tengan validez en sus territorios, por lo que muchas patentes aparecen duplicadas en las estadísticas oficiales. En España Nestlé y Nestec han presentado 40 patentes relacionadas con el sistema Nespresso, siendo el undécimo país en número de presentaciones. Se han presentado patentes o realizado traducciones relacionadas con el sistema Nespresso en 52 países y/u organizaciones internacionales de patentes. [ESP12][WIP12]

	País/Organización	Nº Patentes
1	EPO	147
2	Australia	72
3	Estados Unidos	66
4	Canadá	63
5	Japón	62
6	Alemania	61
7	WIPO	54
8	China	52
9	Austria	45
10	Noruega	43
11	España	40
12	Rusia	34
	Otros	360

Tabla 31. Estadística sobre las patentes presentadas por Nestlé y Nestec en diversos países y/u organizaciones. [ESP12]

Debido a que Nestlé sigue presentando patentes y muchas de ellas están en trámites de publicación en diversos países es lógico pensar que este número de patentes aumente notablemente en los próximos años.

Por su parte Sara Lee también ha comenzado a patentar sus propias cápsulas, siguiendo una estrategia similar a Nestlé. En este caso Sara Lee creó dos familias de patentes con 6 y 10 patentes en cada familia. Las solicitudes datan de 2.009 y se presentaron en Holanda bajo patente de la EPO.

	Familia	Nombre	Fecha de Prioridad	Fecha de Publicación	Nº Patentes
1	EP2442695	<i>Capsule and system for preparing a beverage comprising soluble substance</i>	25/04/2012	17/06/2009	6
2	EP2306871	<i>System, capsule and method for preparing a beverage</i>	21/02/2012	17/06/2009	10

Tabla 32. Familia de patentes de las cápsulas compatibles de Sara Lee. [ESP12]

Las demás compañías que han sacado al mercado cápsulas compatibles también han empezado la publicación de patentes, por lo que en los próximos años el número de patentes crecerá notablemente.

Empresa	Familia	Nombre	Fecha de Prioridad	Fecha de Publicación	Nº Patentes
Ethical Coffee	WO2010038213	Capsule for preparing a drink and device	01/10/2009	29/07/2010	1
Mocava	FR2373999	Cartouche pour la confection d'une boisson	19/12/1977	13/07/1978	35
Fortaleza	ES1075815U	Cápsula monodosis para máquinas de café espresso	25/10/2011	12/12/2011	2
Candelas	EP2452892	Packaging for delivering milk and method for producing such packaging	10/11/2010	16/05/2012	1
Oquendo	ES2370862	Cápsula para la preparación de bebidas con deflectores	23/12/2011	10/08/2011	3

Tabla 33. Familias de patentes de cápsulas compatibles de otras empresas. [ESP12]

ANEXO II. LISTADO DE
ELEMENTOS DESECHABLES

13. ANEXO II: LISTADO DE ELEMENTOS DESECHABLES.

Marca	Infusión	Variedad	Precio Cápsula (€)	Precio (€/kg)
Nespresso	Café	Ristretto	0,33	55,00
Nespresso	Café	Arpeggio	0,33	55,00
Nespresso	Café	Roma	0,33	55,00
Nespresso	Café	Livanto	0,33	55,00
Nespresso	Café	Capriccio	0,33	55,00
Nespresso	Café	Volluto	0,33	55,00
Nespresso	Café	Cosí	0,33	55,00
Nespresso	Café	Indriya from India	0,38	63,33
Nespresso	Café	Rosabaya de Colombia	0,38	63,33
Nespresso	Café	Dulçao de Brasil	0,38	63,33
Nespresso	Café	Fortissio Lungo	0,36	60,00
Nespresso	Café	Vivalto Lungo	0,36	60,00
Nespresso	Café	Finezza Lungo	0,36	60,00
Nespresso	Café	Decaffeinato Lungo	0,36	60,00
Nespresso	Café	Decaffeinato	0,33	55,00
Nespresso	Café	Decaffeinato Intenso	0,33	55,00
Marcilla L'Arome	Café	Fortissimo	0,31	50,83
Marcilla L'Arome	Café	Lungo Decaffeinato	0,33	54,17
Marcilla L'Arome	Café	Lungo Profondo	0,33	54,17
Marcilla L'Arome	Café	Sontuoso	0,31	50,83
Marcilla L'Arome	Café	Delizioso	0,31	50,83
Marcilla L'Arome	Café	Splendente	0,31	50,83
Marcilla L'Arome	Café	Forza Decaffeinato	0,31	50,83
Marcilla L'Arome	Café	Decaffeinato	0,31	50,83
Marcilla L'Arome	Café	Satinato	0,31	50,83
Marcilla L'Arome	Café	Passion	0,31	50,83
Marcilla L'Arome	Café	Exuberance	0,31	50,83
Marcilla L'Arome	Café	Serenite	0,31	50,83
Mocava	Café	Café	0,35	58,33
Mocava	Café	Café Descafeinado	0,35	58,33
Mocava	Infusión	Manzanilla	0,35	58,33
Mocava	Infusión	Poleo	0,35	58,33
Mocava	Té	Té Verde	0,35	58,33
Mocava	Té	Té de Frutas del Bosque	0,35	58,33
Mocava	Té	Té al Limón	0,35	58,33
Mocava	Té	Té al Melocotón	0,35	58,33
Oquendo	Café	Furore	0,31	50,83
Oquendo	Café	Placidezza	0,31	50,83
Oquendo	Café	Temperanza	0,31	50,83

UNIVERSIDAD DE OVIEDO

Oquendo	Té	Vivacitá	0,31	50,83
Ethical Coffee	Café	Corsé	0,29	48,17
Ethical Coffee	Café	Pur Arabica	0,29	48,17
Ethical Coffee	Café	Inde	0,29	48,17
Ethical Coffee	Café	Doux	0,29	48,17
Ethical Coffee	Café	Décaféiné	0,29	48,17
Cafés Candelas	Café	Selectum Euforia	0,28	45,83
Cafés Candelas	Café	Selectum Armonía	0,28	45,83
Cafés Candelas	Café	Selectum Passion	0,28	45,83
Cafés Candelas	Café	Selectum Serenidad	0,28	45,83
Cafés Fortaleza	Café	Natural	0,28	34,63
Cafés Fortaleza	Café	Mezcla	0,28	34,63
Cafés Fortaleza	Café	Descafeinado	0,28	34,63
Cafés Fortaleza	Café	Descafeinado con Tila y Melisa	0,28	34,63
Cafés Fortaleza	Café	Colombia	0,28	34,63
Caffé Vergnano	Café	Espresso 1882 Cremoso	0,31	50,83
Caffé Vergnano	Café	Espresso 1882 Arabica	0,31	50,83
Caffé Vergnano	Café	Espresso 1882 Decaffeinato	0,31	50,83
Caffé Vergnano	Café	Espresso 1882 Intenso	0,31	50,83
Espress Oh	Café	Jamaica Blue Mountain	1,98	330,00
Espress Oh	Café	Colombia Suprema	0,50	83,00
Espress Oh	Café	Café aromatizado con caramelo	0,50	83,00
Espress Oh	Café	Café aromatizado con vainilla	0,50	83,00
Espress Oh	Café	Kenya AA Kirimuri	0,50	83,00
Espress Oh	Café	Costa Rica Tarrazú	0,60	99,67
Espress Oh	Café	Colombia Supremo	0,50	83,00
Espress Oh	Infusión	Rooibos chocolate y coco	0,40	66,50
Espress Oh	Infusión	Frutas del Bosque	0,40	66,50
Espress Oh	Infusión	Cannabis	0,40	66,50
Espress Oh	Té	Té verde touareg con hierbabuena	0,40	66,50
Espress Oh	Té	Rooibos Balance	0,40	66,50
Espress Oh	Té	Rooibos tiramisú	0,40	66,50
Espress Oh	Té	Té Negro Earl Grey	0,40	66,50
Espress Oh	Té	Rooibos sorbete de limón	0,40	66,50
Espress Oh	Té	Rooibos Vita-C	0,40	66,50
Espress Oh	Té	Té rojo Pu Erh Limón y canela	0,40	66,50
Espress Oh	Té	Té rojo Pu Erh raíces silvestres	0,40	66,50
Origen & Coffee	Café	Descafeinado	0,37	61,67
Origen & Coffee	Café	Intenso	0,37	61,67
Origen & Coffee	Café	Suave	0,37	61,67
Origen & Tea	Infusión	Frutas del bosque	0,37	61,67
Origen & Tea	Té	Té Verde Hierbabuena	0,37	61,67
Origen & Tea	Té	Té Negro Limón Naranja	0,37	61,67

UNIVERSIDAD DE OVIEDO

UNIC	Café	Bar Express	0,24	40,00
UNIC	Café	Especial Cafeterías	0,28	46,67
UNIC	Café	Descafeinado	0,28	46,67
BOU	Café	Clásico	0,21	35,00
BOU	Café	Distinción	0,25	41,67
BOU	Café	Descafeinado	0,28	46,67

ANEXO III. LEGISLACIÓN
APLICABLE

14. ANEXO III: LEGISLACIÓN APLICABLE.

- R.D. 906/2003, de 11 de julio, relativo al etiquetado de los productos alimenticios que contienen quinina o cafeína.
- R.D. 1231/1988 de 14 de octubre, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la elaboración, almacenamiento, transporte y comercialización del café.
- R.D. 1232/1988 de 14 de octubre, por el que se modifica la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la elaboración, almacenamiento, transporte y comercialización del café.
- R.D. 1372/1997 de 29 de agosto, por el que se modifica la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la elaboración, almacenamiento, transporte y comercialización del café, aprobada por el R.D. 1231/1988 de 14 de octubre.
- R.D. 782/1998, de 30 de abril, por el que se aprueba el Reglamento para el desarrollo y ejecución de la Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases.
- Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases.
- R.D. 2032/2009, de 30 de diciembre, por el que se establecen las unidades legales de medida.
- Reglamento (CE) 1935/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de octubre de 2004, sobre los materiales y objetos destinados a entrar en contacto con alimentos y por el que se derogan las Directivas 80/590/CEE y 89/109/CEE.
- Orden ministerial de 3 de julio de 1985 por la que se modifica la lista positiva de sustancias destinadas a la fabricación de compuestos macromoleculares y la lista de migraciones máximas en pruebas de cesión, de componentes de los materiales poliméricos en contacto con los alimentos.
- Resolución de 4 de Noviembre de 1982, de la Subsecretaría para la Sanidad, por la que se aprueba la lista positiva de sustancias destinadas a la fabricación de compuestos macromoleculares, la lista de migraciones máximas en pruebas de cesión de algunas de ellas, las condiciones de pureza para las materias colorantes empleadas en los mismos productos y la lista de los materiales poliméricos

adecuados para la fabricación de envases y otros utensilios que puedan estar en contacto con los productos alimenticios y alimentarios (BOE 24.11.1982)

- R.D. 846/2011, de 17 de junio, por el que se establecen las condiciones que deben cumplir las materias primas a base de materiales poliméricos reciclados para su utilización en materiales y objetos destinados a entrar en contacto con alimentos.
- R.D. 847/2011, de 17 de junio, por el que se establece la lista positiva de sustancias permitidas para la fabricación de materiales poliméricos destinados a entrar en contacto con los alimentos.
- Reglamento (CE) 282/2008, de 27 de Marzo de 2008, de la Comisión, sobre los materiales y objetos de plástico reciclado destinados a entrar en contacto con alimentos y por el que se modifica el Reglamento (CE) 2023/2006.
- Reglamento (UE) 10/2011 de la Comisión, de 14 de enero de 2011, sobre materiales y objetos plásticos destinados a entrar en contacto con alimentos (Aplicable a partir del 1 de mayo de 2011 salvo excepciones), modificado parcialmente por el Reglamento (UE) 1282/2011 de la Comisión de 28 de noviembre de 2011.
- Reglamento (UE) 284/2011 de la Comisión de 22 de marzo de 2011, por el que se establecen condiciones específicas y procedimientos detallados para la importación de artículos plásticos de poliamida y melamina para la cocina originarios o procedentes de la República Popular China y de la Región Administrativa Especial de Hong-Kong, China.
- R.D. 866/2008, de 23 de Mayo de 2008. por el que se aprueba la lista de sustancias permitidas para la fabricación de materiales y objetos plásticos destinados a entrar en contacto con los alimentos y se regulan determinadas condiciones de ensayo (BOE 30-05-2008), con corrección de errores en BOE 07-06-08 y modificado parcialmente por R.D. 103/2009, de 6 de febrero (BOE 17-02-2009) y por Reglamento (CE) 975/2009 de la Comisión, de 19 de octubre de 2009, por la que se modifica la Directiva 2002/72/CE relativa a los materiales y objetos plásticos destinados a entrar en contacto con productos alimenticios y por la Orden PRE/628/2011 de 22 de marzo, por la que se modifica el Anexo II por el que se aprueba la lista de sustancias permitidas para la fabricación de materiales y objetos

plásticos destinados a entrar en contacto con los alimentos y se regulan determinadas condiciones de ensayo. (BOE 25-03-2011).

- Reglamento (CE) 1895/2005, de 18 de Noviembre de 2005, de la Comisión, relativo a la restricción en el uso de determinados derivados epoxídicos en materiales y objetos destinados a entrar en contacto con productos alimenticios.
- Convenio de Múnich sobre Concesión de Patentes Europeas, de 5 de octubre de 1.973 (versión consolidada tras la entrada en vigor del Acta de revisión de 29 de noviembre de 2.000).

ANEXO IV: MATRIZ DE
RELACIONES QFD

15. ANEXO IV: MATRIZ DE RELACIONES QFD.

QFD Cápsula		Calificación ponderada actual: 86,40%	Parámetros de Diseño															
			16,60%	6,60%	6,00%	20,80%	17,60%	10,20%	6,90%	9,60%	1,40%	4,30%						
Necesidad Superior	Necesidad del Cliente	Peso Ponderado	Cambio de la Morfología	Rigidez Flexural	Tª Deformación	Precio	Permeabilidad al O ₂	Densidad	Temperatura máxima de utilización	Presencia de deflectores	Contrafuertes	Estrechamiento zona de la copela	Evaluación de Clientes	Peso Ponderado	Evaluación Ponderada	Brecha Absoluta Ponderada	Brecha Absoluta Relativa	
Funcionamiento de la Cápsula Compatible en Sistema Nespresso	1	Reducción de peso	10,0%	3	1	0	3	0	9	0	1	0	1	80%	10,00%	8,00%	2,00%	14,70%
	2	Mejora sostenibilidad	7,5%	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	85%	7,50%	6,40%	1,10%	8,30%
	3	Soportar temperaturas elevadas	10,0%	1	3	9	0	0	3	9	1	0	0	100%	10,00%	10,00%	0,00%	0,00%
	4	Soportar presiones elevadas	7,5%	9	9	1	0	0	3	3	0	3	0	100%	7,50%	7,50%	0,00%	0,00%
	5	Poder contener preparados alimenticios	12,5%	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	100%	12,50%	12,50%	0,00%	0,00%
	6	No alterar propiedades del preparado alimenticio	12,5%	1	0	0	3	9	0	0	0	0	0	100%	12,50%	12,50%	0,00%	0,00%
	7	Calidad óptima de erogación	15,0%	3	0	0	9	9	0	0	9	0	3	100%	15,00%	15,00%	0,00%	0,00%
	8	Facilidad de carga y descarga en la máquina	10,0%	9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	75%	10,00%	7,50%	2,50%	18,30%
	9	Fácil retirada de la tapa termosellada de la base superior	10,0%	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	45%	10,00%	4,50%	5,50%	40,40%
	10	Diseño atractivo	5,0%	3	0	0	3	0	0	0	0	0	3	50%	5,00%	2,50%	2,50%	18,30%
		100,0%	2,7	1,1	1	3,4	2,9	1,7	1,1	1,6	0,2	0,7	83,50%	100,00%	86,40%	13,60%	100,00%	
		Unidad de Medida	Unidades	N-mm	°C	°C	(cm ³ ·cm)·10 ⁻³ / (cm ² ·s·Pa)	g/cm ³	°C	Unidades	Unidades	mm						
		Mejora si	Mayor	Menor	Mayor	Menor	Menor	Menor	Mayor	Indiferente	Indiferente	Menor						

ANEXO V: MATRIZ AMFE.

16. ANEXO V: MATRIZ AMFE.

Componente	Función	Modo de fallo	Efectos del fallo	G	Características críticas	Causa de fallo	P	Controles actuales	D	NPR	Acción correctora	Reponsables	Nuevo G	Nuevo P	Nuevo D	Nuevo NPR
Ala Pared Superior	Contener la morfología de sellado que impide la salida de agua por la periferia	Morfología de sellado no funciona correctamente	Aparece un flujo de agua antes de la erogación y la presión en el interior no es la correcta	5	Espesor y forma del dentado del ala de la pared superior	No se produce la deformación adecuada que permita la adaptación a la cavidad para efectuar el sello	5	Comprobación con prototipos	3	75	Modificar la forma del dentado y el espesor del ala	Equipo de Diseño	5	4	3	60
Copela	Ser perforada por las cuchillas para permitir la introducción de agua	Presentar excesiva resistencia a la perforación e incluso impediría	Disminuye la calidad de la erogación al hacer perforaciones irregulares e incluso no perforar	10	El espesor de la zona de debilidad y el material de la capsula determinan la facilidad de perforación	Elevada resistencia a la perforación del material	5	Durante la producción industrial, se realizaran pruebas con una muestra representativa	1	50	Disminuir el espesor de la zona de debilidad desde los 0,5 mm a 0,3 mm	Equipo de Diseño	10	3	1	30
Contrafuertes	Evitar que las capsulas queden encajadas unas con otras	Las capsulas quedan encajadas, dificultando la alimentación a la máquina de llenado	Problemas en la máquina de llenado, parada en la línea e incluso problemas con los inyectores	3	Altura de los contrafuertes	Los contrafuertes son demasiado cortos	3	Con las capsulas a granel se puede observar si por lo general estas se encajan Durante la producción industrial habrá pruebas con muestras representativas	6	54	Aumentar la altura de los contrafuertes 1 mm	Equipo de Diseño	3	3	6	54
Pared Lateral	Servir de cierre del volumen donde se encuentra la preparación alimenticia	Se rompe en el momento de la inyección del fluido	La preparación alimenticia se desparrama por el habitáculo de la máquina	10	Rigidez del material	La resistencia del material no aguanta la presión ejercida por el chorro de fluido	3	Ninguno	2	60	Aumentar la altura de los contrafuertes 1 mm	Equipo de Diseño	10	2	2	40
Deflectores	Provocar que una parte del flujo cambie de trayectoria	No se genera el cambio de trayectoria	Aparece un flujo de agua antes de la erogación y la presión en el interior no es la correcta	5	Forma y colocación del deflector	El deflector diseñado no consigue modificar el flujo del fluido	5	Ninguno	1	25	Modificar la forma y posición del deflector	Equipo de Diseño	5	4	1	20
Habitáculo	Alojar la cápsula y hacer de hogar la el proceso de erogación	La cápsula se coloca al revés en el habitáculo	La cápsula se malogra al perforarse la tapa o se queda encajada en el habitáculo	8	Tamaño y morfología de la cápsula	El usuario introduce mal la cápsula	3	Ninguno	1	24	Instalar elementos visuales preventivos	Equipo de Diseño	8	2	1	16
Tapa	Cerrar la atmósfera protectora del café y hacer de filtro en la erogación	Se rompe en el proceso de erogación	Deja salir posos del café a la infusión	3	Resistencia al impacto	El material no tiene suficiente resistencia o se despaga	7	Ninguno	1	21	Cambiar material	Equipo de Diseño	3	5	1	15

DETECTABILIDAD		
1	Muy Alta	Probabilidad remota de que el producto sea liberado con el defecto. El defecto es una característica funcionalmente obvia y detectada inmediatamente por el operador. La fiabilidad de la detección es, como mínimo, del 99.99%.
2	Muy Alta	
3	Alta	Los controles actuales tienen una gran probabilidad de detectar este fallo antes de que llegue al cliente. El defecto es una característica fácilmente detectable porque se observa sin manipular demasiado el producto. La fiabilidad en la detección es como mínimo de 99.8%.
4	Alta	
5	Moderada	El programa de controles puede detectar el defecto, aunque no es detectable a simple vista. Fiabilidad mínima del 98%.
6	Moderada	
7	Baja	Es posible que algunos defectos de este tipo no sean detectados. La fiabilidad en la detección es del 90%.
8	Baja	
9	Muy baja	Los controles actuales son claramente ineficaces para detectar una parte significativa de los defectos. Se detectarían bastantes, pero muchos otros acabarían siendo enviados al cliente.
10	Certidumbre total	Si el defecto se produce no será detectado y acabará en manos del cliente con toda certeza.

PROBABILIDAD			Ratio
1	Remota	Es muy improbable que suceda este fallo. Nunca ha ocurrido con anterioridad en procesos idénticos.	1/1500000
2	Muy Baja	Sólo algunos fallos puntuales han sido verificados en procesos idénticos.	1/150000
3	Baja	Fallos puntuales asociados a procesos idénticos.	1/15000
4	Moderada	Algunos procesos similares han experimentado fallos esporádicos pero no en grandes proporciones.	1/2000
5	Moderada		1/400
6	Moderada		1/80
7	Alta	Procesos similares han tenido este fallo con bastante regularidad.	1/20
8	Alta		1/8
9	Muy Alta	Con toda certeza aparecerá el error y de forma reiterada.	1/3
10	Muy Alta	Con toda certeza aparecerá el error y de forma reiterada.	1/2

GRAVEDAD		
1	Nula	No hay efecto
2	Casi Imperceptible	Un porcentaje muy bajo del producto deberá ser retocado en la misma cadena de producción y en el mismo puesto de trabajo. Algún cliente astuto percibiría el defecto. El defecto no afecta al desempeño del producto.
3	Muy baja, pero perceptible	Un porcentaje menor del producto deberá ser retocado en la misma cadena de producción pero en un lugar de trabajo diferente. Algunos clientes percibirían el defecto. Error de naturaleza poco importante que puede causar una ligera inconveniencia al cliente, aunque él no se dé cuenta.
4	Bastante Baja	Un porcentaje menor del producto está afectado. Todos los clientes percibirán el defecto aunque podrán continuar utilizando el producto con normalidad, aunque ligeramente insatisfechos.
5	Baja	Un porcentaje significativo del producto está afectado. El problema se puede solucionar reoperando el producto. El producto puede ser utilizado por el cliente, pero los más exigentes llamarían por teléfono para quejarse.
6	Moderada	Incidencia de gravedad baja pero que, o bien afecta casi a la totalidad de los productos o no puede ser reoperado. La mayoría de los clientes se irritan por el defecto, y muchos se quejan, aunque pueden utilizarlo.
7	Alta	Un porcentaje menor del producto está afectado, y es inservible para su uso. Para retirarlo hay que realizar una inspección al 100%. El cliente llama para quejarse en cuanto detecta el problema. El defecto no involucra funciones de seguridad ni el incumplimiento de la reglamentación.
8	Muy alta	Gran parte de la producción está afectada y es inservible para su uso, aunque no comporta peligro para la seguridad El cliente se da cuenta con facilidad y llama alarmado para quejarse porque trastoca sus planes.
9	Extrema	Toda o parte de la producción está afectada. El defecto es difícil de detectar por el cliente aunque no comporta peligro para la seguridad, o bien afecta a la seguridad pero será detectado con facilidad. El cliente sufrirá sin remedio las consecuencias del defecto y le perjudicará gravemente.
10	Muy extrema	El defecto afecta a la seguridad y puede ser utilizado sin ser advertido por el cliente.

ANEXO VI: CUESTIONARIO
DE LA METODOLOGÍA PARA
LA EVALUACIÓN DE LA
INFUSIÓN PREPARADA.

17. ANEXO VI: CUESTIONARIO DE LA METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA INFUSIÓN PREPARADA.

DATOS DE LA PRUEBA							
Sexo:	<input type="checkbox"/>	M	<input type="checkbox"/>	F	Edad:	<input type="checkbox"/>	18-25
Fumador:	<input type="checkbox"/>	Sí	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>	26-35	
Día:	<input style="width: 100%;" type="text"/>				<input type="checkbox"/>	36-45	
Hora:	<input style="width: 100%;" type="text"/>				<input type="checkbox"/>	46-55	
Con Leche:	<input type="checkbox"/>	Sí	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>	56-65	
Con Azúcar:	<input type="checkbox"/>	Sí	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>	> 65	

PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS																							
a) AROMA:	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; text-align: center;">1</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">2</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">3</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">4</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 20%; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20%; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20%; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20%; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20%; height: 15px;"></td> </tr> </table> <p style="text-align: center; font-size: small;">Suave → Fuerte</p>	1	2	3	4	5						¿Le gusta?	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; text-align: center;">1</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">2</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">3</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">4</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 20%; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20%; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20%; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20%; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20%; height: 15px;"></td> </tr> </table> <p style="text-align: center; font-size: small;">Poco → Mucho</p>	1	2	3	4	5					
1	2	3	4	5																			
1	2	3	4	5																			
b) SABOR:	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; text-align: center;">1</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">2</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">3</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">4</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 20%; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20%; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20%; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20%; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20%; height: 15px;"></td> </tr> </table> <p style="text-align: center; font-size: small;">Suave → Fuerte</p>	1	2	3	4	5						¿Le gusta?	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; text-align: center;">1</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">2</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">3</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">4</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 20%; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20%; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20%; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20%; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20%; height: 15px;"></td> </tr> </table> <p style="text-align: center; font-size: small;">Poco → Mucho</p>	1	2	3	4	5					
1	2	3	4	5																			
1	2	3	4	5																			
c) CUERPO:	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; text-align: center;">1</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">2</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">3</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">4</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 20%; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20%; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20%; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20%; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20%; height: 15px;"></td> </tr> </table> <p style="text-align: center; font-size: small;">Líquido → Cremoso</p>	1	2	3	4	5						¿Le gusta?	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; text-align: center;">1</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">2</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">3</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">4</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 20%; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20%; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20%; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20%; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20%; height: 15px;"></td> </tr> </table> <p style="text-align: center; font-size: small;">Poco → Mucho</p>	1	2	3	4	5					
1	2	3	4	5																			
1	2	3	4	5																			
d) IMPRESIÓN GLOBAL:	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; text-align: center;">1</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">2</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">3</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">4</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 20%; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20%; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20%; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20%; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20%; height: 15px;"></td> </tr> </table> <p style="text-align: center; font-size: small;">Mala → Buena</p>	1	2	3	4	5						¿Le gusta?	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; text-align: center;">1</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">2</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">3</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">4</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 20%; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20%; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20%; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20%; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20%; height: 15px;"></td> </tr> </table> <p style="text-align: center; font-size: small;">Poco → Mucho</p>	1	2	3	4	5					
1	2	3	4	5																			
1	2	3	4	5																			
Si añadió leche, ¿notó cambios en las propiedades?					<input type="checkbox"/>	Sí	<input type="checkbox"/>	No															
Si añadió azúcar, ¿notó cambios en las propiedades?					<input type="checkbox"/>	Sí	<input type="checkbox"/>	No															
OBSERVACIONES:																							
<i>Nota: Este dato no lo tiene que indicar el probador</i>																							
e) ACIDEZ:	<input style="width: 100%;" type="text"/>				¿Cumple norma?	<input type="checkbox"/>	Sí	<input type="checkbox"/>	No														

