



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIERÍA
INDUSTRIAL VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA

DISEÑO, ANÁLISIS Y MEJORA DE UN PROCESO DE EXTRACCIÓN SÓLIDO-LÍQUIDO PARA RECUPERAR POLIFENOLES DEL ALPERUJO

AUTOR: PABLO MORENO REOLID

TUTOR: SILVIA ÁLVAREZ BLANCO

COTUTORES: MARÍA CINTA VICENT VELA
CARMEN SÁNCHEZ ARÉVALO

Curso Académico: 2019-20

AGRADECIMIENTOS

Para comenzar, me gustaría agradecer a mis compañeros en el equipo de investigación del laboratorio. Y, en especial, a mis tutoras Silvia y Cinta, por confiar en mí al darme la oportunidad de formar parte de este proyecto, y por estar siempre disponibles para cualquier duda y problema que me surgiese.

A Mamen, por ser mi guía en laboratorio y ayudarme a seguir un método de trabajo y estudio más riguroso y profesional.

También al personal docente de la universidad, que, habiendo entrado a la carrera sin tener claro mi futuro profesional, me ha ayudado a descubrir mi vocación y a tener las ideas más claras; y a mis compañeros, por haber formado parte de este proceso de enseñanza.

Finalmente, mencionar a aquellas personas que me han acompañado durante este camino, en especial a mi madre, pilar fundamental que siempre ha sabido ver el lado positivo cuando yo era incapaz y ponerme los pies en la tierra.

En conclusión, agradecer el apoyo que me ha hecho perseverar y finalizar este proyecto y sacar un trabajo que me ha hecho sentir realizado y que refleja todo lo que he aprendido en la carrera.

RESUMEN

El alperujo es un residuo generado en la elaboración de aceite de oliva mediante la centrifugación de 2 fases. Es altamente contaminante debido a su gran concentración de polifenoles. Sin embargo, los polifenoles son también un producto de gran valor añadido en industrias como la farmacéutica, alimentaria y cosmética, debido a sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias.

El proceso de recuperación de polifenoles que se propone consta de dos etapas: la primera se trata de un proceso de extracción sólido-líquido, mientras que la segunda consiste en la separación y concentración de los compuestos fenólicos mediante un sistema de membranas.

El objetivo de este Trabajo Final de Grado es el estudio, análisis y diseño de la primera etapa de extracción sólido- líquido. Para ello, se lleva a cabo un estudio experimental en el que se concluye que las mejores condiciones de operación son: un tiempo de extracción de 45 minutos, una proporción de disolvente etanol/agua 50/50 (v/v) y una temperatura de 40°C. Así, el rendimiento de extracción obtenido es de $5,93 \frac{mg \text{ tirosol eq.}}{g \text{ alperujo}}$.

Una vez seleccionadas las mejores condiciones, se lleva a cabo el diseño de una planta industrial dedicada a la etapa de extracción sólido-líquido en discontinuo.

La planta se localizará en las instalaciones de la elaboración de aceite de oliva de la Cooperativa Agrícola San Isidro Labrador. Tras plantear la secuencia de operación, se dimensionan los depósitos, bombas y tuberías, y se obtiene un coste total de la planta de extracción de 45.460,54€. Al incluir el resto de equipos, el coste asciende a 551.735,71€. Los costes totales de explotación son de 176.104,96€ y los ingresos totales anuales son 343.903,56€, y el beneficio económico es de 167.798,6€/año. La instalación de una planta dedicada a la recuperación de polifenoles tendrá un periodo de recuperación de la inversión inicial de aproximadamente 4 años.

Palabras clave: Extracción sólido-líquido, alperujo, aceite de oliva, recuperación de polifenoles.

ABSTRACT

Alperujo is a waste generated during the olive oil production process by two phases centrifugation. It is highly polluting due to its high polyphenol concentration. Nevertheless, they are also high added value products of great interest in pharmaceutical, cosmetic and food industry, because of their antioxidant and anti-inflammatory properties.

The proposed process to recover the polyphenols consists of two parts: the first stage is a solid-liquid extraction, whereas the second stage consists of separating and concentrating the polyphenols using membrane technology.

The objective of this project is the study and analysis of the first stage: the solid-liquid extraction. For that purpose, an experimental procedure is carried out, concluding that the best operation conditions are: a time of extraction of 45 minutes, a solvent ratio of ethanol/water 50:50 (v/v) and a temperature of 40°C. Thus, the yield of polyphenols extraction is $5,93 \frac{mg \text{ tyrosol eq.}}{g \text{ alperujo}}$

Once the best operation conditions are established, an industrial design dedicated to the solid-liquid extraction is developed.

The industrial plant will be located in the agricultural cooperative San Isidro Labrador. After establishing the operating sequence, tanks, pumps and pipes are dimensioned, and the final cost obtained for the extraction plant is 45.460,54€. Including the rest of the equipment, the cost is 551.735,71€. Operating costs per year are 176.104,96€, whereas annual revenues are 343.903,56€, thus the economic benefit is 167.798,65€ per year. The installation of a plant dedicated to the extraction and separation of polyphenols will have a recovery period of initial investment of approximately 4 years.

Key words: Solid-liquid extraction, alperujo, olive oil, recovery of polyphenols

RESUM

L'alperujo és un residu generat en l'elaboració d'oli d'oliva mitjançant la centrifugació de dues fases. Aquest residu és força contaminant per la seua gran concentració de polifenols; no obstant això, els polifenols són també un producte de valor afegit en indústries com la farmacèutica, alimentària i cosmètica, a causa de les seues propietats antioxidants i antiinflamatòries.

El procés de recuperació dels polifenols consta de dues etapes: la primera es tracta d'un procés d'extracció sòlid-líquid, mentre que la segona consisteix en la separació i concentració dels compostos fenòlics mitjançant un sistema de membranes.

L'objectiu d'aquest TFG és l'estudi, anàlisi i disseny de la primera etapa d'extracció sòlid- líquid. Per a això, es duu a terme un estudi experimental en el qual es conclou que les millors condicions d'operació són: un temps d'extracció de 45 minuts, un dissolvent etanol/aigua 50/50 (V/v) i una temperatura de 40 °C. Així, el rendiment d'extracció obtingut és de 5,93 mg tyrosol equivalent/g alperujo.

Una vegada seleccionades les millors condicions, es duu a terme el disseny d'una planta industrial dedicada a l'etapa d'extracció sòlid-líquid discontinu.

La planta es localitzarà en les instal·lacions de l'elaboració d'oli d'oliva de la Cooperativa Agrícola Sant Isidre Labrador. Després de plantejar la seqüència d'operació, es dimensionen els dipòsits, bombes i canonades, i s'obté un cost total de la planta d'extracció de 45.460,54 €. En incloure la resta d'equips, el cost ascendeix a 551.735,71 €. Els costos totals d'explotació són de 176.104,96 € i els ingressos totals anuals són 343.903,56 €, i el benefici econòmic és de 167.798,6 €/any. La instal·lació d'una planta dedicada a la recuperació de polifenols tindrà un període de recuperació de la inversió inicial d'aproximadament quatre anys.

Paraules clau: extracció sòlid-líquid, alperujo, oli d'oliva, recuperació de polifenols

ÍNDICE GENERAL

1. Memoria descriptiva
2. Presupuesto.....
3. Planos

ÍNDICE DE LA MEMORIA DESCRIPTIVA

1. Objetivos.....	1
2. Justificación	2
3. Introducción y antecedentes.....	4
3.1 La industria del aceite	4
3.1.1 El cultivo del olivo en cifras	4
3.1.2 Olivicultura	6
3.2 Proceso de elaboración del aceite de oliva	6
3.3 Características del alperujo	10
3.4 Alternativas al tratamiento actual del alperujo.....	12
3.5 Interés industrial de los polifenoles	14
3.5.1 Compuestos fenólicos en el alperujo	15
4. Técnicas de extracción sólido-líquido aplicadas a la recuperación de polifenoles	16
5. Legislación aplicable	20
5.1 Normativa de la industria de grasas y aceites	20
5.2 Normativa de la gestión actual del alperujo.....	21
6. Metodología experimental.....	25
6.1 Procedimiento experimental.....	25
6.1.1 Planificación de los experimentos.....	25
6.1.2 Descripción del procedimiento de extracción sólido-líquido en el laboratorio	26
6.2 Procedimientos analíticos	27
6.2.1 Protocolo de caracterización de fenoles.....	27
6.2.2 Protocolo de caracterización de azúcares.....	29
6.2.3 Análisis de color, conductividad y PH.....	30
7. Presentación y discusión de resultados experimentales.....	31
7.1 Conclusiones experimentales.....	41

8.	Diseño de una instalación dedicada a la extracción de polifenoles	43
8.1	Localización	43
8.2	Descripción del funcionamiento de la planta y seguridad industrial aplicada al diseño	43
8.3	Diseño del extractor discontinuo	47
8.3.1	Condiciones de operación seleccionadas.....	47
8.4	Dimensionamiento de la planta de extracción.....	47
8.4.1	Depósitos	47
8.4.2	Conducciones	50
8.4.3	Bombas.....	51
8.5	Distribución de los equipos.....	55
9	Modelización y distribución de todos los elementos de la planta mediante el programa informático Inventor.....	57
10	Estudio económico	59
10.1	Coste de explotación de la etapa de extracción.....	60
10.1.1	Costes fijos	60
10.1.2	Costes variables.....	60
10.2	Ingresos de explotación.....	62
10.3	Beneficio neto.....	63
11	Conclusiones	65
12	Bibliografía.....	66

ANEXOS

- Anexo I: Datos experimentales obtenidos en la planta piloto
- Anexo II: Catálogos de depósitos, bombas y tuberías utilizados para el dimensionamiento de la planta industrial
- Anexo III: Ficha de seguridad Etanol 96%

ÍNDICE DE FIGURAS

• Figura 1. Distribución porcentual de la superficie de olivar en Europa (Bioenergy, 2019).....	4
• Figura 2. Distribución porcentual de la producción de aceite de oliva en España (Gallardo, 2018).....	5
• Figura 3. Descripción de las partes de la aceituna (García, 2020).....	6
• Figura 4. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de aceite de oliva mediante un sistema de centrifugación de 2 fases.....	9
• Figura 5. Estructuras químicas de los distintos compuestos fenólicos (Lizárraga-Velázquez, 2018).....	15
• Figura 6. Compuestos fenólicos mayoritarios en la aceituna (Rubio, 2011).....	15
• Figura 7. Hidrólisis de la oleuropeína (Carbonell, 2017).....	16
• Figura 8. Esquema del funcionamiento del extractor Soxhlet (Dean, 2009).....	17
• Figura 9. Esquema del funcionamiento de extracción asistida por ultrasonidos (Shahid, 2016).....	18
• Figura 10. Esquema del funcionamiento de extracción asistida por microondas (Shahid, 2016).....	19
• Figura 11. Esquema del funcionamiento de extracción mediante fluidos supercríticos (Shahid, 2016).....	20
• Figura 12. Alternativas de aprovechamiento del alperujo, (Emgrisa, 2019).....	21
• Figura 13. Montaje experimental. Fuente: Elaboración propia.....	26
• Figura 14. Reacción de oxidación/reducción del reactivo Folin (Diaz, 2018).....	27
• Figura 15. Reacción de hidrólisis de azúcares en medio ácido (Método Antrona). Fuente: Elaboración propia.....	29
• Figura 16. Rendimientos de extracción de polifenoles (mg tirosol eq./g alperujo) obtenidos utilizando agua pura como disolvente.....	32
• Figura 17. Rendimientos de extracción de polifenoles (mg tirosol eq./g alperujo) obtenidos utilizando una mezcla etanol/agua 50:50 (v/v) como disolvente.....	32
• Figura 18. Rendimientos de extracción de polifenoles (mg tirosol eq./g alperujo) obtenidos utilizando etanol puro como disolvente.....	32
• Figura 19. Rendimientos de extracción de azúcares (mg sacarosa eq./g alperujo) obtenidos utilizando etanol puro como disolvente.....	34

- Figura 20. Rendimientos de extracción de azúcares (mg sacarosa eq./g alperujo) obtenidos utilizando una mezcla etanol /agua 50:50 como disolvente.....34
- Figura 21. Rendimientos de extracción de azúcares (mg sacarosa eq./g alperujo) obtenidos utilizando etanol puro como disolvente.....34
- Figura 22. Valores de color obtenidos a partir de la absorbancia de extractos a distintos tiempos.....36
- Figura 23. Valores de color obtenidos a partir de la absorbancia de extractos a distintos tiempos, utilizando una mezcla etanol/agua 50:50 como disolvente.....36
- Figura 24. Valores de color obtenidos a partir de la absorbancia de extractos a distintos tiempos, utilizando etanol puro como disolvente.....36
- Figura 25. Valores de conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) obtenidos utilizando agua pura como disolvente.....38
- Figura 26. Valores de conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) obtenidos utilizando una mezcla etanol/agua 50:50 como disolvente.....38
- Figura 27. Valores de conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) obtenidos utilizando etanol puro como disolvente.....38
- Figura 28. Valores de pH obtenidos utilizando agua pura como disolvente.....40
- Figura 29. Valores pH obtenidos utilizando una mezcla etanol/agua 50:50 como disolvente.40
- Figura 30. Valores de pH obtenidos utilizando etanol puro como disolvente.....40
- Figura 31. Diagrama de bloques del proceso de elaboración de aceite de oliva. Ampliación del proceso para la recuperación de polifenoles del alperujo.....44
- Figura 32. Diagrama de flujo del proceso dedicado a la extracción, separación y concentración de polifenoles.....46
- Figura 33. Diagrama de flujo de del diseño propuesto para el proceso de extracción de polifenoles a partir del alperujo.....50
- Figura 34. Diagrama de Moody utilizado para calcular el coeficiente de fricción a partir del número de Reynolds y la rugosidad relativa (Bejarano, 2011).....52
- Figura 35. Esquema de la planta dedicada a la etapa de extracción para la recuperación de polifenoles.....56
- Figuras 36, 37 y 38. Vistas generales del modelado de la planta.....57
- Figura 39. Vista del extractor discontinuo.....58
- Figura 40. Vista del sistema de bombas y tuberías.....58

ÍNDICE DE TABLAS

• Tabla 1. Parámetros principales y composición química del alperujo (Albuquerque, 2010).....	10
• Tabla 2. Normas aplicadas en el Reglamento (CEE) 2568/91, (Emgrisa, 2019).....	21
• Tabla 3. Resumen del Real Decreto 506/2013, alperujo como compost, (Emgrisa, 2019).....	22
• Tabla 4. Resumen de las normativas vigentes para el uso del alperujo en la enmienda de suelos a nivel autonómico, (Emgrisa, 2019).....	23
• Tabla 5. Resumen de las materias primas utilizadas para la creación de piensos según el reglamento (UE) 68/2013, (Emgrisa, 2019).....	24
• Tabla 6. Valores experimentales obtenidos para las condiciones de operación óptimas.....	42
• Tabla 7. Parámetros de operación seleccionados para el diseño industrial de la planta.....	47
• Tabla 8. Dimensionamiento de tanques.....	49
• Tabla 9. Cálculo del caudal que pasa por cada tramo.....	51
• Tabla 10. Dimensionamiento de las tuberías. Cálculo del diámetro interior.....	51
• Tabla 11. Cálculo de las pérdidas por fricción primarias.....	53
• Tabla 12. Cálculo de las pérdidas por fricción secundarias y totales.....	53
• Tabla 13. Cálculo de la altura total HB que debe aportar la bomba.....	54
• Tabla 14. Especificaciones técnicas para la bomba seleccionada B1.....	54
• Tabla 15. Resumen de los presupuestos dedicados a la etapa de extracción sólido-líquido y separación y concentración por membranas.....	59
• Tabla 16. Potencias utilizadas por cada equipo y su coste total.....	61
• Tabla 17. Salarios y costes asociados de la mano de obra.....	61
• Tabla 18. Resumen de los gastos totales de explotación.....	62
• Tabla 19. Resumen de los costes para las etapas de extracción y separación por membranas.....	63

ANEXO I

• Tabla 20. Rendimientos de extracción de polifenoles (mg tirosol eq./g alperujo) obtenidos utilizando agua pura como disolvente a 20°C.....	1
• Tabla 21. Rendimientos de extracción de polifenoles (mg tirosol eq./g alperujo) obtenidos utilizando agua pura como disolvente a 30°C.....	1

- Tabla 22. Rendimientos de extracción de polifenoles (mg tirosol eq./g alperujo) obtenidos utilizando agua pura como disolvente a 40°C.....1
- Tabla 23. Rendimientos de extracción de polifenoles (mg tirosol eq./g alperujo) obtenidos utilizando una mezcla etanol/agua 50:50 como disolvente a 20°C.....1
- Tabla 24. Rendimientos de extracción de polifenoles (mg tirosol eq./g alperujo) obtenidos utilizando una mezcla etanol/agua 50:50 a 30°C.....2
- Tabla 25. Rendimientos de extracción de polifenoles (mg tirosol eq./g alperujo) obtenidos utilizando una mezcla etanol/agua 50:50 a 40°C.....2
- Tabla 26. Rendimientos de extracción de polifenoles (mg tirosol eq./g alperujo) obtenidos utilizando etanol puro a 20°C.....2
- Tabla 27. Rendimientos de extracción de polifenoles (mg tirosol eq./g alperujo) obtenidos utilizando etanol puro a 30°C.....2
- Tabla 28. Rendimientos de extracción de azúcares (mg sacarosal eq./g alperujo) obtenidos utilizando agua pura como disolvente a 20°C.....3
- Tabla 29. Rendimientos de extracción de azúcares (mg sacarosal eq./g alperujo) obtenidos utilizando agua pura como disolvente a 30°C.....3
- Tabla 30. Rendimientos de extracción de azúcares (mg sacarosal eq./g alperujo) obtenidos utilizando agua pura como disolvente a 40°C.....3
- Tabla 31. Rendimientos de extracción de azúcares (mg sacarosal eq./g alperujo) obtenidos utilizando una mezcla etanol/agua 50:50 a 20°C.....3
- Tabla 32. Rendimientos de extracción de azúcares (mg sacarosal eq./g alperujo) obtenidos utilizando una mezcla etanol/agua 50:50 a 30°C.....4
- Tabla 33. Rendimientos de extracción de azúcares (mg sacarosal eq./g alperujo) obtenidos utilizando una mezcla etanol/agua 50:50 a 40°C.....4
- Tabla 34. Rendimientos de extracción de azúcares (mg sacarosal eq./g alperujo) obtenidos etanol puro como disolvente a 20°C.....4
- Tabla 35. Rendimientos de extracción de azúcares (mg sacarosal eq./g alperujo) obtenidos utilizando etanol puro como disolvente a 30°C.....4
- Tabla 36. Valores de color, conductividad y pH con agua pura como disolvente, 20°C.....5
- Tabla 37. Valores de color, conductividad y pH con agua pura como disolvente, 30°C.....5
- Tabla 38. Valores de color, conductividad y pH agua pura como disolvente a 40°C.....5
- Tabla 39. Valores de color, conductividad y pH obtenidos una mezcla de etanol/agua 50:50 como disolvente a 20°C.....5

- Tabla 40. Valores de color, conductividad y pH obtenidos utilizando una mezcla de etanol/agua 50:50 como disolvente a 30°C.....6
- Tabla 41. Valores de color, conductividad y pH obtenidos utilizando una mezcla de etanol/agua 50:50 como disolvente a 40°C.....6
- Tabla 42. Valores de color, conductividad y pH obtenidos utilizando etanol puro como disolvente a 20°C.....6
- Tabla 43. Valores de color, conductividad y pH obtenidos utilizando etanol puro como disolvente a 30°C.....6

ÍNDICE PRESUPUESTO

1. Introducción	1
2. Presupuesto experimental	2
3. Presupuesto instalación industrial	5
3.1 Cuadro de precios nº1: Mano de obra.....	5
3.2 Cuadro de precios nº2: Precios descompuestos.....	6
3.3 Mediciones.....	10
3.4 Presupuesto	16
4. Presupuesto de ejecución material.....	23
5. Presupuesto base de licitación	23

ÍNDICE TABLAS PRESUPUESTO

- Tabla 1. Presupuesto del Material No Amortizable en el procedimiento experimental.....2
- Tabla 2. Presupuesto del Material Amortizable en el procedimiento experimental.....3
- Tabla 3. Presupuesto de Mano de Obra en el procedimiento experimental.....4
- Tabla 4. Presupuesto de Mano de Obra en el procedimiento experimental.....4
- Tabla 5. Presupuesto de ejecución material.....23
- Tabla 6. Presupuesto base de licitación.....23

ÍNDICE PLANOS

1. Diagrama de flujo. Proceso productivo para la obtención de aceite de oliva virgen extra mediante un sistema de centrifugación de dos fases.....	1
2. Diagrama de flujo. Recuperación de polifenoles a partir del alperujo.....	2
3. Vistas del modelado de la planta industrial dedicada a la extracción sólido-líquido de los polifenoles.....	3
4. Diseño de un extractor discontinuo.....	4

MEMORIA DESCRIPTIVA

1. OBJETIVOS

El objetivo principal de este proyecto es la extracción de polifenoles del alperujo con el propósito de reducir el impacto ambiental debido a su carácter fitotóxico y valorizar el residuo para obtener así un beneficio económico. Para ello, en este Trabajo Final de Grado se establecen los siguientes objetivos secundarios:

1. El estudio de la influencia de la temperatura, el tipo de disolvente y el tiempo de contacto en el rendimiento de la extracción sólido-líquido de polifenoles y azúcares, a partir de los datos experimentales obtenidos en una planta piloto en el laboratorio y el análisis de variables que determinan la calidad del extracto.
2. La selección de las mejores condiciones de operación para el diseño de una planta industrial dedicada a la recuperación de polifenoles.

2. JUSTIFICACIÓN

El sector del aceite de oliva tiene gran importancia en países mediterráneos como Grecia, Italia, Túnez y España, alcanzando una producción mundial aproximadamente de 3 millones de toneladas en el último año. (García, 2020).

El desmesurado crecimiento industrial y el evidente agotamiento de los recursos naturales han incitado a las empresas a desarrollar nuevas alternativas para la valorización de sus residuos. Con el objetivo de reducir su volumen e impacto ambiental, a partir del año 1982 en España se hizo obligatorio el proceso de centrifugación de 2 fases para la obtención en continuo de aceite de oliva. Como resultado, se obtiene un residuo denominado alperujo, más complicado de gestionar, ya que su alto contenido en polifenoles lo hace difícilmente biodegradable. Además, su carácter fitotóxico causado por el fósforo puede dar lugar a un proceso de eutrofización si se vierte directamente en aguas superficiales sin un tratamiento previo (Santiuste, 2018).

En la actualidad, gran parte del alperujo generado en la producción de aceite de oliva se aprovecha para compostaje o biomasa, principalmente. En el caso de los alpechines, se suele depositar en estanques de evaporación, aunque factores como el mal olor, la proliferación de insectos y el carácter ácido del residuo aún suponen un serio problema para las zonas locales cercanas.

La gran cantidad de compuestos fenólicos presentes en el alperujo hacen que su valorización sea muy importante.

Las aplicaciones de los polifenoles son muy diversas dependiendo de su estructura química. Por lo general, compuestos como la oleuropeína y el hidroxitirosol tienen propiedades antiinflamatorias, antioxidantes y antibacterianas, características muy beneficiosas en el ámbito nutricional. Sin embargo, al tratarse de compuestos polares, su solubilidad en el aceite es mucho menor que en el agua. En consecuencia, en el proceso de elaboración de aceite de oliva solo se conservan el 2% de la cantidad de polifenoles presentes en la aceituna, el resto se queda en el alperujo. La recuperación de compuestos fenólicos del residuo para su posterior adición en el aceite de oliva es por lo tanto de gran interés (CAR/PL, 2000).

Los polifenoles también son compuestos muy demandados en el sector de la cosmética. En el caso de los flavonoides, se utilizan para la producción de crema solar porque reducen el contenido de melanina. Reducen además la actividad de proteasas y de especies activas de oxígeno, evitando así la degradación de las células.

En cuanto a la industria farmacéutica, los polifenoles tienen un carácter antiinflamatorio que favorece a la circulación y previene la aparición de ciertas enfermedades degenerativas como el cáncer o la artritis.

Además, los fenoles también han demostrado ser muy útiles en el desarrollo de biomateriales. En la fabricación de prótesis óseas y cardiovasculares, los compuestos fenólicos se utilizan para crear las uniones de colágeno (Santiuste, 2018).

En este TFG se plantea la recuperación de polifenoles mediante un proceso de extracción sólido-líquido para luego realizar una separación mediante membranas. En el caso de la extracción, dependiendo de las propiedades del alperujo, las mejores condiciones de operación variarán. Es por lo tanto muy importante estudiar una serie de factores que determinen el rendimiento de extracción, como la afinidad del disolvente con el residuo, la temperatura y el tiempo de contacto,

principalmente.

Una vez establecidas las condiciones óptimas, el diseño de una instalación dedicada a la extracción de compuestos bioactivos del alperujo y su implementación en el proceso productivo es una alternativa que supone la disminución de los costes del tratamiento del residuo y el uso de una química sostenible.

En la elaboración de este proyecto se han tenido en cuenta los siguientes aspectos en cuanto a su viabilidad:

- Viabilidad técnica: Asegurar que la maquinaria seleccionada cumplirá con las prestaciones demandadas, y que el dimensionamiento y distribución de los equipos es posible en la localización seleccionada.
- Viabilidad de mercado: Al tratarse de compuestos de gran interés en la industria, los polifenoles son unos compuestos de gran valor añadido y por lo tanto muy interesantes para su comercialización. Es necesario estudiar por lo tanto la competencia y la situación del mercado antes de llevar a cabo el proyecto.
- Viabilidad económica: Se hace un balance económico de todos los tipos de costes e ingresos para calcular el beneficio neto final del proyecto. En base a los resultados obtenidos, se decidirá si el diseño de la instalación es o no factible.
- Viabilidad legal: Antes de comenzar el proyecto, es obligatorio contar con las licencias de edificación y los visados técnicos necesarios. Además, a la hora de realizar el diseño y distribución de equipos, se aplicarán todas las normas de seguridad para evitar posibles riesgos laborales.

3. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

3.1 La industria del aceite

3.1.1 El cultivo del olivo en cifras

La *Olea europaea*, comúnmente conocida como olivo, surgió en el Asia Menor hace 6000 años. A lo largo de la historia, a través de las culturas fenicia, griega y romana, su cultivo se expandió por todo el mundo, convirtiendo así el aceite de oliva en un pilar fundamental de la dieta Mediterránea.

A nivel mundial, se estima que 11,5 millones de hectáreas están dedicadas al cultivo de olivares, produciendo un total de 18 billones de toneladas de olivas por año. El 90% de las mismas se utilizan para la producción de aceite de oliva, mientras que el 10% restante se emplea para la obtención de aceitunas de mesa. (García, 2020). Según los datos obtenidos en la Comisión Europea (CE), España encabeza el sector olivícola en toda Europa, con una producción comunitaria de aceite de oliva de aproximadamente 1,2 millones de toneladas en el año 2019, seguida de países como Italia, Grecia y Portugal principalmente (Mercacei, 2020). La distribución porcentual de superficie dedicada al cultivo de olivo en Europa queda reflejada en la figura 1.

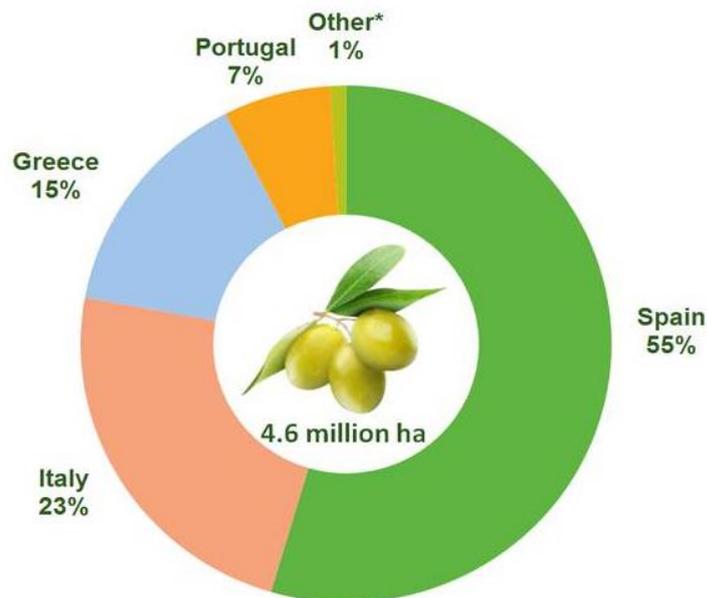


Figura 1. Distribución porcentual de la superficie de olivar en Europa (Bioenergy, 2019)

En cuanto a la olivicultura en España, el cultivo de olivares se concentra principalmente en el suroeste de la Península, siendo Andalucía el principal productor de aceite de oliva, seguido de Castilla-La Mancha y Extremadura, como se muestra en la figura 2.

Debido a la evolución socio-económica del país, la superficie de cultivo de olivares ha variado considerablemente a lo largo de los años. Las nuevas medidas de regulación en el sector y el creciente prestigio del aceite de oliva han fomentado un aumento del cultivo, triplicándose así la producción anual en las últimas décadas (Ruíz, 2015).

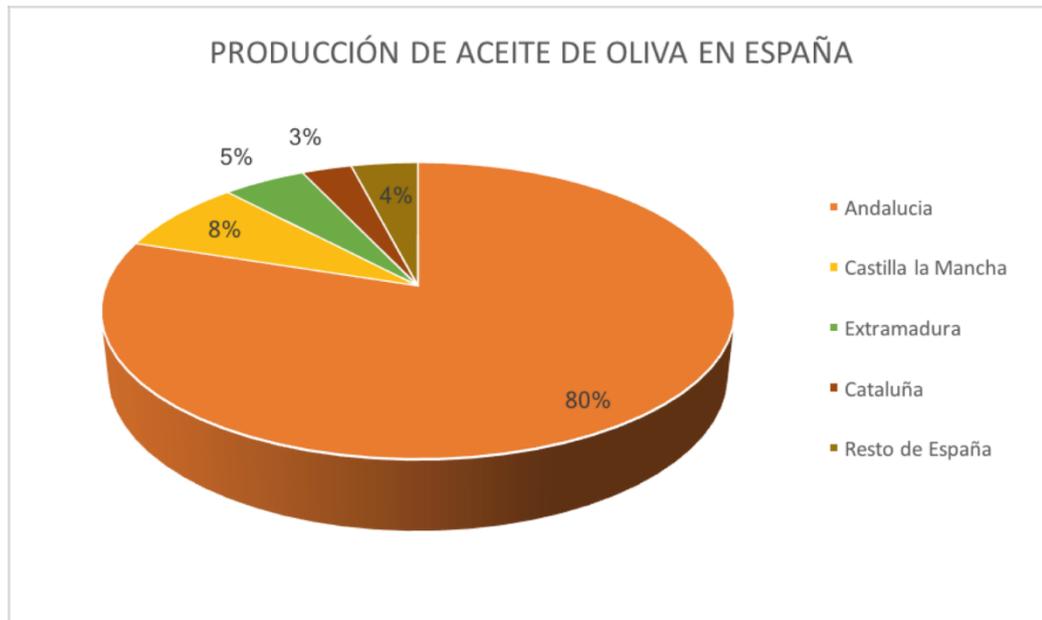


Figura 2 Distribución porcentual de la producción de aceite de oliva en España (Gallardo, 2018)

Actualmente, debido a factores como el incremento excesivo de superficie de olivar y las exitosas cosechas de las campañas de los últimos años, el aceite de oliva está sufriendo una notable crisis de precios, reconocida incluso por la Comisión Europea.

El gran desequilibrio entre la oferta y la demanda ha ocasionado que la PAC (Política Agraria Común) haya tenido que adoptar una serie de medidas para disminuir la cantidad de aceite almacenado y así poder recuperar los precios. (Olimerca, 2020).

Una de las medidas llevadas a cabo hace unos meses fue el almacenamiento privado de 600.000 toneladas de aceite de oliva. Sin embargo, organismos como la Unión de Uniones de Agricultores y Ganaderos ha calificado esta medida como poco eficiente, ya que solo tendrá un impacto positivo si la salida al mercado de dicho aceite coincide con una campaña de producción baja.

En vista de esta situación, se están planteando una serie de ayudas económicas para incitar a dedicar las 600.000 toneladas de aceite de oliva del mercado europeo almacenadas a otros fines no alimentarios, como por ejemplo la creación de biodiésel.

Otra opción planteada consiste en proponer una futura normativa más restrictiva en cuanto a la calidad y trazabilidad del aceite de oliva. De esta forma, un aumento de la calidad del producto final implica un aumento también de su valor añadido, y así el aceite podrá hacer frente a la competencia y volver a recuperar sus precios.

Por otra parte, también existe una preocupación actual en el tema de la exportación, ya que Estados Unidos planea subir los aranceles a mercancías agroalimentarias españolas (AgroCLM, 2020).

3.1.2 Olivicultura

El olivo, que proviene de la familia *Olea europaeae*, se caracteriza por ser un árbol con copa redondeada, hoja perenne y tener entre 8 y 15 metros de altura. Es un tipo de árbol robusto, que se adapta fácilmente a todo tipo de suelos. Su crecimiento depende de factores como la salinidad y el pH del suelo, ya que un nivel alto de acidez puede resultar tóxico para su cultivo. (Biología, 2017)

En cuanto al fruto del olivo, la aceituna tiene una longitud de 1-3,5 cm y forma ovalada. Consta de tres partes, como se refleja en la figura 3.



Figura 3 Descripción de las partes de la aceituna (García, 2020)

Cada una de las distintas partes de la aceituna presenta una composición química específica en función de factores genéticos, aunque también influyen agentes como la práctica de cultivo llevada a cabo y las condiciones climatológicas.

Las tres partes del fruto del olivo son las siguientes (Torrent, 2019):

- **Endocarpio:** Constituye el 15-23% del peso de la aceituna. El hueso está formado por fibras y polisacáridos. En el interior se encuentra la semilla, cuyo componente principal es la hemicelulosa; mientras que en el exterior se encuentra la pared del hueso, rica en celulosa.
- **Mesocarpio:** Es la pulpa de la aceituna, y conforma el 70-80% del peso de la misma. Contiene una gran cantidad de aceite, que se acumula en las vacuolas de las células que forman el mesocarpio.
- **Epicarpio:** Se trata del tejido envoltorio de la aceituna, y constituye el 2-2,5% del peso del fruto. Durante el proceso de maduración, el epicarpio pasa de tener una tonalidad verde-amarillenta a un color más violáceo.

Los componentes principales de la aceituna son por lo tanto el agua, el aceite, los polisacáridos y los azúcares, entre los que destacan la glucosa, la fructosa y la sacarosa. Las proteínas también están presentes en la aceituna, siendo la arginina el aminoácido más importante. Además, los polifenoles, que constituyen el 1-3% del peso de la aceituna, son el componente principal de la pulpa.

3.2 Proceso de elaboración de aceite de oliva

Los aceites presentan como componente principal los triglicéridos, que son ésteres formados por la reacción de glicerol con ácidos grasos libres. En función de si presentan dobles enlaces o no, existen dos tipos de ácidos grasos: los insaturados, líquidos a temperatura ambiente y entre los que destaca el ácido oléico como componente principal del aceite de oliva; y los saturados, normalmente de origen animal, aunque también existen de origen vegetal, como es el caso del ácido palmítico (Zamora Ardoy et al, 2004).

La materia prima es la aceituna de la almazara, y su rendimiento y la calidad del producto final dependerá de factores como el clima, las operaciones de cultivo, el tipo de suelo y el propio tipo de la aceituna, principalmente.

Durante el proceso productivo, se pueden originar una serie de reacciones en el aceite que provocan la aparición de compuestos perjudiciales para la calidad del producto (Barbero, 2017):

- Hidrólisis: los triglicéridos reaccionan con el agua obteniéndose así glicerol y ácidos grasos libres. Para que no se produzca hidrólisis, se trabaja a bajas temperaturas y se evita la presencia de un medio ácido.
- Oxidación: se obtienen como productos peróxidos y radicales libres, produciendo aldehídos, cetonas y éteres, sustancias que dan mal olor y sabor al aceite.

Dependiendo de la calidad de la materia prima, los recursos industriales y las exigencias del producto final, existen tres métodos distintos de obtención de aceite de oliva (Giralda, 2017):

Antiguamente, se utilizaba el sistema de prensado clásico, un método discontinuo de tres etapas:

1. Prensado. La materia prima se comprime con ayuda de una prensa hidráulica para la obtención de dos corrientes: un mosto oleoso, que contiene un 30% de aceite, un 60% de agua y un 10% de pulpa; y el orujo, un residuo sólido que conforman la piel y el hueso de las aceitunas.
2. Filtración. La corriente del mosto oleoso se hace pasar por un filtro prensa aplicando presión. Este filtro prensa, compuesto por placas de material filtrante, deja pasar el líquido filtrado y retiene el residuo sólido. Para evitar su apelmazamiento, se utiliza un tamiz vibratorio.
3. Decantación. Tras la filtración, se ha obtenido una mezcla de agua y aceite. Para separarlos, se utilizan unos decantadores de base cónica construidas con material inerte.

Este método tiene como ventajas el uso de una maquinaria simple, y por lo tanto una inversión reducida. El producto final obtenido es de gran calidad y el orujo es un residuo con baja humedad, lo que facilita su transporte y almacenamiento.

Sin embargo, también presenta una serie de inconvenientes: es un método discontinuo, y los capachos utilizados en el proceso productivo se deterioran. Además, las exigencias de mano de obra y espacio de maquinaria son mucho mayores.

Por otra parte, existen dos métodos en continuo, y se diferencian en el tipo de centrífuga utilizada:

La centrífuga de tres fases cuenta con un tornillo sin fin y en ella se introduce agua caliente. Como resultado, se obtienen tres fases separadas por su diferencia de densidad: orujo, alpechín y aceite. El orujo se separa de las dos corrientes, y el alpechín y el aceite se pasan por una centrífuga vertical, para la refinación y recuperación del aceite. No obstante, este método tiene muchas desventajas: un gran coste energético y una gran cantidad de alpechín generado, lo que supone un mayor impacto ambiental.

El alpechín es un líquido oscuro, con mal olor y alto contenido en materia orgánica. Su tratamiento se puede llevar a cabo en una depuradora mediante la siguiente secuencia: flotación, ajuste de pH, coagulación y floculación, reactor biológico y osmosis inversa. El estudio del rendimiento de extracción de compuestos bioactivos presentes en el alpechín para la fabricación de biopolímeros es de gran interés.

Finalmente, la centrifugación de dos fases se trata de un sistema de extracción de aceite en el que no se utiliza agua. Como resultado, se obtienen dos fases directamente: el alperujo y el aceite. La cantidad de residuo generado es mucho menor que en el sistema de centrifugación de tres fases, y por lo tanto se reduce el impacto ambiental, al igual que el consumo de agua y energía. Además, el aceite obtenido es más rico en polifenoles y presenta una mejor calidad. El principal problema que presenta el alperujo es su alta humedad (60%), un factor que dificulta su tratamiento y almacenamiento.

El proceso productivo utilizando el método de centrifugación de 2 fases está representado en la figura 4. Las distintas etapas para la obtención en continuo de aceite de oliva virgen extra son las siguientes (Cerretani, 2010):

- Recepción de materia prima: Una vez recolectada y transportada la aceituna, su recepción se realiza en una tolva subterránea (T1), que con ayuda de unas rejillas permite separar sólidos indeseados de gran tamaño, como por ejemplo piedras, tierra y aceitunas en mal estado (R1). Antes de realizar este paso, las aceitunas pasan por un control de calidad y trazabilidad basado en el APPCC (Análisis de Puntos Críticos), donde se registra información como: la fecha de entrada, el número de lote, el peso y el contenido de aceite en las aceitunas.
- Limpieza: Las aceitunas se desplazan con ayuda de una cinta transportadora (2) hasta llegar al punto de limpieza, y con la ayuda de un ventilador industrial y un sistema de vibración y cribado (T3), se eliminan las hojas, las piedras y el polvo presentes en la materia prima (R2).
- Lavado: Las aceitunas se recogen del suelo, y por lo tanto su grado de suciedad es mayor. Para eliminar el polvo y la arena aún presentes en la materia prima, se someten a un proceso de lavado con agua. Como resultado, se obtiene un nuevo residuo: el agua residual (R3), cuyo tratamiento posterior consiste en un proceso de flotación para la eliminación de grasas y una decantación para eliminar los sólidos en suspensión.
- Molienda: Se utiliza un molino de martillo (8) con el objetivo de romper la estructura vegetal de la aceituna para hacer salir el aceite. Se obtiene así una pasta formada por tejido vegetal, gotas de aceite, huesos y agua.
- Batido: La pasta formada se desplaza con ayuda de una cinta transportadora (9) hasta llegar al tanque de batido (T10). Con el objetivo de unir las gotas de aceite dispersas y formar gotas de aceite mayores, la pasta se somete a un proceso de agitación y calentamiento a 35°C durante 1 hora y 30 minutos. Este proceso permite una mejor separación del aceite del resto de fases. El material del tanque de batido debe ser resistente a la corrosión y a altas temperaturas, como por ejemplo el acero inoxidable AISI-316L.
- Centrifugación de dos fases (13): La generación de una fuerza centrífuga permite la separación de dos fases: el aceite y el alperujo (R4).
- Centrifugación vertical (14): El mosto oleoso aún presenta un exceso de agua y sólidos en suspensión (R5). Para eliminarlos, se somete a un proceso de centrifugación vertical, para obtener así un nivel de clarificación del aceite más adecuado (Costagli, 2020).
- Almacenamiento del aceite y envasado: El aceite obtenido se almacena en tanques de acero inoxidable (T15) y con ayuda de una bomba centrífuga auto-regulable (BA-4), se transporta hasta la envasadora y etiquetadora (16).

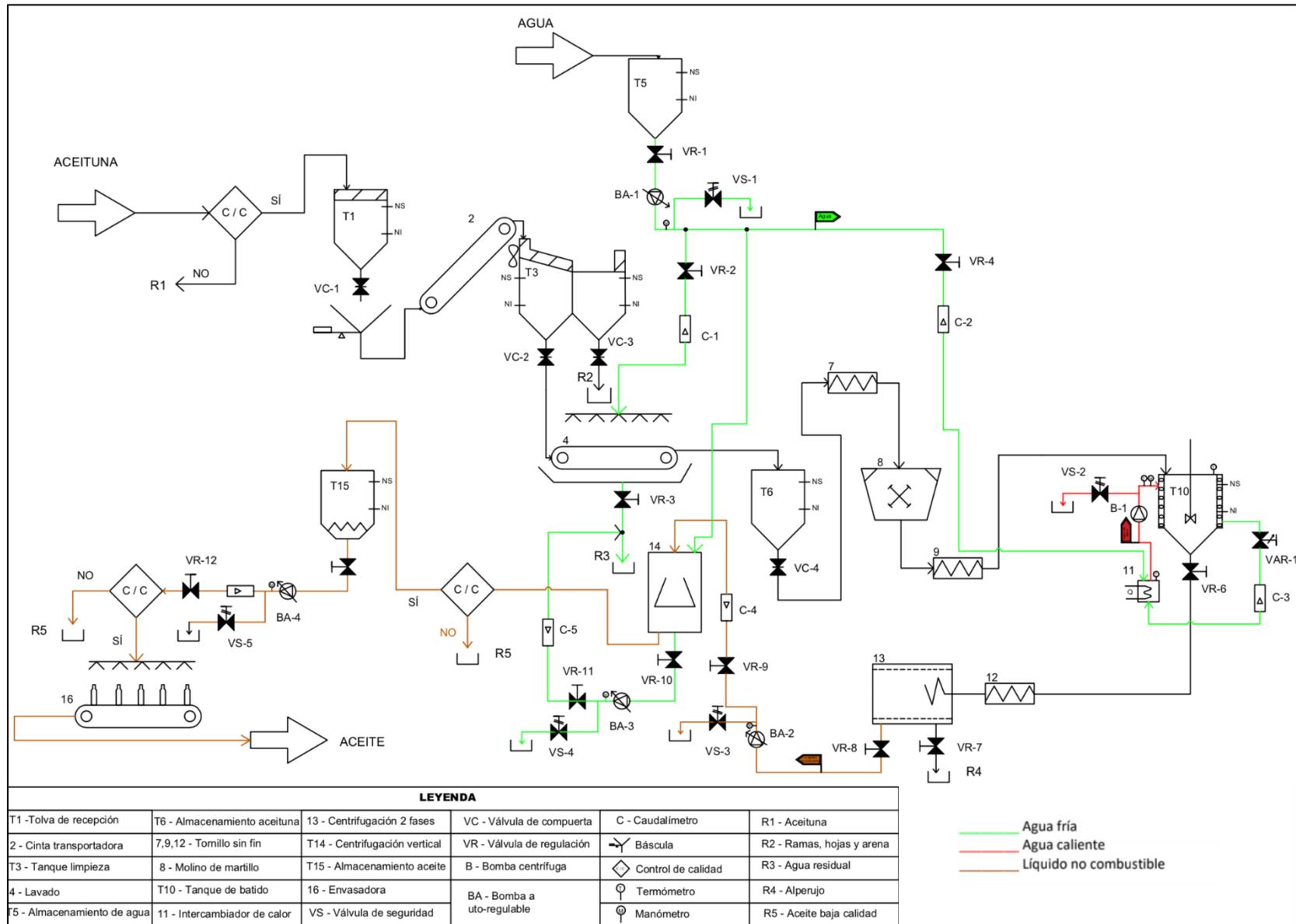


Figura 4. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de aceite de oliva mediante un sistema de centrifugación de dos fases

3.3 Características del alperujo

El alperujo es un residuo semisólido que se genera en la producción de aceite de oliva mediante un sistema de centrifugación de dos fases. Sus propiedades dependen de factores como la calidad y la variedad de la aceituna, el tipo de suelo y el método de cultivo, el método empleado durante el proceso productivo y el grado de maduración del fruto, entre otros (Giralda, 2017).

Está formado por la piel, la pulpa (20% p/p) y el hueso (15% p/p) de la aceituna. Se trata de un residuo con un alto grado de humedad, un pH ligeramente ácido, fuerte olor y un bajo contenido en aceite.

Su concentración de materia orgánica es muy alta (88,6%), al igual que su contenido de carbohidratos, que constituyen una fuente de alimentación esencial para los microorganismos.

Su alto contenido en polifenoles le confiere un alto carácter fitotóxico, lo que impide la aplicación directa del residuo en el suelo.

La relación C/N es también muy elevada, por lo tanto, para corregir este parámetro es necesario aumentar el contenido de nitrógeno mediante la adición de compuestos como el estiércol. De lo contrario, al verter el residuo directamente en el suelo, se producirán una serie de consecuencias negativas, como el aumento de salinidad, impidiendo el desplazamiento del Ca y K, y la inmovilización del nitrógeno presente en las plantas.

La composición química del alperujo es muy variable. Un resumen de los parámetros más importantes se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Parámetros principales y composición química del alperujo (Albuquerque, 2010)

Parámetro	Rango
Humedad (% peso fresco)	55,6 – 74,5
pH	4,89 – 6,45
Conductividad (dS/m)	0,88 – 4,76
Relación C/N	28,2 – 72,9
Materia orgánica (%)	60.3 – 98.5
Nitrógeno total (g/kg)	7,0 – 18,4
Minerales totales (g/kg)	10.16 – 48.03
Lignina (% en base seca)	19.8 – 47.5
Hemicelulosa (% en base seca)	15.3 – 38.7
Celulosa (% en base seca)	17.3 – 33.7
Lípidos (% en base seca)	3.76 – 18
Proteínas (% en base seca)	6.7 – 7.2
Carbohidratos solubles (g/kg en base seca)	12,9 – 164,0
Compuestos fenólicos (g/kg en base seca)	6,2 – 23,9

En cuanto a la materia orgánica, los componentes principales son la hemicelulosa, la celulosa y la lignina. El alperujo también contiene grasas, proteínas y carbohidratos solubles, entre los que destacan la sacarosa y la fructosa, compuestos que suponen una gran fuente de sustrato para los microorganismos.

Por otra parte, la gran humedad del residuo implica una serie de inconvenientes, como la dificultad de manejo y transporte del alperujo y por lo tanto una gran dificultad a la hora de apilarlo. Para desplazarlo, es necesario utilizar tornillos sin fin en vez de cintas transportadoras, y su transporte se ha de llevar a cabo mediante camiones cisterna, para evitar fugas de agua.

Además, para su posterior uso como compostaje, es necesario un proceso de secado, lo que encarece el tratamiento del residuo (Marcela, 2008).

Como ya se ha mencionado anteriormente, el alperujo es un residuo que mediante un proceso de extracción sólido-líquido se puede valorizar para la extracción de polifenoles. Una vez obtenido el extracto, existen una serie de parámetros de operación que determinan las propiedades del mismo:

1. Acidez: El bajo pH del alperujo viene determinado por los ácidos presentes en la aceituna. Entre ellos, cabe destacar el ácido láctico, que se forma durante la fermentación de la aceituna. Un medio ácido favorece a la reacción de hidrólisis, y en consecuencia, a la ruptura de interacciones entre polifenoles y otros compuestos orgánicos, por lo que el análisis de esta variable es fundamental para optimizar el rendimiento de extracción de dichos polifenoles. (Sygouni et al., 2019)
2. Conductividad eléctrica: Es directamente proporcional a la concentración de iones, entre los que se encuentran principalmente Na^{2+} , Ca^{2+} , K^{+} y Mg^{2+} . Un alto valor de conductividad simbolizará una mayor extracción de los compuestos presentes en el residuo.
3. Color: Este parámetro estará determinado por los compuestos extraídos que dan color al extracto, pero también por los productos formados tras las reacciones de oxidación y degradación producidas por la agitación, dando lugar a una tonalidad parda indeseable, ya que puede interferir en la posterior medida de absorbancia.
4. Concentración de compuestos fenólicos: Se trata de la variable principal de estudio. El alperujo es rico en polifenoles como la oleuperina, y esta misma mediante un proceso de hidrólisis deriva en otros polifenoles muy abundantes como el hidroxitirosol y el tirosol (De Marco et al., 2006).
5. Concentración de azúcares: Al igual que los polifenoles, el rendimiento de extracción dependerá del grado de polimerización de la muestra, la naturaleza del compuesto extraíble y la afinidad del mismo con el disolvente (Caldas et al., 2017). La fructosa y la sacarosa son los carbohidratos más abundantes.
6. DQO: es la cantidad de oxígeno disuelto que se consume en el proceso de oxidación. Indica la cantidad de materia orgánica eliminada del alperujo (Works, 2020). Se trata de un parámetro esencial, ya que si no presenta un valor dentro de los límites, puede provocar la biodegradación de la muestra y el aumento de su carácter fitotóxico cuando el residuo se vierta en aguas.
7. Turbidez: es un indicador de la cantidad de sólidos en suspensión presentes en el extracto.

Tiene gran importancia en el proceso posterior de filtración por membrana.

3.4 Alternativas al tratamiento actual del alperujo

El alperujo se trata de un residuo rico en compuestos como pectinas y polifenoles, y que además presenta unas propiedades interesantes para su uso como compost o biomasa. Sin embargo, es necesario realizar un tratamiento previo para romper las barreras químicas y físicas que presenta el complejo estructural de la pared vegetal.

Estos pretratamientos se pueden clasificar en cuatro tipos (García de la Fuente, 2011):

- Pretratamiento físico: Se rompe la estructura celular del alperujo para así aumentar su superficie específica. Para ello se utilizan procesos mecánicos como la molienda o trituración, y en ocasiones la irradiación ultravioleta.
- Pretratamiento químico: Con el objetivo de solubilizar la celulosa presente en el alperujo, se lleva a cabo una hidrólisis ácida con H_2SO_4 o HCl . Además, para eliminar la lignina, compuesto que dificulta la degradación bacteriana, se añaden compuestos como NH_3 o $NaOH$.
- Pretratamiento biológico: Los microorganismos metabolizan los compuestos tóxicos presentes en el residuo obteniéndose así productos de interés. En el caso de los hongos saprobios, mediante una degradación enzimática, descomponen la materia orgánica para facilitar la liberación de nutrientes.
- Pretratamiento físico-químicos: Se lleva a cabo un tratamiento térmico con vapor de agua, con una temperatura aproximada de $150^{\circ}C$ y una presión de entre 1-36 atm. El objetivo es conseguir la hidrólisis de las hemicelulosas. Un estado hidrolizado del alperujo permite una mejor recuperación de compuestos bioactivos.

Una vez realizados los pretratamientos necesarios, existen diversas alternativas para la valorización y uso del residuo (Calvo, 2013):

1. Extracción de aceite y formulación de combustible

Tras un proceso de secado y mediante el uso de un disolvente orgánico como el hexano, se extrae parte del aceite restante en el alperujo, obteniéndose como subproducto el orujillo, un residuo con una humedad muy inferior (10%). Debido a su alto poder calorífico, este subproducto se puede utilizar para la obtención de combustible.

Algunas almazaras se dedican a separar el hueso de la aceituna, por su alto potencial como combustible y su posibilidad de utilizarlo como materia prima para la obtención de carbón activo.

2. Uso agrícola como fertilizante

Debido a factores como el uso de fertilizantes químicos, el suelo tiene un bajo contenido en materia orgánica. El alperujo es un residuo rico en micronutrientes como el potasio y el fósforo, por lo tanto,

su uso como abono orgánico es la alternativa más sostenible.

Sin embargo, presenta una serie de inconvenientes al utilizarse como compost: implica una pérdida del equilibrio nutricional (C/N), y es necesario corregir su bajo contenido en N con ayuda de una fuente externa como el estiércol, lo que implica un aumento de su coste. Además, es necesario realizar una extracción previa de polifenoles, ya que presentan un carácter fitotóxico.

El alperujo se usa también para el co-compostaje, con productos como madera o paja. Si presenta un nivel correcto de humificación, fitotoxicidad nula y un adecuado aporte de nutrientes, el residuo se convierte en un compuesto idóneo como fertilizante.

3. Valorización biotecnológica

Mediante una digestión anaerobia, es posible obtener compuestos de gran valor añadido como el biogás (mezcla de CH₄ y CO₂). Además, se pueden obtener otros productos como bioetanol y biodiésel, y compuestos de gran interés en la industria bioquímica, como enzimas, polisacáridos, biosurfactantes y compuestos bioactivos (Ahmed et al, 2019).

Mediante la fermentación en estado sólido, es posible aumentar la cantidad de nutrientes en residuos de la industria agroalimentaria, para la producción de piensos dedicados a la ganadería ovina y caprina. Estos piensos son ricos en ácidos grasos insaturados como el ácido oleico, aunque su alto contenido en fibras poco digeribles y su escasez de proteínas hace necesaria una suplementación adicional.

4. Extracción de compuestos de valor añadido

Existe una gran cantidad de compuestos orgánicos en el alperujo que se pueden aprovechar en las industrias cosmética, farmacéutica y alimentaria. Entre ellos, destacan los polisacáridos y los fenoles. Además, presentan un alto contenido en pectinas, que se utilizan en la industria alimentaria como gelificantes y en la farmacéutica como probióticos, con un carácter antiinflamatorio muy útil frente a enfermedades como la diabetes y el cáncer. En el caso de los polifenoles, el método generalmente llevado a cabo para su extracción es el siguiente:

En primer lugar, el alperujo entra en contacto con el disolvente y se produce la extracción sólido-líquido. Este disolvente puede ser agua o una mezcla de agua y etanol, ya que se ha demostrado que este disolvente tiene una gran afinidad con compuestos como los polifenoles.

A continuación, la corriente del extracto, que contiene todos los compuestos bioactivos de interés, se somete a un proceso de separación y concentración por membranas.

Se eliminan los sólidos de gran tamaño con la ayuda de un filtro. Seguidamente, mediante un proceso de ultrafiltración se separan los polisacáridos y los sólidos en suspensión del extracto.

La corriente pasa por un proceso de nanofiltración, que permite la separación de los polifenoles. Por último, para separar los compuestos fenólicos del disolvente, se pueden utilizar procesos como la ósmosis directa o inversa, obteniéndose así los polifenoles finalmente purificados.

3.5 Interés industrial de los polifenoles

Los fenoles son sustancias químicas orgánicas que cuentan en su estructura con un anillo aromático y uno o varios grupos hidroxilo. Se pueden encontrar en la naturaleza combinados con polisacáridos o con otros polifenoles (García, 2020). El anillo aromático aporta una gran estabilidad de la molécula, aunque es posible que los fenoles se oxiden, dando lugar a unos productos perjudiciales denominados quinonas (García de la Fuente, 2011).

Se pueden obtener mediante su síntesis industrial en plantas petroquímicas y refinerías, aunque también pueden tener un origen natural, siendo parte de los metabolitos secundarios de las plantas.

En función de los sustituyentes que presenten y la posición de sus grupos hidroxilo, los fenoles presentan unas funciones biológicas interesantes en las industrias farmacéutica, cosmética y alimentaria. Algunos de los beneficios son los siguientes:

- **Carácter antioxidante:** Los fenoles reducen la actividad de las especies reactivas del oxígeno (ROS), disminuyendo el daño que estas pueden ocasionar en las células y evitando así el estrés oxidativo. Dependiendo de los grupos hidroxilo de su estructura, presentará unas propiedades determinadas. En el caso de los flavonoides, reaccionan con metales de transición como el cobre o el hierro para la formación de un complejo metálico y evitar así la creación de radicales libres hidroxilo.
- **Cardiovascular:** Se ha demostrado que ciertos tipos de polifenoles tienen un efecto vasodilatador: la homeostasis vascular se produce gracias a que en el endotelio se produce una cantidad adecuada de óxido nítrico.
- **Efecto antilipémico:** Los polifenoles mejoran el perfil lipídico. Al dificultar la oxidación de los LDL, se evita la obstrucción de las arterias por la acumulación de lípidos.
- **Antiinflamatorio y antimicrobiano:** Los fenoles inhiben la actividad de las enzimas implicadas en la síntesis de eicosanoides, previniendo así la aparición de ciertas enfermedades crónicas como la diabetes y el cáncer. Se ha demostrado también una gran eficacia para la eliminación de bacterias como las ATTC.

Además, los polifenoles juegan un papel fundamental en factores como la estabilidad y ciertas propiedades organolépticas: el color rojo/ violáceo en los vinos lo aportan las antocianidinas; el sabor amargo viene determinado por la presencia de flavonoides como la oleuropeína, en el caso del aceite de oliva; o el aroma del plátano se debe a fenoles simples como el eugenol.

La clasificación de los fenoles se lleva a cabo según su estructura química (Trillo, 2015):

- **Fenoles simples:** Cuentan con un único anillo aromático y uno o más sustituyentes hidroxílicos.
- **Polifenoles:** Dentro de este grupo se encuentran compuestos como xantonas, estilbenos, antraquinonas, ligninos y flavonoides. Estos últimos son los más abundantes en el mundo vegetal. Cuentan con una estructura benzo-y-pirona y en la actualidad se conocen 8000 derivados distintos.

En las figuras 5 Se muestra un resumen de las principales estructuras químicas de los compuestos

fenólicos en función de sus sustituyentes y anillos aromáticos:

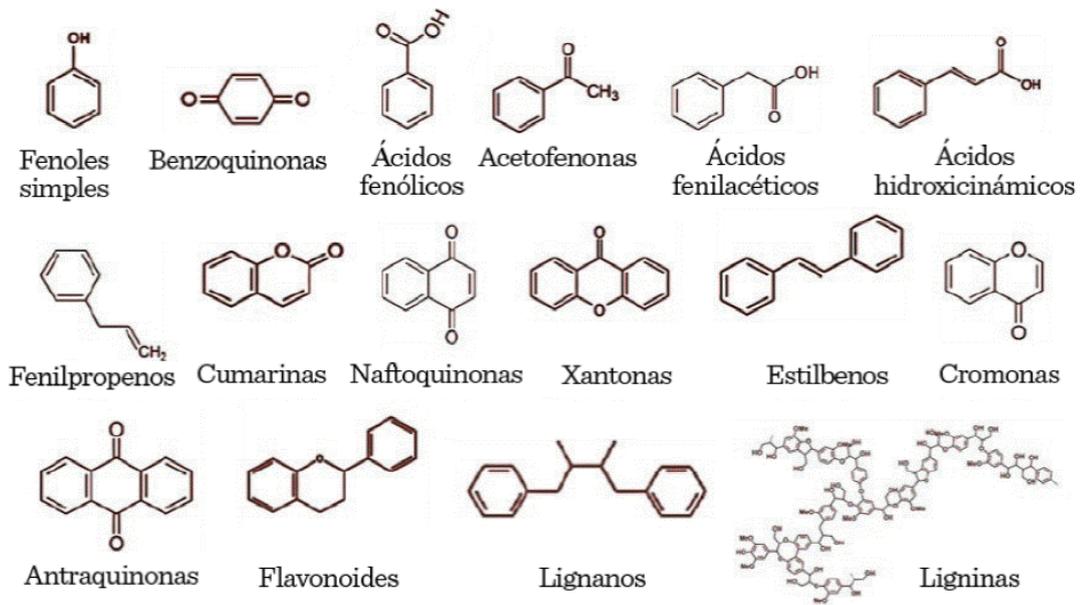


Figura 5. Estructuras químicas de los distintos compuestos fenólicos (Lizárraga-Velázquez, 2018)

3.5.1 Compuestos fenólicos en el alperujo

Los polifenoles son los compuestos más importantes en la fracción no saponificable del aceite de oliva. Dependiendo de factores como el clima, el estado de madurez de la aceituna o el método de extracción llevado a cabo, su composición química varía. En la figura 6 se muestran los principales fenoles presentes en la aceituna:

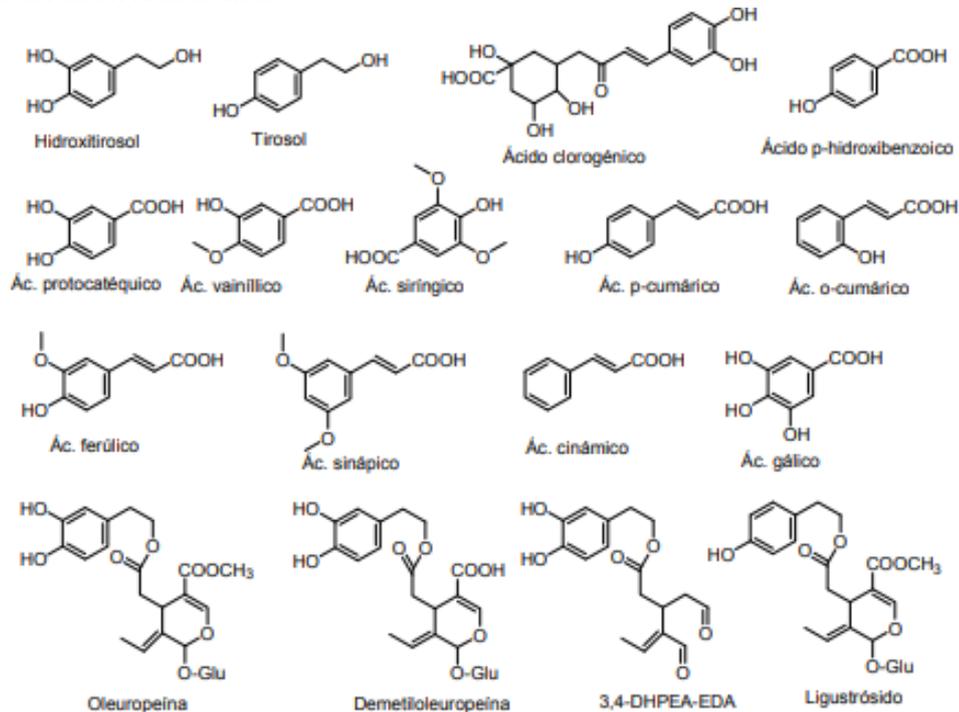


Figura 6. Compuestos fenólicos mayoritarios en la aceituna (Rubio, 2011)

Dentro de los compuestos fenólicos presentes en la aceituna, destacan los de tipo verbascósido y ligustrósido, provenientes del ácido cinámico y del ácido benzoico. Además, la aceituna presenta un alto contenido en flavonoides como fenilalcoholes (tirosol, hidroxitirosol) y pigmentos antocianos que aportan un color violeta a las aceitunas maduras.

Sin embargo, el compuesto fenólico principal de la aceituna es la oleuropeína, formada por ácido elenólico, hidroxitirosol y una molécula de glucosa. Como se muestra en la figura 7, mediante un proceso de fermentación, la oleuropeína se hidroliza, dando lugar a las moléculas de hidroxitirosol y tirosol (Carbonell, 2017).

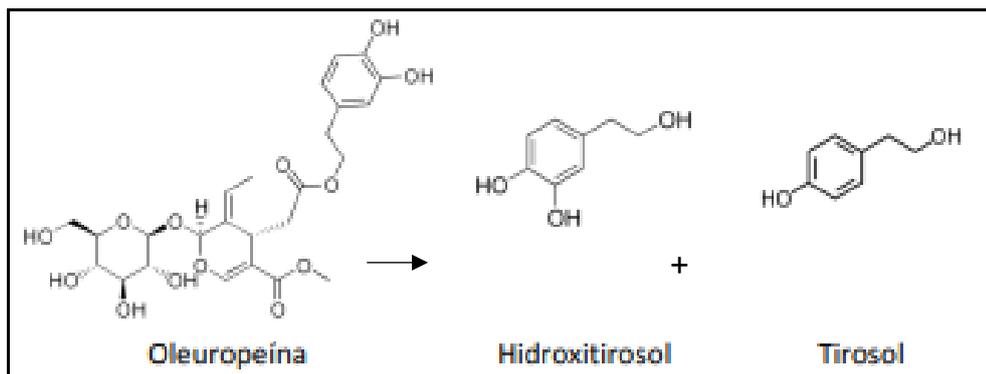


Figura 7. Hidrólisis de la oleuropeína (Carbonell, 2017)

4. TÉCNICAS DE EXTRACCIÓN SÓLIDO-LÍQUIDO APLICADAS A LA RECUPERACIÓN DE POLIFENOLES

El rendimiento de una extracción sólido-líquido depende de factores como la naturaleza de la matriz de la muestra y la estructura química del compuesto extraíble, en este caso los polifenoles.

Las técnicas de extracción por lo tanto se pueden clasificar en dos grupos:

- Métodos de extracción convencionales

Se basan en el uso de un disolvente orgánico y un proceso de calentamiento para conseguir así una mejor transferencia de materia desde la muestra sólida al líquido. Una mayor afinidad de los analitos en el disolvente permitirá la separación de los compuestos fenólicos, debido a su diferencia de solubilidad.

Además, existen dos tipos de técnicas de extracción convencionales:

1. Agitación mecánica: Es el método más común de extracción sólido-líquido. Se añaden la muestra sólida y el disolvente en un recipiente, y con ayuda de un agitador mecánico y un sistema de calentamiento, comienza el proceso de extracción. A continuación, mediante un proceso de filtración se separa el extracto del refinado. Este tipo de extracción dependerá por lo tanto de factores como el tipo de disolvente, el pH del medio, la temperatura, el número de etapas llevadas a cabo y el tamaño y forma de las partículas.
2. Soxhlet: Se trata de un método de lixiviación comúnmente conocido para la extracción de grasas y aceites. Este tipo de extractor fue creado en el año 1879 por Franz Ritter Von Soxhlet

(Mondragón, ,2020). El funcionamiento de este extractor se muestra en la figura 8. El sólido molido se introduce en un cartucho. Se calienta el disolvente, que está dentro de un matraz. Los vapores producidos del disolvente ascienden por un tubo capilar y mediante un sistema de refrigeración situado en la parte superior del extractor, el disolvente comienza a condensar en pequeñas gotas, bañando progresivamente el sólido dentro del cartucho, hasta llegar a un nivel de desbordamiento. Este nivel determina el final de la etapa y en consecuencia, se vacía todo su contenido con ayuda de un sifón en el matraz del disolvente. Se repite todo este proceso hasta que la extracción del sólido se haya completado.

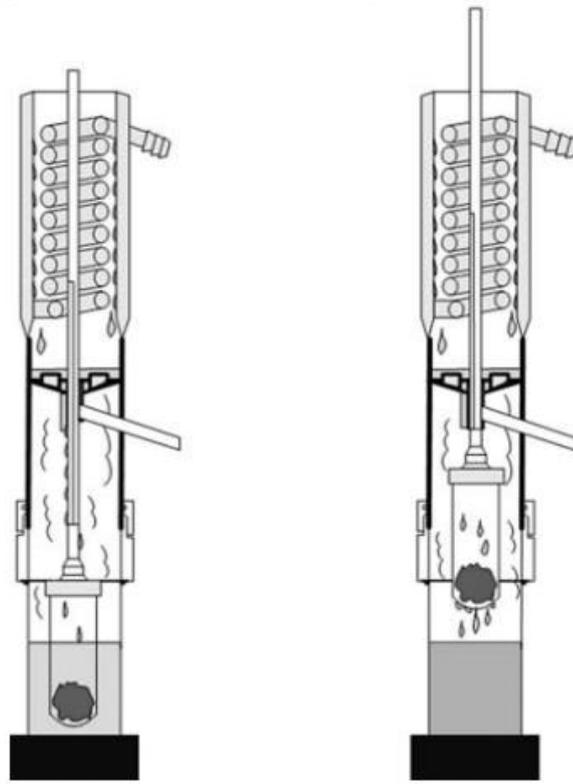


Figura 8. Esquema del funcionamiento del extractor Soxhlet (Dean, 2009)

Sin embargo, estas técnicas de extracción presentan una serie de inconvenientes, como un gran desperdicio del disolvente utilizado, un tiempo de extracción excesivamente largo, un bajo rendimiento de extracción y una baja selectividad de los compuestos extraídos. Además, trabajar a altas temperaturas implica la posibilidad de que parte de los compuestos extraídos, en este caso los fenoles, se degraden.

- Técnicas de extracción modernas

Con el objetivo de solucionar los problemas que surgen mediante el uso de técnicas convencionales, en la actualidad se está investigando el uso de extractores con tecnologías que permitan mejorar la transferencia de materia durante el proceso de extracción sólido-líquido.

Las más importantes son la extracción asistida por ultrasonidos (UAE), la extracción asistida por ultrasonidos-microondas, y la extracción a través de fluidos supercríticos (SFE) (Shahid, 2016).

- UAE (Extracción asistida de ultrasonidos)

Mediante la creación de una macroturbulencia producida por la cavitación de las burbujas, aumentan las colisiones entre moléculas, rompiéndose la estructura química y favoreciendo así a la transferencia de materia, ya que aumenta la superficie específica (Das et al., 2017).

Las ondas de alta frecuencia penetran en el disolvente y provocan un aumento de la solubilidad de los compuestos fenólicos en el líquido, aumentando en consecuencia su rendimiento.

El uso de ultrasonidos debe aplicarse entre 2 y 10 minutos, ya que un tiempo mayor implicaría un aumento excesivo de la temperatura de la muestra y por lo tanto, una posible degradación de los fenoles.

Un estudio llevado a cabo para la extracción de compuestos fenólicos del orujo de la uva (Caldas, 2019) demuestra que los mejores rendimientos de extracción al aplicar ultrasonidos se alcanzan con un tiempo de 9 minutos.

Por otra parte, en otro estudio de investigación de recuperación de fenoles (Goula, 2016), se concluyó experimentalmente que frente al rendimiento obtenido en un proceso de extracción convencional (9,57 mg GAE/ mg orujo de uva), el rendimiento de extracción con un pretratamiento de ultrasonidos es aproximadamente tres veces mayor (28 mg GAE/ mg orujo de uva).

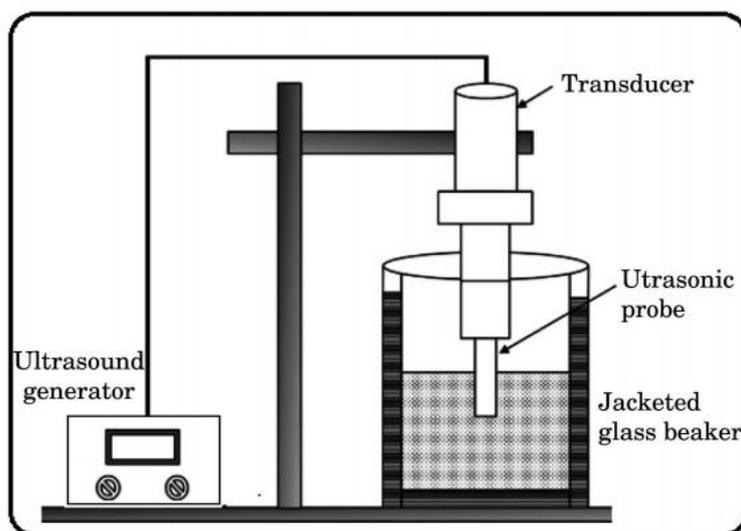


Figura 9. Esquema del funcionamiento de extracción asistida por ultrasonidos (Shahid, 2016)

- MAE (Extracción asistida por ultrasonidos-microndas)

Esta técnica consiste en el uso de radiaciones no ionizantes para la emisión de ondas electromagnéticas con una frecuencia de entre 300MHz y 300GHz. Como resultado, las ondas interactúan con la materia y provocan un calentamiento eficaz y homogéneo en el disolvente. El cambio de vibración en las moléculas se debe a la rotación dipolar y a la migración de los iones.

Así, se obtiene una extracción más rápida y además se reduce el uso de disolvente.

En algunos casos también se utiliza esta técnica como pretratamiento antes de una extracción, ya

que mejora la difusión y la transferencia de materia.

El funcionamiento se muestra en la figura 10. En un recipiente cerrado se aumenta la temperatura con ayuda de las ondas de ultrasonidos-microondas hasta llegar a la temperatura de ebullición, produciéndose así un aumento de la presión.

Este método de extracción supone un menor coste, una menor generación de residuos, y una extracción más rápida con un uso menor de disolvente.

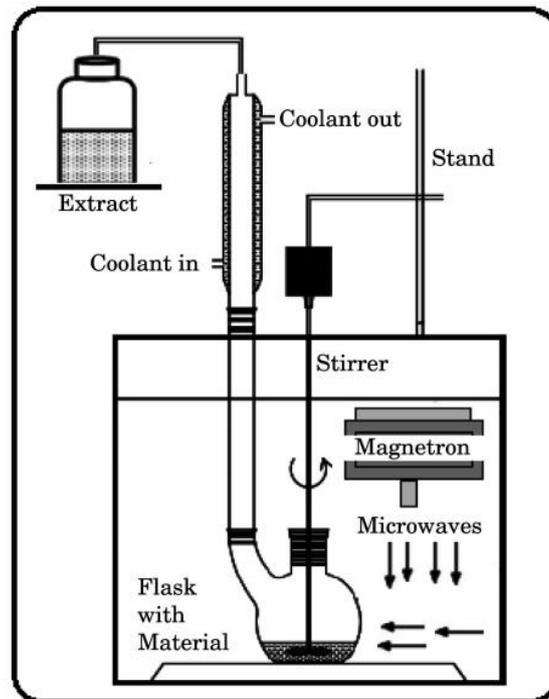


Figura 10. Esquema del funcionamiento de extracción asistida por microondas (Shahid, 2016)

- SFE (Extracción a través de fluidos supercríticos)

El uso de fluidos supercríticos en un proceso de extracción permite combinar las propiedades de un líquido (poder de extracción) y un gas (rapidez de extracción) para así cambiar sus capacidades en función de los objetivos. La presión y la temperatura se ajustan por encima del punto crítico variando la densidad del fluido.

Esta técnica permite tener una mejor selectividad a la hora de extraer fenoles, ya que aumenta la solubilidad de ciertos compuestos en concreto. Sin embargo, precisa de grandes prestaciones y equipos de alta robustez, además de la necesidad de trabajar a muy altas presiones.

Entre todos los fluidos supercríticos, el CO₂ es el más adecuado para extraer polifenoles, ya que no es ni tóxico ni inflamable.

El funcionamiento de este sistema se describe en la figura 11. Se bombea el fluido supercrítico en las condiciones de temperatura y presión deseadas hasta la celda de extracción. A continuación, el fluido se despresuriza y se recircula al punto inicial, donde se repite el proceso hasta que la extracción se haya completado.

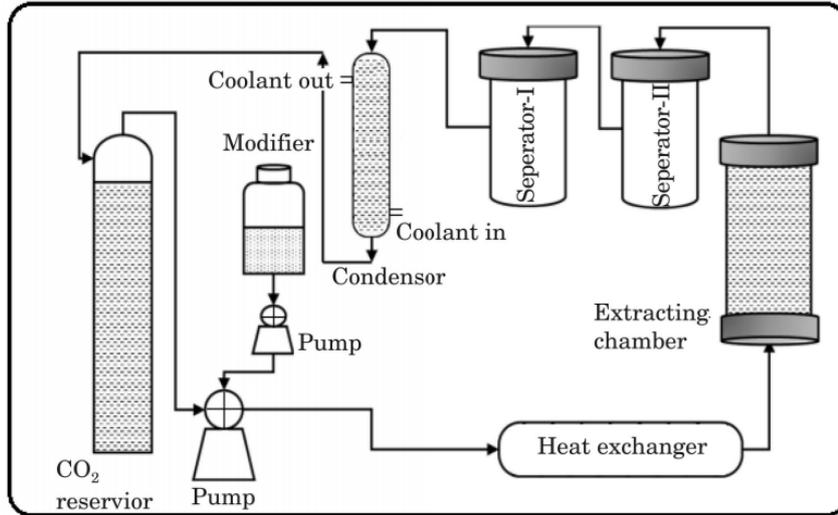


Figura 11. Esquema del funcionamiento de extracción mediante fluidos supercríticos (Shahid, 2016)

5. Legislación aplicable

Uno de los objetivos de este Trabajo Final de Grado es el diseño de una planta industrial dedicada a la recuperación de polifenoles de un subproducto generado en la producción oleícola: el alperujo. En el año 1982, debido al elevado poder contaminante del alpechín se declaró el Real Decreto 3499/81 de 4 de diciembre, con el objetivo de hacer el uso de la centrifugación de 2 fases obligatorio, para así reducir el caudal de alpechín emitido en la Cuenca del Guadalquivir. Además, se instauró la Orden de 9 de junio de 1982 por la que se dictaban normas adicionales para la aplicación de dicho Decreto.

Cada año se generan en España alrededor de 9,3 millones de toneladas de alperujo, y por lo tanto es necesaria la aplicación de una normativa vigente que promueva así la conservación del medio ambiente.

En este caso, es importante tener en cuenta la legislación aplicable a la industria agroalimentaria, y en concreto a la industria de grasas y aceites. Además, existe una normativa estatal vigente para la gestión de residuos de la industria oleícola (Emarisa, 2019)

5.1 Normativa de la industria de grasas y aceites

Este marco normativo de referencia abarca aspectos como los métodos analíticos llevados a cabo, las características exigibles o los disolventes autorizados en el proceso de extracción, entre otros.

A nivel internacional, son las normas redactadas por el Comité Oleícola Internacional (COI) las que establecen las características que determinan el tipo de orujo. El Reglamento (CEE) 2568/91, mostrado en la tabla 2, establece las características para distinguir cada tipología de aceite.

Tabla 2. Normas aplicadas en el Reglamento (CEE) 2568/91, (Emgrisa, 2019)

Nivel	Norma	Objeto
Internacional	Norma comercial aplicable a los aceites de oliva y los aceites de orujo de oliva COI/T.157NC n°3/Rev. 7	Criterios de pureza, criterios de calidad, límites máximos de contaminantes, etiquetado y métodos de análisis y muestreo.
Unión Europea	Reglamento (CEE) 2568/91 , relativo a las características de los aceites de oliva y de los aceites de orujo de oliva y sobre sus métodos de análisis.	Definición de los tipos de aceite de oliva y de aceite de orujo de oliva, así como de las características que cada tipo de aceite ha de cumplir y sus métodos de análisis.
	Reglamento Delegado (UE) 2016/2095 de la Comisión , de 26 de septiembre de 2016, que modifica el Reglamento (CEE) 2568/91, relativo a las características de los aceites de oliva y de los aceites de orujo de oliva y sobre sus métodos de análisis.	La última modificación tuvo lugar en 2016 para adaptar los límites a las normas internacionales más recientes establecidas por COI.
	Directiva 2009/32/CE del Parlamento Europeo y del Consejo , de 23 de abril de 2009, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre los disolventes de extracción utilizados en la fabricación de productos alimenticios y de sus ingredientes.	Disolventes de extracción en fabricación de productos alimenticios o de sus ingredientes.
	Directiva 2010/59/UE , de 26 de agosto de 2010, que modifica la Directiva 2009/32/CE.	
	Reglamento de Ejecución (UE) 29/2012 de la Comisión , de 13 de enero de 2012, sobre las normas de comercialización del aceite de oliva.	Normas aplicables al aceite de oliva, al aceite de orujo de oliva y a sus respectivos etiquetados.
	Reglamento Delegado (UE) 2018/1096 de la Comisión , de 22 de mayo de 2018, que modifica el Reglamento de Ejecución (UE) 29/2012 en lo que atañe a los requisitos aplicables a determinadas indicaciones del etiquetado del aceite de oliva.	Modificaciones en el etiquetado del aceite de oliva en referencia a acidez máxima y a campaña de cosecha.
Nacional	Real Decreto 1431/2003 , de 21 de noviembre, por el que se establecen determinadas medidas de comercialización en el sector de los aceites de oliva y del aceite de orujo de oliva.	El Reglamento (CE) 1019/2002 de la Comisión, de 13 de junio de 2002, sobre las normas de comercialización del aceite de oliva, (derogado por el Reglamento (UE) 29/2012 citado previamente), posibilitaba que los Estados miembros establecieran medidas complementarias.
	Orden APA/1343/2004 , de 7 de mayo, por la que se regula el registro general de determinadas industrias autorizadas para la comercialización del aceite de oliva	Desarrollo del real decreto mencionado arriba para creación del registro general de industrias autorizadas para la comercialización del aceite de oliva.
	Real Decreto 1101/2011 , de 22 de julio, por el que se aprueba la lista positiva de los disolventes de extracción que se pueden utilizar en la fabricación de productos alimenticios y de sus ingredientes.	Disolventes de extracción en fabricación de productos alimenticios o de sus ingredientes; criterios de pureza y etiquetado de los disolventes.

5.2 Normativa de la gestión actual del alperujo

Las distintas alternativas que presenta el alperujo para su aprovechamiento se muestran en el esquema de la figura 12.

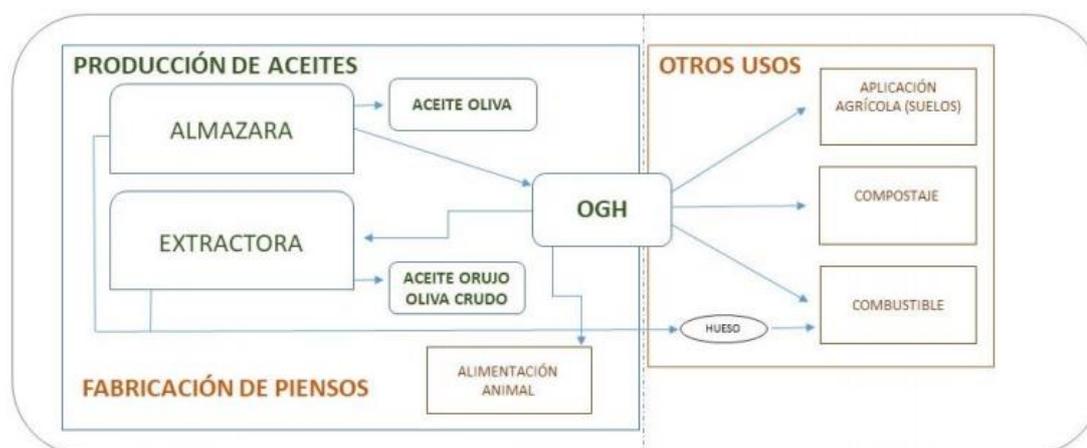


Figura 12. Alternativas de aprovechamiento del alperujo, (Emgrisa, 2019)

Como se observa en la figura 12, las almazaras que utilizan un sistema de centrifugación de 2 fases generan el orujo graso húmedo, un residuo que en las extractoras es aprovechado para obtener aceite de orujo. Por otra parte, el alperujo también puede ser utilizado para otros fines, como la alimentación animal mediante la fabricación de piensos, la enmienda de suelos o su valorización como compostaje o combustible.

En este último caso, las extractoras realizan un proceso de separación previo del hueso de la aceituna, ya que tiene un alto potencial como combustible.

A continuación se describe la legislación aplicada a cada una de las alternativas propuestas:

1. Extracción de aceite de orujo de oliva

En la Subdirección General de Cultivos Herbáceos e Industriales y Aceite de Oliva se obtuvo que las administraciones de agricultura de Italia y de Portugal no consideran actualmente el alperujo como un subproducto, ni tampoco en el caso de Grecia. No existe tampoco una norma que regule la gestión del alperujo. Solamente el Real Decreto 861/2018, de 13 de julio, cuyo objetivo es establecer la normativa básica en el sector del aceite de oliva, para así cumplir las normas impuestas por la Comisión Europea.

2. Compost a partir del orujo

En función de cada comunidad autónoma, la Ley 22/2011, de 28 de julio indicará si el alperujo es considerado como un subproducto o un residuo. En este caso, se necesitará una autorización de tratamiento de residuos. En cuanto a la aplicación del alperujo como compost, conviene mencionar el Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes, que se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Resumen del Real Decreto 506/2013, alperujo como compost, (Emgrisa, 2019)

Nº	Denominación del tipo	Informaciones sobre la forma de obtención y los componentes esenciales	Contenido mínimo y máximo (porcentaje en masa) Otros requisitos	Otras informaciones sobre la denominación del tipo o del etiquetado	Contenido en nutrientes que debe declararse y garantizarse. Formas y solubilidad de los nutrientes Otros criterios
08	Alperujo desecado	Producto procedente de almazaras con un proceso posterior de secado para reducir su fitotoxicidad	Materia orgánica total: 25%. Humedad máxima: 25%. Contenido máximo en polifenoles: 0,8%. No podrá contener impurezas ni inertes de ningún tipo tales como piedras, gravas, metales, vidrios o plásticos.	- pH. - Conductividad eléctrica. - Relación C/N. - Humedad mínima y máxima. - Tratamiento o proceso de elaboración, según la descripción indicada en la columna 3	- Materia orgánica total. - C orgánico. - N total y N orgánico (si superan el 1%). - Otras formas de N (si superan el 1%). - P ₂ O ₅ total (si supera el 1%). - K ₂ O total (si supera el 1%). - Ácidos húmicos. - Granulometría.
09	Compost alperujo.	Producto obtenido por descomposición biológica y estabilización de la materia orgánica procedente del alperujo, bajo condiciones que permitan un desarrollo de temperaturas termofílicas	Materia orgánica total: 45%. Humedad máxima: 40%. Relación C/N < 20. Contenido máximo en polifenoles: 0,8%. No podrá contener impurezas ni inertes de ningún tipo tales como piedras, gravas, metales, vidrios o plásticos.	- pH. - Conductividad eléctrica. - Relación C/N. - Humedad mínima y máxima. - Tratamiento o proceso de elaboración, según la descripción indicada en la columna 3	- Materia orgánica total. - C orgánico. - N total y N orgánico (si superan el 1%). - Otras formas de N (si superan el 1%). - P ₂ O ₅ total (si supera el 1%). - K ₂ O total (si supera el 1%). - Ácidos húmicos. - Granulometría

3. Aplicación del alperujo a suelos agrícolas

En la siguiente tabla se resumen las disposiciones normativas vigentes y aplicables a nivel autonómico.

Tabla 4. Resumen de las normativas vigentes para el uso del alperujo en la enmienda de suelos a nivel autonómico, (Emgrisa, 2019)

Nivel	Norma	Objeto
Autonómico	<p>ANDALUCÍA Decreto 4/2011, de 11 de enero, por el que se regula el régimen del uso de efluentes de extracción de almazara como fertilizante agrícola.</p> <p>Orden de 18 de febrero de 2011, por la que se regula el régimen de autorización para la utilización de los efluentes líquidos resultantes de la extracción de aceite de oliva en las almazaras, como fertilizante en suelos agrícolas en la Comunidad Autónoma de Andalucía.</p>	<p>Esta norma no regula el orujo graso húmedo.</p> <p>Como efluente el decreto define las aguas de lavado de aceitunas, las aguas de lavado de aceites y las aguas de goteo de tolvas, así queda reflejado en su artículo 2.</p> <p>Establece que el volumen de esos efluentes a aplicar en el suelo agrícola en ningún caso superará la cantidad de 50 m³/ha/año.</p> <p>Establece también otras especificaciones como áreas de exclusión para la aplicación agrícola, entre otras.</p>
	<p>CATALUÑA Decreto 198/2015, de 8 de septiembre, de gestión agrícola de los efluentes producidos en bodegas y almazaras.</p>	<p>Define el procedimiento de gestión mediante aplicación agrícola tanto de las aguas de procesado de la aceituna como del alperujo, definidos como "efluentes" de las almazaras en su artículo 2.</p> <p>En el artículo 9 se establecen las dosis máximas por año:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Para el caso de las <u>aguas del procesado de las olivas</u>, la dosis máxima permitida durante la aplicación agrícola es de 60 m³/ha/año. - La dosis de aplicación agrícola permitida para el <u>alpechín</u> se limita a 30 m³/ha/año. - La aplicación de alperujo no puede superar la dosis de 3 t/ha/año." <p>También especifica otro tipo de condiciones como distancias a respetar y características de los terrenos donde se vaya a aplicar.</p>
	<p>COMUNIDAD VALENCIANA Orden 10/2018, de 27 de febrero, de la Conselleria de Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural, sobre la utilización de materias fertilizantes nitrogenadas en las explotaciones agrarias de la Comunidad Valenciana.</p>	<p>Esta norma no regula el orujo graso húmedo.</p> <p>A los efluentes de almazara, que su artículo 2 define como "producto líquido constituido por las aguas de lavado de las aceitunas, las aguas de lavado del aceite y las aguas de goteo de las tolvas" los considera como "materia fertilizante nitrogenada".</p> <p>Establece que esos efluentes de almazara pueden usarse en los suelos agrarios, como aporte de nitrógeno y otros nutrientes, y de materia orgánica, en explotaciones agrarias situadas en esa comunidad autónoma.</p>

4. Alperujo dedicado a la creación de alimento animal

Entre todos los residuos de la producción oleícola, el alperujo es el más apropiado para destinarlo a alimentación animal, debido a su bajo contenido en fenoles y baja humedad. Además, no resultan necesarios pretratamientos.

El Reglamento (UE) 68/2013 de la Comisión, de 16 de enero de 2013, recoge la lista de materias primas para piensos. En la tabla 5 se resumen los materiales derivados de la producción oleícola considerados como materia prima para piensos.

Tabla 5. Resumen de las materias primas utilizadas para la creación de piensos según el reglamento (UE) 68/2013, (Emgrisa, 2019)

Número	Denominación	Descripción	Declaraciones obligatorias
2.11.1	Orujo de aceituna deshuesada.	Producto de la industria extractora de aceite obtenido por extracción de aceitunas prensadas <i>Olea europaea</i> L. exento en la medida de lo posible de fragmentos de hueso.	Proteína bruta Fibra bruta Grasa bruta
2.11.2	Alimento de harina de aceituna desgrasada.	Producto de la industria extractora de aceite de oliva obtenido por extracción y un tratamiento térmico adecuado de torta de presión de orujo de aceituna deshuesada exenta, en la medida de lo posible, de fragmentos de hueso. Puede contener hasta un 1 % de arcilla decolorante usada y auxiliares de filtrado (por ejemplo tierra de diatomeas, sílice y silicatos amorfos, filosilicatos y fibras celulósicas o de madera) y lecitinas brutas procedentes de instalaciones de triturado y refinado integrado.	Proteína bruta Fibra bruta
2.11.3	Harina de aceituna desgrasada.	Producto de la industria extractora de aceite de oliva obtenido por extracción y un tratamiento térmico adecuado de torta de presión de orujo de aceituna deshuesada exenta en la medida de lo posible de fragmentos de hueso.	Proteína bruta Fibra bruta

6. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

6.1 Procedimiento experimental

6.1.1 Planificación de experimentos

Antes de comenzar el desarrollo de los experimentos, se hizo una revisión bibliográfica, en la cual se concluyó que:

Debido a su alta solubilidad en compuestos orgánicos, el etanol es el disolvente más adecuado para la extracción de polifenoles. (Sygouni et al, 2019). Sin embargo, el uso de etanol puro puede provocar consecuencias como la deshidratación y desintegración de las células vegetales del residuo, lo que supone una mayor dificultad para la transmisión de los polifenoles desde el alperujo al disolvente. (Caldas et al., 2017). Por ello, y además con el objetivo de minimizar la cantidad de etanol, se plantea el estudio de la eficacia de extracción con una mezcla 50:50 (v/v) de etanol/agua como líquido extractante.

Por otra parte, la temperatura es otro parámetro de operación importante ya que teóricamente al aumentar, debería mejorar el rendimiento de la extracción. No obstante, debido a la posible degradación de los polifenoles y a la oportunidad de ahorro energético, se hará un estudio a tres temperaturas diferentes.

El tiempo se evaluará mediante la toma de muestras a lo largo del proceso. La extracción se llevará a cabo en una sola etapa, ya que se ha demostrado de forma experimental que recircular el refinado y volver a utilizar disolvente puro tiene unos rendimientos de recuperación de polifenoles muy bajos (Sygouni et al, 2019).

Pese a que la literatura afirma que un medio ácido favorece la extracción, se ha demostrado experimentalmente que solo favorece a la recuperación de carbohidratos, llegando incluso a empeorar la extracción total de polifenoles (Zagklis et al., 2015). Además, añadir ácido en el extracto puede suponer un daño en los equipos posteriores de membranas.

La relación (p/p) propuesta entre el alperujo y disolvente será de 1:10, ya que empíricamente se obtuvieron los resultados más favorables (Caldas et al., 2017). Esto se debe a que al haber un gradiente de concentraciones mayor, la transferencia de materia es mucho más eficiente.

Finalmente, pese a que el uso de técnicas de extracción modernas como la extracción asistida de ultrasonido (UAE) o la extracción asistida por microondas (UMAE) han demostrado una mejora en la extracción de polifenoles (Caldas et al., 2017), aún faltan estudios para demostrar su viabilidad económica a nivel industrial, por lo que los experimentos se desarrollarán mediante técnicas convencionales, con una agitación de 250 rpm.

Teniendo en cuenta todos estos datos, se han planteado un total de 9 experimentos: el estudio de tres concentraciones de disolvente distintas (agua pura, etanol/agua con una relación 50:50 y etanol puro), y a su vez, el análisis del efecto de la temperatura, evaluando cada propuesta de disolvente a tres temperaturas diferentes (20°C, 30°C y 40°C). Los parámetros de operación son por lo tanto la temperatura, el tiempo de extracción y el tipo de disolvente.

Debido a causas externas al proyecto, no se ha podido llevar a cabo el último experimento: etanol puro a 40°C.

Todo el procedimiento experimental se ha desarrollado en el Departamento de Ingeniería Química de la Universidad Politécnica de Valencia.

6.1.2 Descripción del proceso propuesto en el laboratorio

El procedimiento experimental se divide en tres partes:

1. Extracción sólido-líquido

Una vez establecidos los parámetros de operación, el objetivo de esta parte es la extracción de polifenoles mediante el contacto del disolvente con el alperujo. Para ello, en primer lugar, se vierten 2,8L del disolvente en el extractor (ver figura 13) y se ajustan ambas varillas agitadoras para que la velocidad de agitación sea de 250 rpm.

A continuación, se ajusta la temperatura establecida en el extractor. Al tratarse de una variable propensa a fluctuaciones, se utiliza también un baño termostático con sistema de refrigeración por recirculación. Con ayuda de una sonda, se mide la temperatura hasta que alcance un valor estable.

En ese momento, se pesan 280g de alperujo en un vaso de precipitado con la ayuda de una balanza de precisión, se vierten en el extractor y se cierra el mismo. Se pone entonces en marcha un cronómetro y para cada uno de los tiempos establecidos (5',15',30',45',60',90',120'), se toman muestras en unos tubos cónicos Falcon de 50 ml. Es importante que todos se rellenen hasta 35 ml para evitar futuras fugas en el proceso de centrifugación.

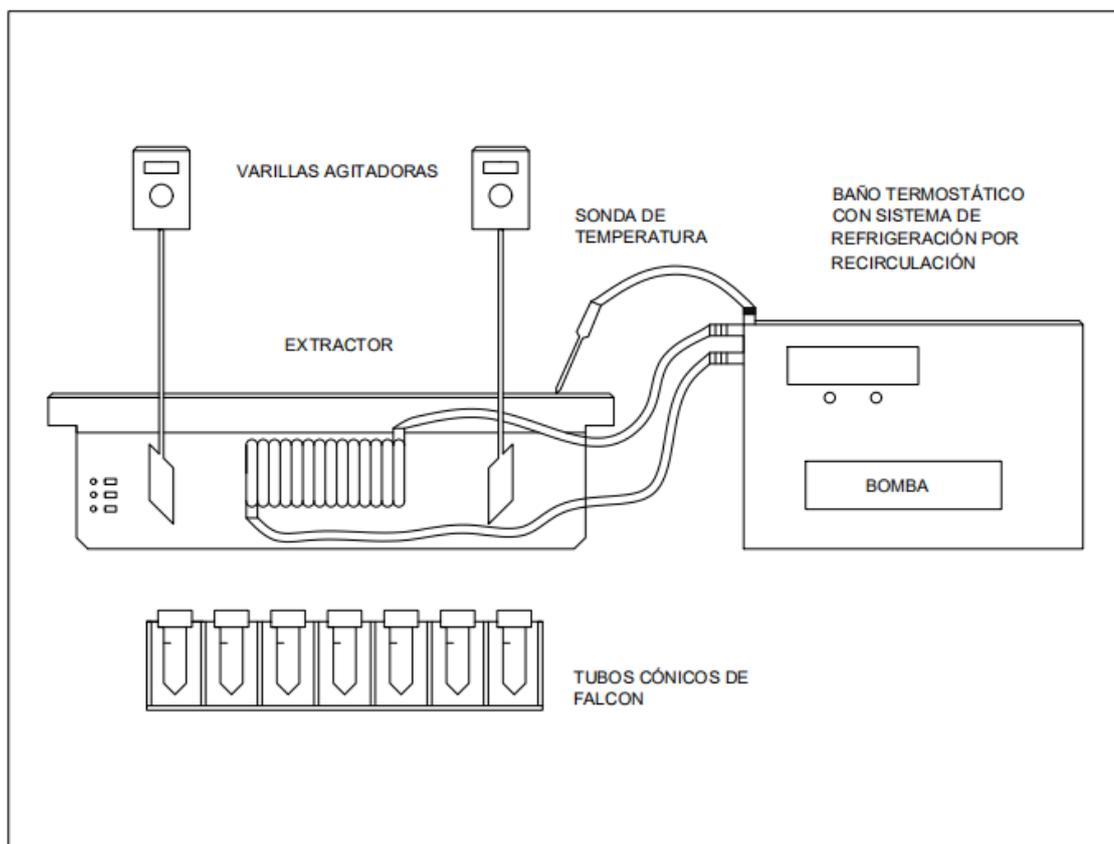


Figura 13. Montaje experimental. Fuente: Elaboración propia.

2. Centrifugación

El objetivo de la centrifugación es separar el extracto obtenido (líquido + compuestos orgánicos) de los restos del alperujo, presentes en forma de sólidos en suspensión. Para ello, con ayuda de una centrifugadora rotatoria, debido a la diferencia de densidades, la generación de una fuerza centrífuga permite la separación de la mezcla en dos fases.

En cuanto a sus especificaciones, el proceso se lleva a cabo durante 6 minutos, con una velocidad de centrifugación de 10000 rpm, a una temperatura de 25°C.

3. Acondicionamiento de las muestras para su posterior caracterización

El extracto obtenido aún tiene sólidos en suspensión que pueden interferir en la posterior medición de la absorbancia. Por ello, se utilizan unos filtros de jeringa MCE (Mixed Cellulose Ester) con un tamaño de poro de 0,45 μm , para así eliminar todas las partículas que tengan un tamaño superior o igual a este.

Con ayuda de unas pipetas de Pasteur, se rellena una jeringuilla de 10ml, y después se hace pasar el extracto por el filtro, rellenándose así su tubo de ensayo correspondiente. Este procedimiento se repite para todas las muestras obtenidas a distintos tiempos. Una vez caracterizada la muestra, se congela y se guarda para posibles experimentos futuros.

6. 2 Procedimientos analíticos

Cuando el extracto está filtrado, se inicia la caracterización de distintos parámetros que permitirán obtener el rendimiento del proceso de extracción.

6.2.1 Protocolo de caracterización de polifenoles

El cálculo del rendimiento de extracción de polifenoles se lleva a cabo mediante el método de Folin-Ciocalteu (Singleton et al., 1999). Esta técnica consiste en la reducción en medio alcalino del reactivo Folin (compuesto por una mezcla de molibdato sódico y wolframio sódico) mediante los polifenoles presentes en el extracto. El resultado de esta reacción de oxidación/reducción es un complejo de color azul formado por óxidos de molibdeno y wolframio. El mecanismo de reacción queda reflejado en la figura 14.



Figura 14. Reacción de oxidación/reducción del reactivo Folin (Diaz, 2018)

El procedimiento analítico es el siguiente:

El objetivo final es el cálculo del rendimiento de extracción de polifenoles a partir de la absorbancia medida en el espectrofotómetro.

En primer lugar, se preparan en una gradilla 14 tubos de ensayo para el análisis de cada una de las muestras a distintos tiempos por duplicado. Además, se añaden otros dos tubos más para introducir un control (del cual conocemos su concentración de tirosol) y finalmente otro tubo de ensayo para medir el blanco. Antes de comenzar a añadir los reactivos, se prepara una disolución de Na_2CO_3 al 20% (p/p) que se utilizará más adelante.

Se añaden 6,9 ml de agua destilada en cada uno de los tubos, salvo en el caso del blanco, que se añaden 7 ml. A continuación, se añaden 100 μl de cada muestra de extracto en sus tubos de ensayo correspondientes.

Posteriormente, se adicionan 500 μl de reactivo de Folin en cada uno de los tubos y se introducen en un baño de ultrasonidos a 250 mHz durante 3 minutos. Esta agitación permitirá que la mezcla sea totalmente homogénea. Por último, se añade 1 ml de la disolución de Na_2CO_3 preparada anteriormente en cada tubo, se agitan y se meten en una caja oscura durante una hora. Este último paso es muy importante realizarlo lo más rápido posible, pues una vez que el Na_2CO_3 entra en contacto con la disolución, la reacción ya ha comenzado.

A continuación, con ayuda de un espectrofotómetro, se mide la absorbancia con una longitud de onda igual a 765nm. Este parámetro es directamente proporcional a la concentración de polifenoles, y para conocer esta relación, se preparó previamente una recta de calibrado con concentraciones de tirosol conocidas. Al extrapolar los resultados, se obtuvo una recta con la siguiente ecuación:

$$[TPC](\text{mg} \cdot \text{l}^{-1} \text{tirosol eq.}) = 540.54 \cdot \text{Abs} - 16.53 \quad \text{Ecuación 1}$$
$$R = 0,99$$

Es importante tener en cuenta que las muestras obtenidas han de tener el mismo factor de dilución que las utilizadas para realizar la recta de calibrado.

El rendimiento de extracción de tirosol se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$R_p = [TPC] \cdot \frac{V_{\text{disolvente}}}{m_{\text{alperujo}}} \quad \text{Ecuación 2}$$

Siendo:

R_p : El rendimiento de extracción de tirosol, expresado en $\frac{\text{mg tirosol equivalente}}{\text{g de alperujo húmedo}}$

TPC: La concentración de tirosol, expresada en $\frac{\text{mg tirosol equivalente}}{\text{L de la disolución}}$

$V_{\text{disolvente}}$: El volumen de disolvente añadido en el proceso de extracción sólido-líquido, expresado en litros.

m_{alperujo} : Masa de alperujo húmedo, expresado en gramos.

6.2.2 Protocolo de caracterización de azúcares

Los carbohidratos solubles constituyen entre el 20 y 25% de la composición del alperujo, y el 70% están compuestos por celulosa y hemicelulosa. Este alto porcentaje de materia orgánica supone un gran problema a la hora de gestionar el residuo, ya que dificulta su biodegradación. Su cuantificación por lo tanto es de vital importancia.

Para llevar a cabo este proceso analítico, se utilizará el método de la antrona, que consiste en hacer reaccionar el extracto obtenido con una disolución de antrona en medio ácido y a alta temperatura, para que mediante una reacción de hidrólisis se obtenga un complejo azul verdoso cuya absorbancia puede ser medida a 625 nm (Adbs, 2017). En la figura 15 se explica el mecanismo de reacción.

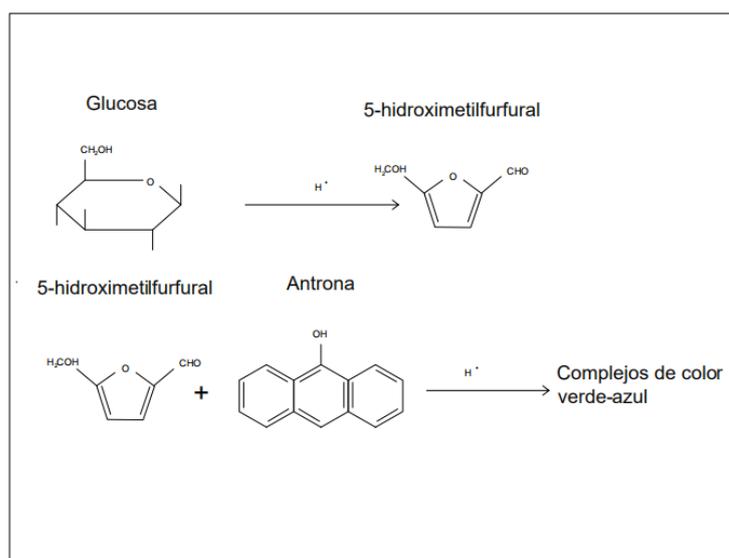


Figura 15. Reacción de hidrólisis de azúcares en medio ácido (Método Antrona). Fuente: Elaboración propia

Para este proceso de caracterización de azúcares se utilizarán 17 tubos de cristal con tapa roscada. Dos de ellos se utilizarán para un control de sacarosa y otro para la medida de absorbancia del blanco.

Antes de comenzar a añadir los reactivos, se prepara una solución de antrona 0.2% en H_2SO_4 en un matraz aforado de 50 ml, se envuelve con papel de aluminio y se guarda en frío durante 2 horas. A continuación, se prepara un baño termostático a 100 °C.

En cada uno de los tubos de ensayo se añaden 900 μ l del medio en el que se van a disolver las muestras (a excepción del blanco, que se añaden 1000 μ l), teniendo en cuenta el disolvente utilizado (agua pura, etanol/agua 50:50 o etanol puro). Seguidamente, se añaden 100 μ l de cada muestra en sus tubos correspondientes (5', 15', 30', 45', 60', 90', 120') y 100 μ l de un control de sacarosa (250 ppm) en cada uno de los dos tubos de ensayo preparados para los controles. Tanto las muestras como el control se realizan por duplicado.

Se adicionan 2ml de la disolución de antrona 0.2% que se preparó previamente, y con ayuda de un vórtex, se homogeniza cada muestra durante 10 segundos.

Se introducen las disoluciones con ayuda de una gradilla en el baño termostático a 100°C durante 14 minutos, y a continuación se enfrían en un recipiente con hielo durante 5 minutos. El resultado será una disolución de color verde-azul cuya absorbancia se medirá a 625 nm.

Al igual que los polifenoles, la concentración de azúcares es directamente proporcional a la absorbancia. Se preparó también una recta patrón a partir de concentraciones de sacarosa ya conocidas, obteniéndose la siguiente ecuación de la recta:

$$[\text{Azúcares}] (\text{mg glucosa} \cdot \text{l}^{-1}) = 107,6 \cdot \text{Abs} - 0,362 \quad \text{Ecuación 3}$$

$$R = 0,98$$

El rendimiento de extracción de azúcares se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$R_a = [\text{Azúcares}] \cdot \frac{V_{\text{disolvente}}}{m_{\text{alperujo}}} \quad \text{Ecuación 4}$$

Siendo:

R_a : El rendimiento de extracción de azúcares, expresado en $\frac{\text{mg sacarosa equivalente}}{\text{g de alperujo húmedo}}$

[Azúcares]: La concentración de sacarosa, expresada en $\frac{\text{mg sacarosa equivalente}}{\text{L de la disolución}}$

$V_{\text{disolvente}}$: El volumen de disolvente añadido en el proceso de extracción sólido-líquido, expresado en litros.

m_{alperujo} : Masa de alperujo húmedo utilizado en la extracción, expresado en gramos.

6.2.3 Análisis de color, conductividad y pH

Determinación del color

El color es una variable que indica la presencia de materia orgánica disuelta en el extracto. Para el estudio de dicho parámetro mediante un método espectroscópico se aplica la ley de Lambert-Beer (Trujillo et al., 2018), cuya ecuación es la siguiente:

$$A = \varepsilon \cdot b \cdot c \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde A es la absorbancia medida en el espectrofotómetro, c es la concentración expresada en mol/l, b es la longitud del camino óptico de la celda de poliestireno (10 mm) y ε es la absorptividad molar, un parámetro característico de cada sustancia y expresado en $\text{L} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Se llevará a cabo una medida de la absorbancia para tres longitudes de onda distintas (436 nm, 525 nm y 620 nm). El color queda determinado así para cada una de las muestras obtenidas a distintos tiempos (5', 15', 30', 45', 60', 90', 120').

Se calcula la media ponderada para las tres longitudes de onda distintas mediante la siguiente ecuación:

$$Color = \frac{A_1^2 + A_2^2 + A_3^2}{A_1 + A_2 + A_3}$$

Ecuación 6

Es importante tener en cuenta que al realizar la medida de color, la muestra ha de haber sido aislada y conservada en frío, ya que la degradación y oxidación de la misma puede provocar la aparición de productos de color pardo que dificulten la correcta medida de absorbancia en el espectrofotómetro.

Determinación de la conductividad

Cuanto mayor es la conductividad eléctrica, mayor es la concentración de iones presentes en el medio. Tiene gran importancia en el posterior proceso de nanofiltración, y además cuantifica el rechazo de la membrana a las sales. Por lo tanto, su estudio es de gran interés.

Para medir esta variable, se utilizará un conductímetro previamente calibrado con unas disoluciones tampón comerciales. El modelo utilizado en el laboratorio tiene un error de medida del 0,5% y una reproducibilidad de $\pm 0.1\%$

Se agita la muestra para que sea homogénea, se limpia el electrodo con agua osmotizada, y se introduce el mismo en la disolución hasta que quede completamente cubierto. Una vez que se haya estabilizado la medida, se retira el electrodo y se vuelve a limpiar con agua destilada para la siguiente medida.

Determinación del pH

El pH es una variable que permite conocer el estado de degradación de la muestra. Además, los compuestos antioxidantes se conservan mejor en un medio ácido.

El procedimiento experimental es muy parecido a la determinación de la conductividad. Con la ayuda de un pH-metro, cuyo error de medida es de 0.005 y una reproducibilidad de 0.001, se mide la acidez del extracto.

7. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EXPERIMENTALES

El objetivo principal es el estudio del rendimiento de extracción de polifenoles. Sin embargo, es importante caracterizar otros parámetros como el rendimiento de extracción de azúcares, la conductividad, el PH y el color. Todos los ensayos se han realizado mediante técnicas convencionales con una agitación uniforme de 250 rpm y una relación (p/p) de 1:10 de alperujo/disolvente. La evolución temporal de la extracción se ha estudiado mediante la toma de muestras a distintos tiempos (5', 15', 30', 45', 60', 90', 120').

Una vez establecidas estas condiciones de operación, se llevan a cabo 8 ensayos distintos para analizar la influencia del tipo de disolvente utilizado y la temperatura en la extracción. Como ya se ha comentado anteriormente, por motivos externos a este Trabajo Final de Grado, no se ha podido realizar el último ensayo: uso de etanol puro como disolvente a 40°C.

En las figuras 16, 17 y 18 se muestra la evolución del rendimiento de extracción de polifenoles para los distintos disolventes utilizados (agua pura, mezcla etanol/agua 50:50 y etanol puro) y para cada propuesta, se evalúa la influencia de la temperatura (20°C, 30°C, 40°C).

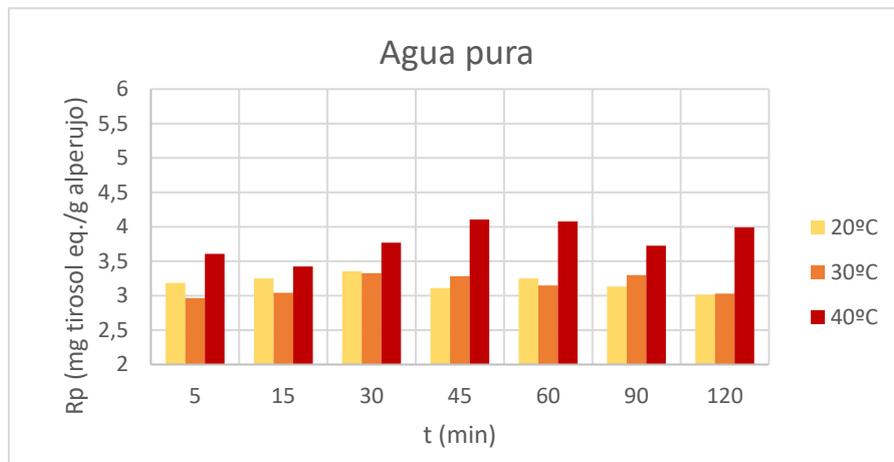


Figura 16. Rendimientos de extracción de polifenoles (mg tirosol eq./g alperujo) obtenidos utilizando agua pura como disolvente.

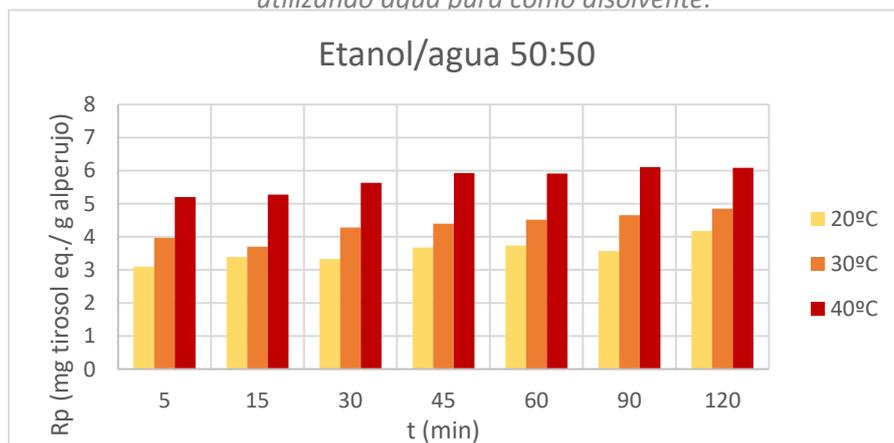


Figura 17. Rendimientos de extracción de polifenoles (mg tirosol eq./g alperujo) obtenidos utilizando una mezcla etanol/agua 50:50 (v/v) como disolvente

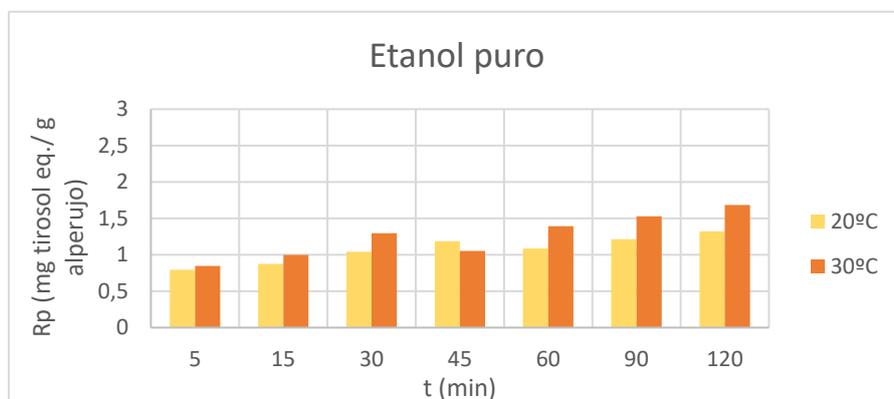


Figura 18. Rendimientos de extracción de polifenoles (mg tirosol eq./g alperujo) obtenidos utilizando etanol puro como disolvente

El mayor rendimiento de extracción de polifenoles se obtiene a los 90 minutos, con una temperatura de 40°C y utilizando una mezcla etanol/agua 50:50 (v/v) como líquido extractante, con un valor de $6.1 \frac{mg \text{ tirosol eq.}}{g \text{ alperujo}}$.

En cuanto a la concentración de disolvente, se observa que utilizar una mezcla hidroalcohólica supone un incremento de la extracción de compuestos fenólicos. Sin embargo, cuando se utiliza etanol puro, el rendimiento disminuye considerablemente.

Aunque el etanol presenta una gran afinidad con los polifenoles para su extracción, un exceso del mismo puede provocar la desintegración y la deshidratación de las células vegetales del alperujo, dificultando así su transferencia (García-Castelló et al., 2015). Por ello se utilizan mezclas de agua-etanol en vez de etanol puro como agente extractor.

Por otra parte, la temperatura también influye notablemente. Para las tres propuestas de disolvente, un incremento de esta variable supone una mejora en la recuperación de polifenoles.

Aumentar la temperatura provoca que incremente la energía cinética de las moléculas, y en consecuencia las fuerzas intermoleculares son más débiles. Esto favorece a la ruptura de la pared celular y por lo tanto, a la transferencia de materia. El calor provoca que los enlaces fenol-proteínas y fenol-polisacáridos se debiliten. (Das et al., 2017) Además, los compuestos fenólicos que están unidos por puentes de hidrógeno se pueden descomponer con ayuda de las enzimas presentes en el residuo: aumentar la temperatura facilita la activación enzimática.

Con respecto a la evolución temporal, se observa que los mejores rendimientos se obtienen alrededor de los 60 y 90 minutos de extracción. A partir de este tiempo, debido a la agitación de la mezcla y el fenómeno de oxidación, los polifenoles se degradan, y el rendimiento de extracción disminuye.

Tras realizar una revisión bibliográfica para comparar resultados experimentales con otras extracciones dedicadas a la valorización de residuos, se reafirma que una disolución 50:50 (v/v) etanol/agua y una relación 1:10 (p/p) alperujo/disolvente también son las condiciones óptimas para la extracción de polifenoles del orujo de uva (Caldas et al., 2017).

Otro estudio de extracción de polifenoles a partir del alperujo (Sygouni et al., 2019), obtuvo una relación óptima alperujo/disolvente de $\frac{20g \text{ alperujo}}{100 ml \text{ disolvente}}$. El tiempo de extracción óptimo coincide con los resultados obtenidos: a los 60 minutos, se alcanzan prácticamente los mayores rendimientos de recuperación de polifenoles. En cuanto al disolvente, mientras que con el etanol puro se obtienen $6,55 \frac{mg \text{ tirosol eq.}}{g \text{ alperujo seco}}$, una mezcla 50:50 (v/v) etanol/agua obtiene un rendimiento de $9.69 \frac{mg \text{ tirosol eq.}}{g \text{ alperujo seco}}$. Se verifica entonces que una mezcla hidroalcohólica favorece al proceso de extracción.

Las figuras 19, 20 y 21 muestran la evolución del rendimiento de extracción de azúcares para distintas concentraciones de disolvente (agua pura, mezcla etanol/agua 50:50 y etanol puro). Para cada disolvente se estudia también la influencia de la temperatura (20°C, 30°C, 40°C).

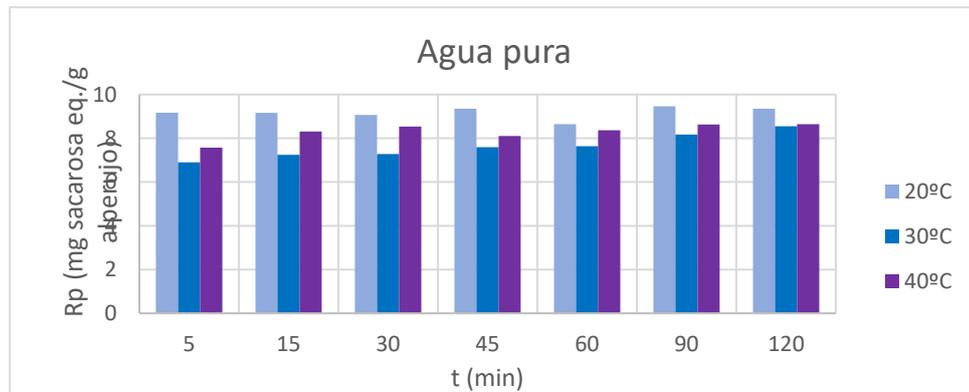


Figura 19. Rendimientos de extracción de azúcares (mg sacarosa eq./g alperujo) obtenidos utilizando etanol puro como disolvente

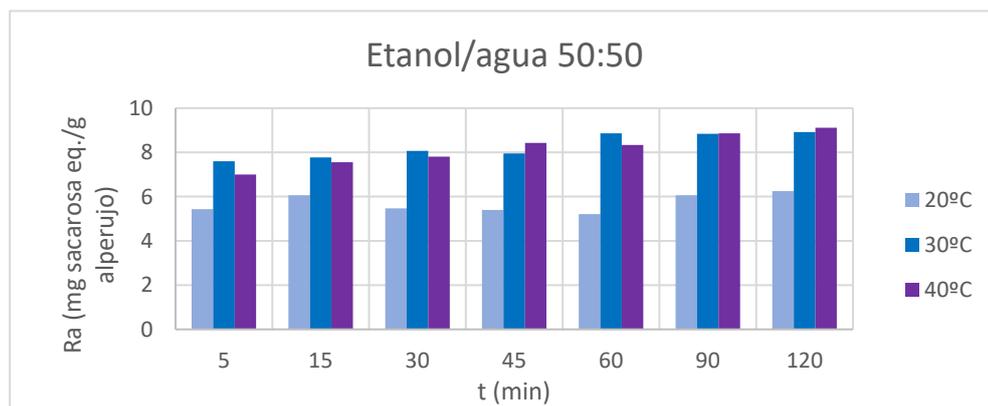


Figura 20. Rendimientos de extracción de azúcares (mg sacarosa eq./g alperujo) obtenidos utilizando una mezcla etanol /agua 50:50 como disolvente

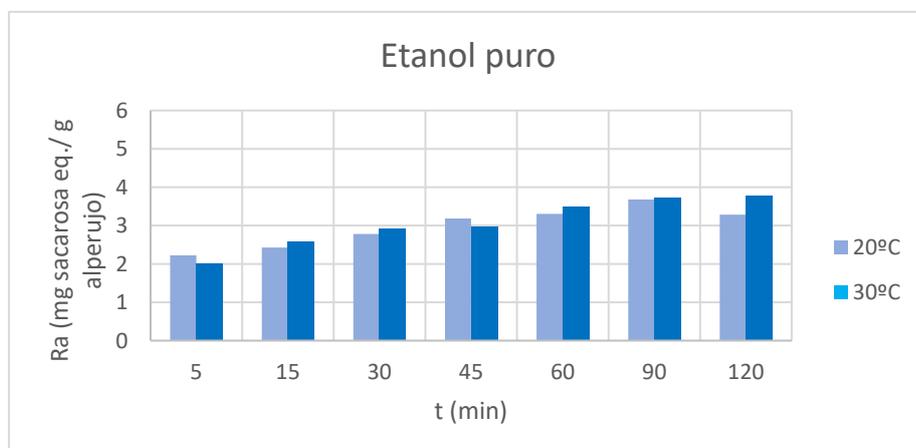


Figura 21. Rendimientos de extracción de azúcares (mg sacarosa eq./g alperujo) obtenidos utilizando etanol puro como disolvente

Experimentalmente se han obtenido unos valores de extracción de azúcares más altos para el agua pura y la mezcla etanol/agua 50:50 (v/v).

En este caso, el etanol es un disolvente con una gran afinidad para la extracción de polifenoles, pero no para los azúcares. Su bajo rendimiento se debe a factores como la naturaleza del compuesto extraído, la relación de polaridad del solvente y el grado de polimerización.

Por otra parte, en el caso del etanol puro y la mezcla etanol/agua 50:50 (v/v), se observa que un aumento de la temperatura supone un incremento en el rendimiento de recuperación de azúcares. Al igual que ocurre con los polifenoles, el aumento de temperatura provoca la ruptura de las fibras lignocelulósicas, y en consecuencia, la liberación de monómeros mediante un proceso de despolimerización.

Por lo general, la extracción de carbohidratos se estabiliza una vez pasados los 60 minutos, llegando incluso a descender ligeramente una vez pasado este tiempo en el caso del agua pura.

Al hacer una revisión bibliográfica se observa que, al igual que los resultados experimentales obtenidos, el tipo de disolvente no influye en la extracción de carbohidratos. Se obtiene prácticamente el mismo rendimiento para el agua pura que para una mezcla etanol/agua 50:50 (Sygouni et al., 2019). Además, también se concluye que la adición de HCl en el medio provoca una mejora en la extracción de azúcares.

La difusividad es un factor que también influye en la extracción de azúcares. Cuanto más poroso es el material que conforma el residuo, la transferencia de materia es mayor (Goula et al. 2016).

Otro artículo (Beres et al., 2017) estudia la extracción de carbohidratos formados por una cadena de más de 10 monómeros (fibras dietéticas) provenientes del orujo de la uva. Las condiciones óptimas para la extracción de estos compuestos son el uso de agua pura caliente como propuesta de disolvente y la presencia de un medio ácido, es decir, la adición de HCl o H₂SO₄ durante el proceso.

Se obtiene entonces la misma conclusión: el agua pura es la mejor opción de disolvente si el objetivo fuese la extracción de azúcares.

Además, el aumento de la temperatura también influye en la mejora del rendimiento de recuperación de carbohidratos.

En las figuras 22, 23 y 24 se muestra los valores de las mediciones de color obtenidas en los extractos para distintas concentraciones de disolvente (agua pura, mezcla etanol/agua 50:50 y etanol puro) y distintas temperaturas (20°C, 30°C, 40°C).

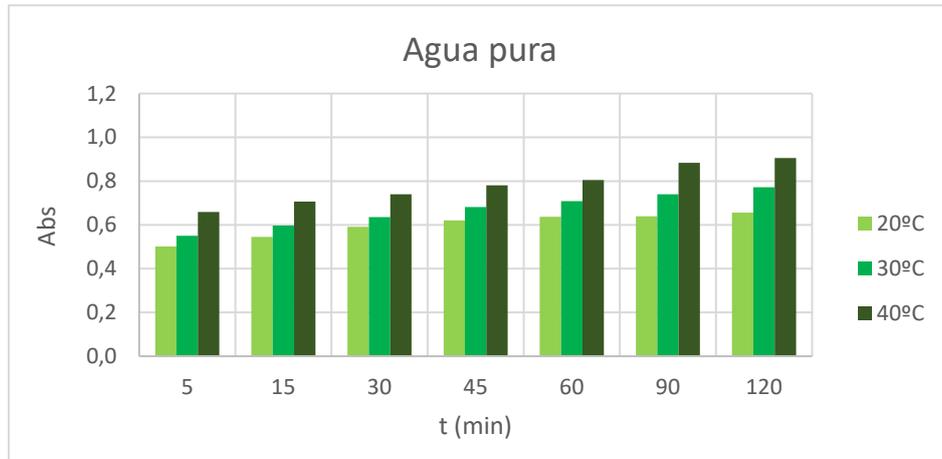


Figura 22. Valores de color obtenidos a partir de la absorbancia de extractos a distintos tiempos,

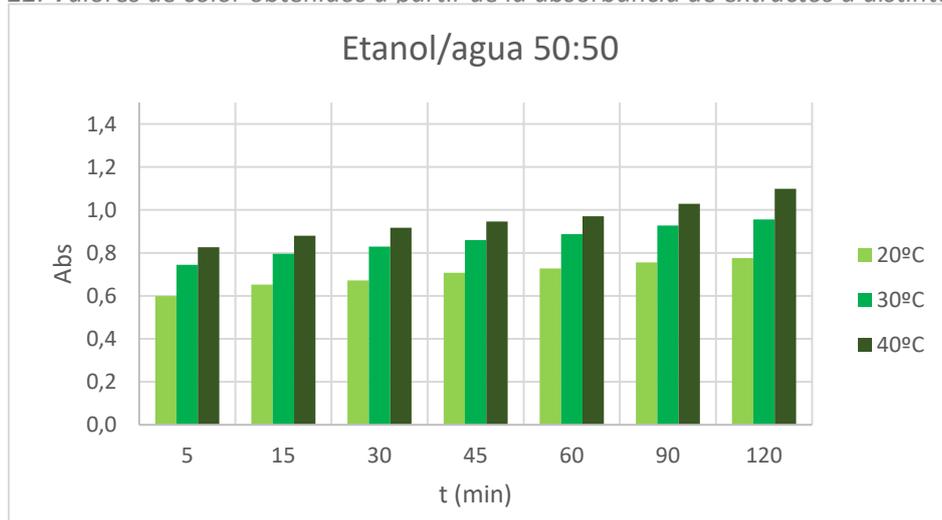


Figura 23. Valores de color obtenidos a partir de la absorbancia de extractos a distintos tiempos, utilizando una mezcla etanol/agua 50:50 como disolvente

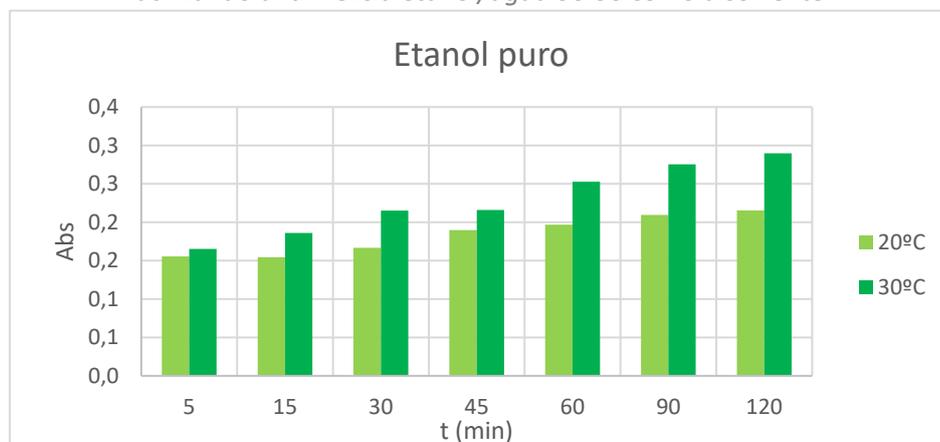


Figura 24. Valores de color obtenidos a partir de la absorbancia de extractos a distintos tiempos, utilizando etanol puro como disolvente

Para las tres propuestas de disolvente, se observa que conforme aumenta el tiempo, el valor de absorbancia obtenido también aumenta, ya que se van extrayendo más compuestos que aportan color al extracto.

Con respecto al disolvente, se aprecia una gran disminución del color cuando aumenta la proporción de etanol. Esto se debe a que el etanol diluye los compuestos colorantes que forman el extracto. Además, el uso de agua pura como disolvente incrementa la extracción de pigmentos que dan color a la mezcla. El uso de agua pura como disolvente provoca que el extracto obtenido tenga un color marrón oscuro. Por el contrario, en el caso del uso de etanol como líquido extractante, se obtiene un extracto de un color más claro, con una tonalidad amarillenta, y una absorbancia bastante menor.

Es importante tener en cuenta que debido a la constante agitación a la que está expuesto el proceso de extracción, se producen reacciones de oxidación y degradación, formándose productos de color pardo que interfieren en la correcta medida de la absorbancia.

En el caso de la oxidación, la enzima que cataliza esta reacción es la polifenol-oxidasa. Su activación provoca que unos compuestos altamente reactivos, denominados quinonas, generen unos polímeros marrones o negros que empeoran gravemente la calidad del extracto. A este proceso se le denomina 'pardeamiento enzimático' (Gasull et al., 2006).

Un incremento en la temperatura provoca también un aumento del color. Esto es debido a que el rendimiento de extracción aumenta, y por lo tanto también aumenta la cantidad de compuestos extraídos que dan color a la mezcla. Además, el incremento de la temperatura también favorece a reacciones como la oxidación de la materia orgánica.

El valor de la conductividad en los distintos extractos obtenidos también se evaluó para las distintas opciones de disolvente (agua pura, mezcla etanol/agua 50:50 y etanol puro) y distintas temperaturas (20°C, 30°C, 40°C).

Los datos experimentales obtenidos quedan reflejados en las figuras 25, 26 y 27:

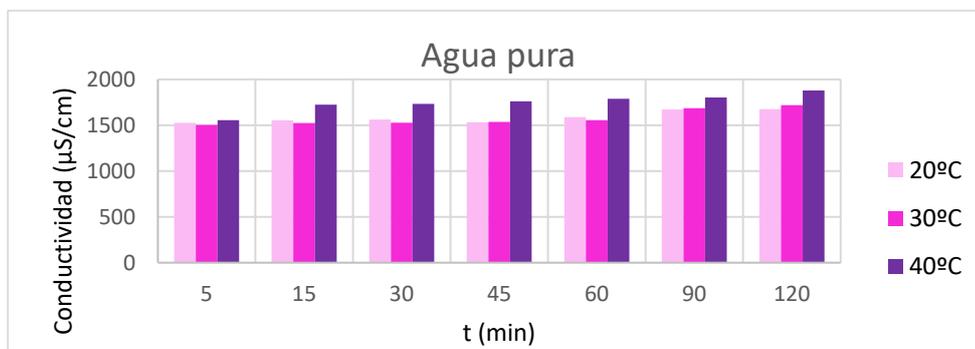


Figura 25. Valores de conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) obtenidos utilizando agua pura como disolvente

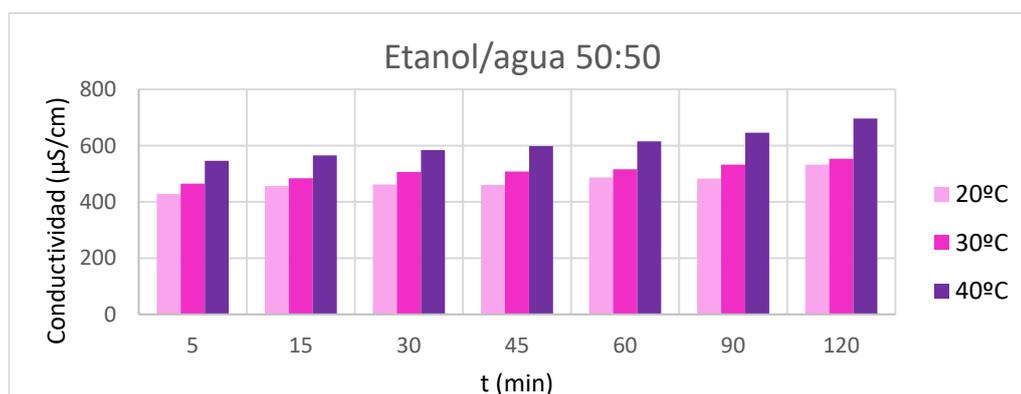


Figura 26. Valores de conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) obtenidos utilizando una mezcla etanol/agua 50:50 como disolvente

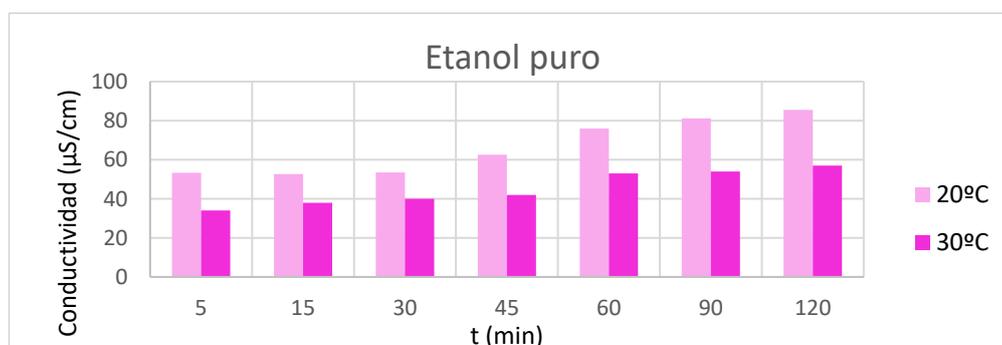


Figura 27. Valores de conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) obtenidos utilizando etanol puro como disolvente

Como ya se ha comentado anteriormente, la conductividad eléctrica es un parámetro que determina la cantidad de iones que hay presentes en el extracto.

Como se observa en las figuras anteriores, los mayores valores de conductividad se obtienen para el uso de agua pura como disolvente. Esto se debe a que el agua puede presentar cloruros y otra gran variedad de sales disueltas.

Por el contrario, al utilizar etanol puro como líquido extractante, los iones extraídos (Na^{2+} , Ca^{2+} , K^+ y Mg^{2+}) se diluyen, y la conductividad disminuye considerablemente.

El etanol utilizado tiene una pureza del 96%, por lo tanto la presencia de iones y sales disueltas es prácticamente nula.

Además, se observa un aumento de la conductividad eléctrica conforme aumenta el tiempo de extracción, ya que cada vez se va extrayendo una mayor cantidad de compuestos. Alrededor de los 60 minutos, se alcanza un equilibrio del potencial eléctrico y la conductividad se estabiliza.

Es lógico entonces que el mayor valor de conductividad se obtenga con agua pura ($1879 \mu\text{S}/\text{cm}$), mientras que el menor valor corresponda al uso de etanol puro como disolvente ($57 \mu\text{S}/\text{cm}$).

En el caso de la temperatura, para la mezcla etanol/agua 50:50 (v/v) sí supone un factor a tener en cuenta. Sin embargo, al utilizar agua pura como disolvente, el incremento de la temperatura no implica un gran cambio en los valores de conductividad eléctrica obtenidos.

Finalmente, el parámetro del pH también se evaluó a distintas temperaturas (20°C, 30°C y 40°C) y con distintas proporciones de disolvente (agua pura, mezcla etanol/agua 50:50 y etanol puro). Los datos experimentales obtenidos se resumen en las figuras 28, 29 y 30.

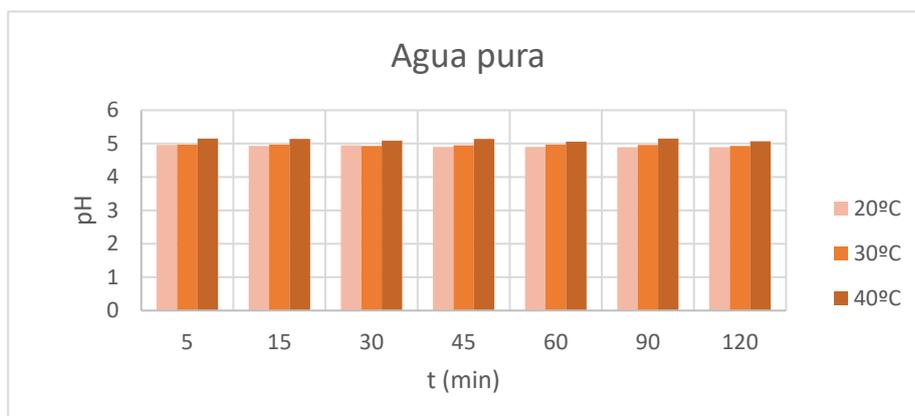


Figura 28. Valores de pH obtenidos utilizando agua pura como disolvente

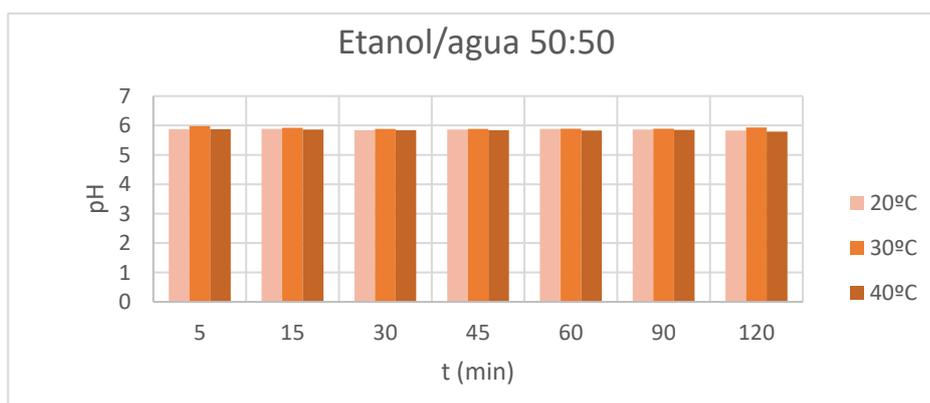


Figura 29. Valores pH obtenidos utilizando una mezcla etanol/agua 50:50 como disolvente

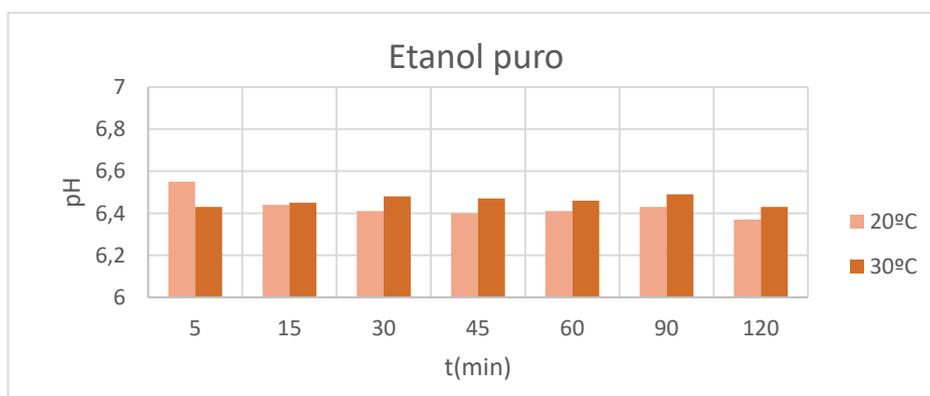


Figura 30. Valores de pH obtenidos utilizando etanol puro como disolvente

El pH es un parámetro muy importante, ya que teóricamente un medio ácido ayuda al proceso de hidrólisis y la estabilización de los compuestos fenólicos (Sygouni et al., 2019). Los polifenoles son estables en un medio ácido, mientras que en un medio básico, las estructuras hidrogenadas son más estables (Das et al., 2017).

Experimentalmente se observa que al aumentar la cantidad de etanol, el valor del pH aumenta, y en consecuencia disminuye su acidez. Esto se debe a que el etanol es un disolvente con un carácter neutro, y por lo tanto un aumento de su concentración en el extracto provoca que el pH de la mezcla tienda a un valor cercano a 7.

Por lo general, la temperatura no tiene un efecto notable en el pH, ya que los valores son prácticamente iguales para las tres temperaturas estudiadas.

Tampoco influye en gran medida el tiempo de contacto, a excepción de los valores iniciales obtenidos con el etanol puro: el pH obtenido es ligeramente más alcalino porque la disolución no es completamente homogénea al inicio del proceso de extracción.

Tras realizar una revisión bibliográfica, se confirma que un aumento de la proporción de etanol en el disolvente implica un aumento del valor del pH (Rabelo et al., 2016).

Por otra parte, una serie de experimentos llevados a cabo en la Universidad de Patras (Zagklis et al., 2015) reafirman que la adición del 1% de HCl en el proceso de extracción mejora considerablemente el rendimiento de recuperación de polifenoles. Sin embargo, debido a que la posterior separación de los polifenoles necesita pasar por un proceso de filtrado por membranas, es aconsejable evitar la adición de cualquier tipo de ácido, ya que para proteger la membrana haría falta un tratamiento previo de neutralización

7.1 Conclusiones experimentales

El objetivo principal del trabajo experimental es analizar los distintos parámetros que determinan la calidad del extracto y en base a ello, escoger las mejores condiciones de operación: temperatura, tipo de disolvente y tiempo de contacto.

La selección de las mejores condiciones se justifica en función de los resultados experimentales obtenidos para las siguientes variables:

- El rendimiento de **extracción de polifenoles** es el parámetro más importante. Una temperatura alta ayuda a la ruptura de la pared celular y mejora la transferencia de materia. Por otra parte, el uso de una mezcla hidroalcohólica mejora el rendimiento de extracción, ya que el agua es un disolvente polar y mejora su solubilidad. Experimentalmente, se ha obtenido una mayor recuperación de fenoles a 40°C y utilizando una mezcla agua/etanol 50:50 (v/v) como disolvente, extrayendo un total de $6,1 \frac{mg \text{ tirosol eq.}}{g \text{ alperujo}}$.

Sin embargo, con el fin de ahorrar energía en la agitación y el calentamiento, se concluye

que un tiempo de extracción de 45 minutos es suficiente, ya que se obtienen **5.93 $\frac{mg \text{ tirosol eq.}}{g \text{ alperujo}}$**

- En cuanto a la **extracción de azúcares**, se ha concluido que el etanol no es un disolvente con gran afinidad para extraer carbohidratos. De hecho, los mayores rendimientos de extracción se obtienen con agua pura. Además, un aumento de la temperatura supone una mejora en la extracción de azúcares. Por lo general, a partir de los 60 minutos la concentración de carbohidratos se mantiene constante.
- El **color** es un indicador de la cantidad de compuestos extraídos. Los datos experimentales reafirman que un aumento del tiempo de extracción y de la temperatura provocan un aumento de la absorbancia medida, es decir, un aumento de color.
- La **conductividad eléctrica** determina la cantidad de iones disueltos en el extracto. Experimentalmente, este valor también aumenta conforme se incrementa el tiempo de extracción y la temperatura.
- Finalmente, el **pH** se ha mantenido prácticamente constante a lo largo de todo el proceso. La temperatura se ha comprobado que tampoco influye en el valor de la acidez. Sin embargo, sería interesante realizar estudios futuros en los que se trabaje en un medio ácido, ya que teóricamente la presencia de ácido en el extracto favorece a la reacción de hidrólisis y en consecuencia, debería mejorar el rendimiento de extracción de polifenoles.

Por lo tanto, basándose en los resultados experimentales obtenidos, las mejores condiciones de operación son las siguientes: una temperatura de 40°C, el uso de una mezcla etanol/agua 50:50 (v/v) como disolvente y un tiempo de extracción de 45 minutos. Los valores obtenidos para cada una de las variables en estas condiciones se indican en la tabla 6:

Tabla 6. Valores experimentales obtenidos para las condiciones de operación óptimas

Rendimiento de extracción de polifenoles (mg tirosol eq./ g alperujo)	5,93
Rendimiento de extracción de azúcares (mg sacarosa eq./ g alperujo)	8,43
Color	0,946
Conductividad ($\mu\text{S/cm}$)	598
pH	5,84

Por otra parte, existen una serie de características que no se han analizado experimentalmente pero que tienen gran influencia en el proceso de extracción. Tras realizar un estudio de la bibliografía se puede concluir lo siguiente:

Es el caso por ejemplo de la **relación alperujo/disolvente**, un ratio de 1:10 produce los mejores rendimientos de extracción de polifenoles. (Caldas et al., 2017)

La **agitación** también es un parámetro a tener en cuenta, ya que una velocidad insuficiente

provoca que la mezcla no sea homogénea, pero una velocidad de agitación excesiva favorece a las reacciones de oxidación y degradación de fenoles (Sygouni et al., 2019).

La **DQO** también sería interesante analizarla, ya que mide la cantidad de materia orgánica presente en el extracto. Como el disolvente diluye la materia orgánica, un aumento del líquido extractante implicará una menor DQO. Sin embargo, al utilizar un disolvente orgánico como es el etanol, su cuantificación no es viable.

Finalmente, el uso de **técnicas de extracción modernas** también ha demostrado una mejora en los rendimientos de extracción. En concreto, la extracción asistida de ultrasonido (UAE) ayuda a la ruptura de pared celular, aumentando la superficie de contacto y mejorando así la transferencia de materia. Además, en este proceso se produce una implosión de pequeñas burbujas de cavitación, generando una macroturbulencia que acelera el proceso de difusión interna de los compuestos en el disolvente (Das et al., 2017).

8. DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN DEDICADA A LA EXTRACCIÓN DE POLIFENOLES

8.1 Localización

Uno de los objetivos de este TFG es el análisis del extracto obtenido en un proceso de extracción sólido-líquido a partir del alperujo, para así obtener un mayor rendimiento de recuperación de polifenoles, y finalmente diseñar una instalación dedicada a la extracción de dichos compuestos. El alperujo que se ha utilizado en el desarrollo experimental del laboratorio se obtuvo de la Cooperativa Agrícola San Isidro Labrador, ubicada en la Avenida de España, 121 12400 en Segorbe.

Esta almazara oleícola se caracteriza por utilizar aceituna autóctona y serrana de Espadán.

El producto final, el aceite de oliva virgen extra monovarietal Segorbe Nostrum, se elabora mediante un proceso de centrifugación de dos fases, en frío y mediante procedimientos mecánicos.

La Cooperativa Agrícola San Isidro Labrador también cuenta con una gran variedad de certificados, como por ejemplo el Certificado por el Consejo Regulador de la Denominación de Origen Aceite de la Comunidad Valenciana, además de tener un gran prestigio a nivel internacional (Segorbe, 2020).

Es una empresa que destaca también por su minucioso control de calidad, tanto por la caracterización de las propiedades organolépticas como las analíticas, para asegurar así el cumplimiento de la normativa vigente.

8.2 Descripción del funcionamiento de la planta y seguridad industrial aplicada al diseño

En el apartado 3 de 'Introducción y antecedentes' de este Trabajo Final de Grado ya se explicó el proceso de elaboración de aceite de oliva mediante centrifugación de dos fases. En el diagrama de bloques de la figura 31 se resume dicho proceso. Además, marcado en rojo se muestra la propuesta de ampliación del proceso productivo, en la que el alperujo generado durante la centrifugación de dos fases (R4), es utilizado para la extracción de polifenoles.

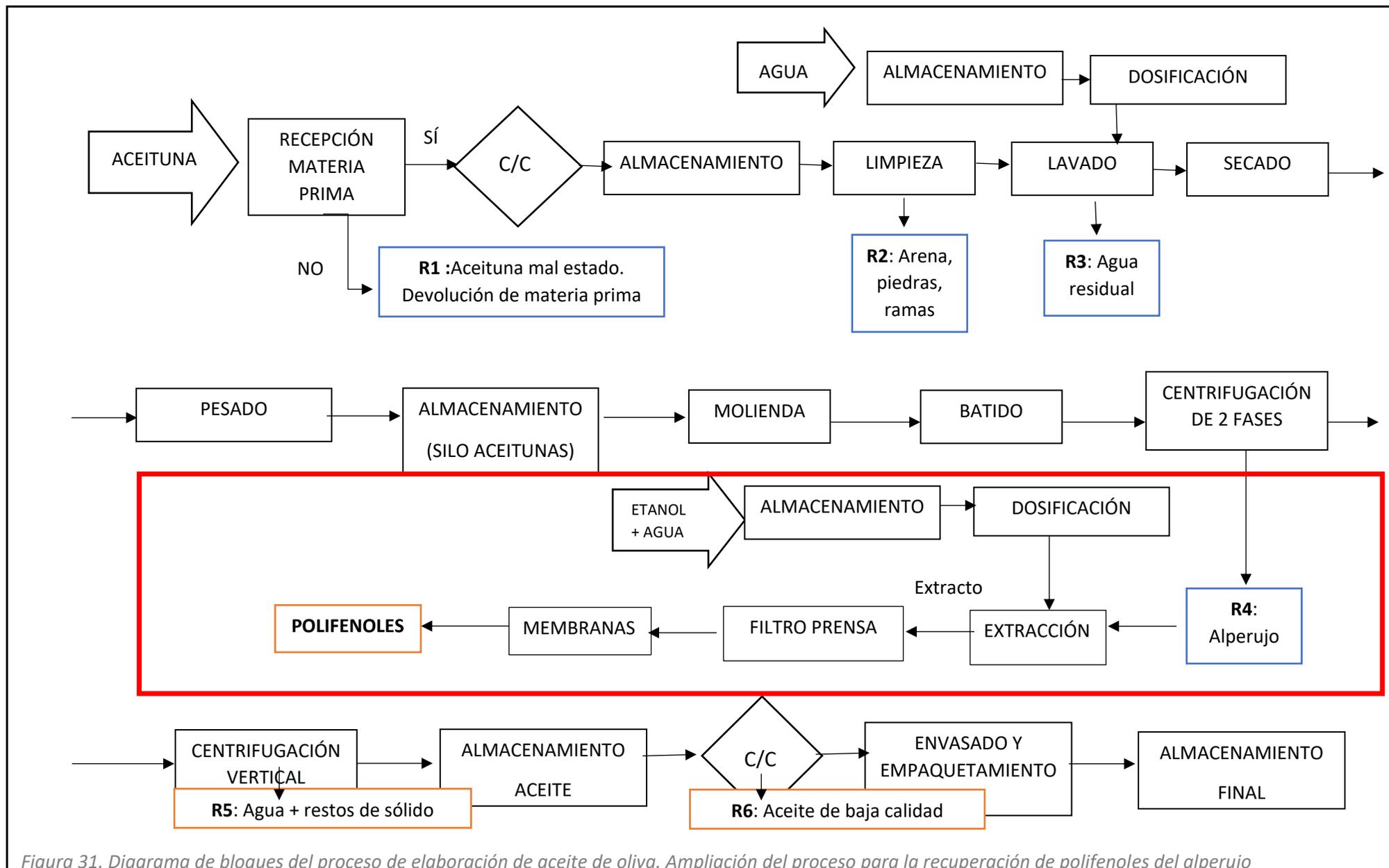


Figura 31. Diagrama de bloques del proceso de elaboración de aceite de oliva. Ampliación del proceso para la recuperación de polifenoles del alperujo

Aunque este trabajo solo se centra en estudiar el proceso de extracción sólido-líquido, es conveniente también explicar el funcionamiento completo de la planta, desde que se dosifica el alperujo hasta que se lleva a cabo la separación final de los polifenoles del disolvente. El diagrama de flujo de dicho proceso se muestra en la figura 32.

En primer lugar, el residuo generado en el proceso de centrifugación de dos fases es almacenado en el depósito T3. El disolvente que se utiliza en el proceso de extracción es una mezcla etanol agua 50:50 (v/v), ambos almacenados también en dos tanques distintos (T1 y T2), para su posterior dosificación. El extractor (4) es de tipo discontinuo. Cuando comienza el proceso de extracción, se abre la válvula de compuerta VC-1 y con ayuda de una cinta transportadora, el alperujo se deposita dentro del extractor. A continuación, se abren las válvulas de regulación (VR-1 y VR-2) y se dosifica el disolvente. Además, para asegurar que todo el proceso se realiza de forma homogénea, se utiliza un agitador industrial (M3). Para separar el extracto del refinado, se utiliza un filtro tras el proceso de extracción (5).

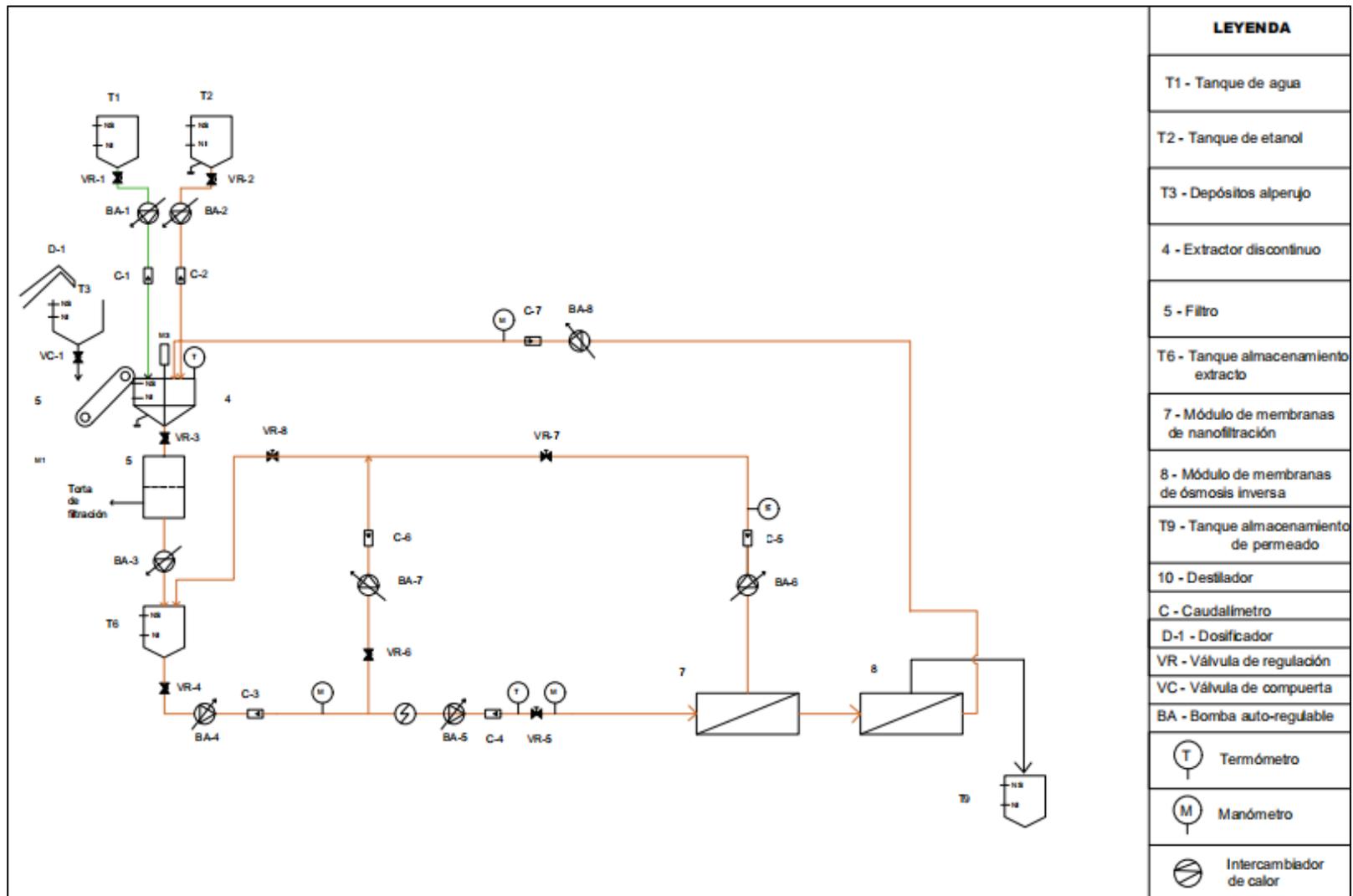
El extracto obtenido durante el proceso se almacena en un depósito pulmón T6. Al igual que el resto de tanques, cuenta con dos sensores que indican los valores límite del nivel de llenado del depósito: NS para el límite superior y NI para el límite inferior. De esta forma, si el nivel supera el sensor NS, se detendrá la alimentación para así evitar desbordamientos. Por otra parte, si el nivel de llenado es inferior a NI, el caudal que circula por las tuberías será menor que el de diseño, y existe riesgo de que la bomba cavite.

Además, en todos los depósitos menos en el tanque de agua, se conectan una toma de tierra, ya que como se observa en la ficha de seguridad en los anexos, el etanol es un compuesto inflamable, y por lo tanto la propia convección del fluido con las paredes del depósito puede provocar la aparición de cargas electrostáticas, y en consecuencia, haber un riesgo de explosión.

Después del proceso de extracción sólido-líquido, existen diversas posibilidades para separar y concentrar los polifenoles. En este caso, se ha propuesto el siguiente proceso de tratamiento con membranas (Jimeno, 2019):

Se utiliza una configuración en batch con recirculación cerrada, es decir, la presión de la corriente previa a la entrada del módulo de membranas viene dada por dos bombas: la primera (BA-4) aporta la presión de diseño establecida, y la segunda (BA-5) aporta la pérdida de presión producida en el proceso de membranas posterior. Antes de pasar por el módulo de membranas, se utiliza un intercambiador de calor para ajustar la temperatura. Además, se instala un manómetro, un termómetro y un caudalímetro que permitirán al operario conocer las condiciones de operación.

La primera etapa consiste en un proceso de nanofiltración (7) que permite la separación de compuestos orgánicos de tamaño medio. A continuación, mediante un proceso de ósmosis inversa (8) se concentran los polifenoles, que se almacenan en el tanque T9. Finalmente, la corriente de permeado, compuesta por una mezcla de etanol y agua, se recircula al extractor sólido-líquido para reutilizar parte del disolvente.



Figuras 32. Diagrama de flujo del proceso dedicado a la extracción, separación y concentración de polifenoles

8.3 Diseño del extractor discontinuo

8.3.1 Condiciones de operación seleccionadas

En base al trabajo experimental llevado a cabo en el laboratorio, se obtuvieron que las mejores condiciones de operación estudiadas en el proceso de extracción sólido-líquido son las que se indican en la tabla 7:

Tabla 7. Parámetros de operación seleccionados para el diseño industrial de la planta

Tª (°C)	40
Ratio Etanol/agua (v/v)	50/50
Tiempo de extracción (min)	45

Para el control de la temperatura se instalará un controlador PID industrial, que permitirá la monitorización in situ de dicha variable. Mediante la aplicación de un lazo cerrado, se corrigen las perturbaciones que pueden aparecer durante el proceso de extracción, corrigiendo de forma automática las desviaciones en la temperatura.

Para controlar también el nivel dentro del extractor, se instalan dos sensores de nivel, uno inferior y otro superior de seguridad, para evitar así posibles desbordamientos.

Se ha demostrado además que la concentración de disolvente que presenta mejores resultados es una mezcla 50/50 (v/v) de etanol/agua. Ambos productos estarán almacenados en dos depósitos distintos, para su posterior dosificación en el extractor.

En cuanto al tiempo de extracción, en base a la máxima recuperación de polifenoles y teniendo en cuenta un posible ahorro energético, se ha determinado que 45 minutos es suficiente para alcanzar el máximo rendimiento de extracción

Además, existen otras variables que se han mantenido constantes a lo largo del procedimiento experimental y que también se aplicarán en el diseño industrial, como por ejemplo una relación alperujo/disolvente de 1:10 y la velocidad de agitación de 250 rpm, para asegurar una correcta homogeneidad de la mezcla durante el proceso de extracción.

8.4 Dimensionamiento de la planta de extracción

8.4.1 Depósitos

Antes de establecer el volumen necesario para cada uno de los depósitos, se ha tenido en cuenta que el caudal de alperujo producido en la almazara de San Isidro es de $9,856 \frac{m^3 \text{alperujo}}{\text{día} \cdot \text{almazara}}$

La relación seleccionada de alperujo/disolvente es de 1:10, y por lo tanto el valor del caudal de disolvente necesario cada día es el siguiente:

$$M_{disolvente} = 8772 \frac{\text{kg alperujo}}{\text{día} \cdot \text{almazara}} \cdot \frac{0.355 \text{ kg sólido}}{\text{kg alperujo húmedo}} \cdot \frac{10 \text{ kg disolvente}}{1 \text{ kg alperujo}}$$

$$= 31.140,6 \frac{\text{kg disolvente}}{\text{día} \cdot \text{almazara}}$$

$$Q_{etanol} = 31.140,6 \frac{\text{kg disolvente}}{\text{día} \cdot \text{almazara}} \cdot \frac{0,5 \text{ kg etanol}}{\text{kg disolvente}} \cdot \frac{\text{m}^3 \text{ etanol}}{798 \text{ kg etanol}}$$

$$= 19,734 \frac{\text{m}^3 \text{ etanol}}{\text{día} \cdot \text{almazara}}$$

$$Q_{agua} = 31.140,6 \frac{\text{kg disolvente}}{\text{día} \cdot \text{almazara}} \cdot \frac{0,5 \text{ kg agua}}{\text{kg disolvente}} \cdot \frac{\text{m}^3 \text{ etanol}}{1000 \text{ kg etanol}}$$

$$= 15,570 \frac{\text{m}^3 \text{ agua}}{\text{día} \cdot \text{almazara}}$$

Para el cálculo del volumen necesario en el extractor, se tiene en cuenta que cada día de trabajo cuenta con 8 horas laborales, y que durante este tiempo se llevarán 4 extracciones diarias, es decir, cada 2 horas, el extractor operará durante 45 minutos.

Por lo tanto, el volumen necesario del extractor es el siguiente:

$$V_{extractor} = \frac{Q_{alperujo} + Q_{etanol} + Q_{agua}}{\frac{N_{extracciones}}{\text{día}}}$$

$$= \frac{9,856 \frac{\text{m}^3 \text{ alperujo}}{\text{día} \cdot \text{almazara}} + 19,734 \frac{\text{m}^3 \text{ etanol}}{\text{día} \cdot \text{almazara}} + 15,570 \frac{\text{m}^3 \text{ agua}}{\text{día} \cdot \text{almazara}}}{4 \frac{\text{extracciones}}{\text{día}}}$$

$$= 11,29 \frac{\text{m}^3}{\text{extracción} \cdot \text{almazara}}$$

Tras el proceso de extracción sólido-líquido, se pasa la mezcla por un filtro prensa para separar el extracto y el refinado. A continuación, se transporta el extracto a un tanque de almacenamiento, que servirá como depósito pulmón, es decir, se utilizará para alimentar el posterior proceso de separación por membranas y así poder dejar vacío el extractor para la siguiente extracción.

Este depósito pulmón tiene el mismo volumen que el extractor:

$$V_{\text{depósito_pulmón}} = 11,29 \frac{m^3}{\text{extracción} \cdot \text{almazara}}$$

En cuanto al volumen necesario para el depósito de alperujo, como se llevan a cabo 4 extracciones diarias:

$$V_{\text{alperujo}} = \frac{9,856 \frac{m^3 \text{alperujo}}{\text{día}}}{4 \frac{\text{extracciones}}{\text{día}}} = 2,46 \frac{m^3 \text{alperujo}}{\text{extracción}}$$

Los depósitos de etanol y agua se rellenan cada día al comenzar el proceso productivo, y por lo tanto, su valor coincide con el calculado previamente. En el caso del depósito de alperujo, se rellena antes de comenzar cada una de las extracciones.

Sin embargo, estos valores de volumen no son los definitivos. Para evitar riesgos de sobrepresión debido a fluctuaciones o valores pico, se establece un máximo de ocupación en cada depósito del 80%:

$$V_{\text{real}} = \frac{V_{\text{teórico}}}{0,8} \quad \text{Ecuación 7}$$

Tabla 8. Dimensionamiento de tanques

	V teórico (m ³)	V real (m ³)	V seleccionado (m ³)
Depósito agua (D1)	15,57	19,46	20
Depósito etanol (D2)	19,73	24,66	25
Cubeta almacenamiento alperujo (D3)	2,464	3,08	5
Extractor (D4)	11,29	14,11	15
Depósito pulmón (D5)	11,29	14,11	15

A excepción del depósito de agua, que no requiere unas altas prestaciones, el resto de tanques se han escogido de la gama de productos proporcionada por la casa de comercio Inoxidubra. Las características técnicas de cada uno de los depósitos quedan recogidas en el anexo.

Al ser de acero inoxidable AISI 316 L, presentan una serie de ventajas, como una buena resistencia a la corrosión, además de una gran facilidad para su limpieza y gran versatilidad.

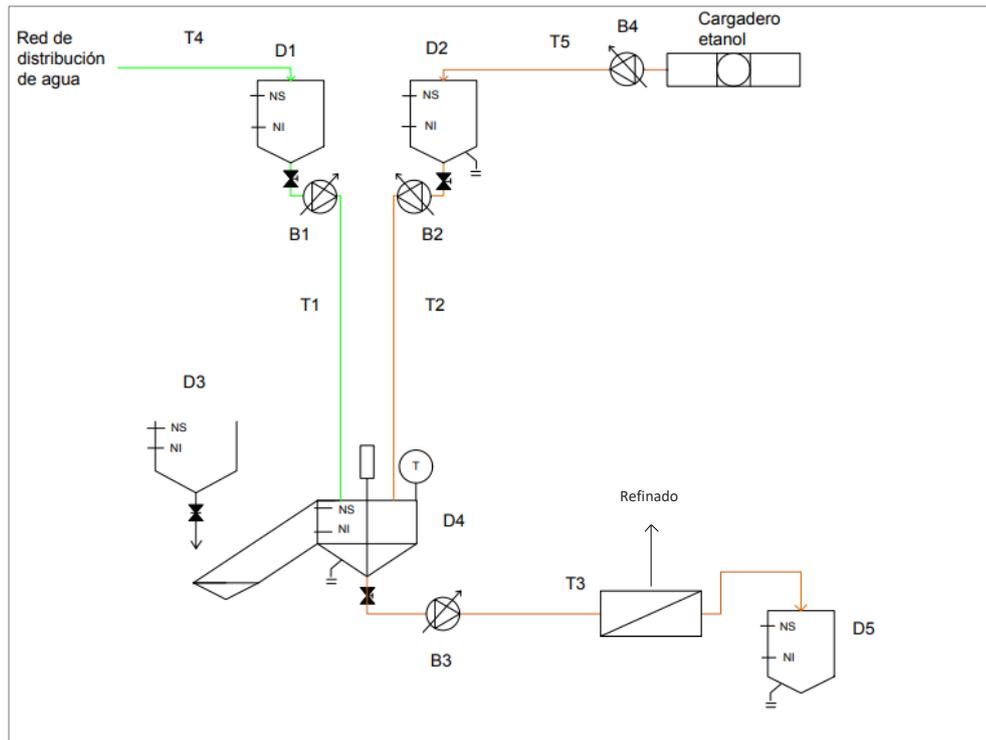


Figura 33. Diagrama de flujo de del diseño propuesto para el proceso de extracción de polifenoles a partir del alperujo.

8.4.2 Conducciones

Durante el proceso de extracción se utilizan productos como el etanol, que tienen un carácter corrosivo. Para proteger las tuberías se utilizará como material el AISI 316 L, un tipo de acero inoxidable de alta durabilidad y fácil limpieza, y que debido a su bajo contenido en carbono dificulta la corrosión de las tuberías. El dimensionamiento de la instalación hidráulica se calcula a partir de la ecuación de continuidad:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} \quad \text{Ecuación 8}$$

Siendo Q el caudal que circula por las tuberías, expresado en $\frac{m^3}{s}$, y v la velocidad tangencial del fluido. En este caso, al tratarse de fluidos con una densidad parecida a la del agua a través de tuberías de acero, la velocidad recomendada oscila entre 1 y 3 $\frac{m}{s}$. La velocidad tangencial seleccionada será por lo tanto de 1,5 $\frac{m}{s}$.

La instalación propuesta cuenta con un total de cuatro tramos distintos:

- T1: Conexión entre el depósito de agua y el extractor discontinuo.
- T2: Conexión entre el depósito de etanol y el extractor discontinuo.
- T3: Conexión entre el extractor discontinuo y el depósito pulmón.
- T4: Conexión entre el depósito de agua y el punto de suministro de la red.
- T5: Conexión entre el depósito de etanol y su cargadero.

Este proceso industrial sigue por lo tanto la siguiente secuencia:

A lo largo de la jornada laboral se llevan a cabo un total de 4 extracciones. Para comenzar, durante los primeros 30 minutos se deben llenar los depósitos de agua y etanol, a partir de las tuberías T4 y T5 respectivamente. A continuación, mediante las tuberías T1 y T2 se llena el extractor de agua y etanol. Este proceso de llenado dura 15 minutos.

Una vez que todo el disolvente necesario está en el extractor, se introduce el alperujo con ayuda de una cinta transportadora mecánica, y comienza así el proceso de extracción sólido-líquido, con una agitación de 100 rpm y a una temperatura constante de 40°C.

Pasados 45 minutos, la mezcla de disolvente y alperujo se transporta a un depósito pulmón (T6) mediante la tubería T3. En la tabla 9 se muestra el cálculo de caudales una vez establecidos los tiempos de trabajo de cada etapa:

Tabla 9. Cálculo del caudal que pasa por cada tramo

Tramo	Vextracción (m3)	t (min)	Q real (m3/s)
T1	3,89	15	0,00433
T2	4,93	15	0,00548
T3	11,29	30	0,00627
T4	15,57	30	0,00865
T5	19,73	30	0,01096

Una vez calculados los caudales, se dimensionan las tuberías en base al catálogo de la casa comercial Hastinik, S.A, como se muestra en el anexo.

Tabla 10. Dimensionamiento de las tuberías. Cálculo del diámetro interior.

Tramo	Q (m3/s)	D teorico (mm)	D nominal (mm)	D exterior (mm)	Espesor (mm)	D interior (mm)
T1	4,33E-03	60,63	65	76,1	5	66,1
T2	5,48E-03	68,20	65	76,1	3,6	68,9
T3	6,27E-03	72,95	65	76,1	1,2	73,7
T4	8,65E-03	85,69	80	88,9	1,2	86,5
T5	1,10E-02	96,45	90	101,6	5	91,6

8.4.3 Bombas

A continuación, para el dimensionamiento de las bombas es necesario calcular previamente las pérdidas de carga que se producen a lo largo de las tuberías. Para este cálculo se utiliza la ecuación de Darcy-Weisbach:

$$h_f = f \cdot \frac{8 \cdot L \cdot Q^2}{g \cdot D^5 \cdot \pi^2} \quad \text{Ecuación 9}$$

Siendo:

f: Coeficiente de fricción.

g: Constante de gravitación universal (m/s²)

D: Diámetro interior de la tubería (m)

L: Longitud de la tubería (m)

Q : Caudal volumétrico que pasa por la tubería (m³/s)

Para calcular el coeficiente de fricción se necesita calcular previamente el número de Reynolds, que indica el tipo de flujo (laminar o turbulento), mediante la siguiente ecuación:

$$Re = \frac{4 \cdot \rho \cdot Q}{\pi \cdot D \cdot \mu} \quad \text{Ecuación 10}$$

En el caso del etanol, el valor de la densidad a 25°C es de $789 \frac{kg}{m^3}$, mientras que en el agua es de $999,97 \frac{kg}{m^3}$. Además, la viscosidad dinámica del agua a 25°C es de $0,000891 \frac{kg}{m \cdot s}$, mientras que la del etanol es de $0,001074 \frac{kg}{m \cdot s}$. En cuanto a la corriente posterior al proceso de extracción (T3), que está formada por una mezcla de etanol/agua 50/50 (v/v) y alperujo se calcula a partir de los caudales calculados previamente para cada extracción:

$$\rho_{prom} = \frac{2193 \text{ kg alperujo} + 21930 \text{ kg disolvente}}{2.464,04 \text{ m}^3 \text{ alperujo} + 24.530,2 \text{ m}^3 \text{ disolvente}} = 0.893 \frac{kg}{m^3}$$

Además, se calcula la rugosidad relativa que presenta el material seleccionado: acero inoxidable AISI 316L. Su rugosidad absoluta es de 0,0024 mm.

En la figura 34 se representa el diagrama de Moody. Una vez calculados el número de Reynolds y la rugosidad relativa para cada tubería, se obtiene el coeficiente de fricción:

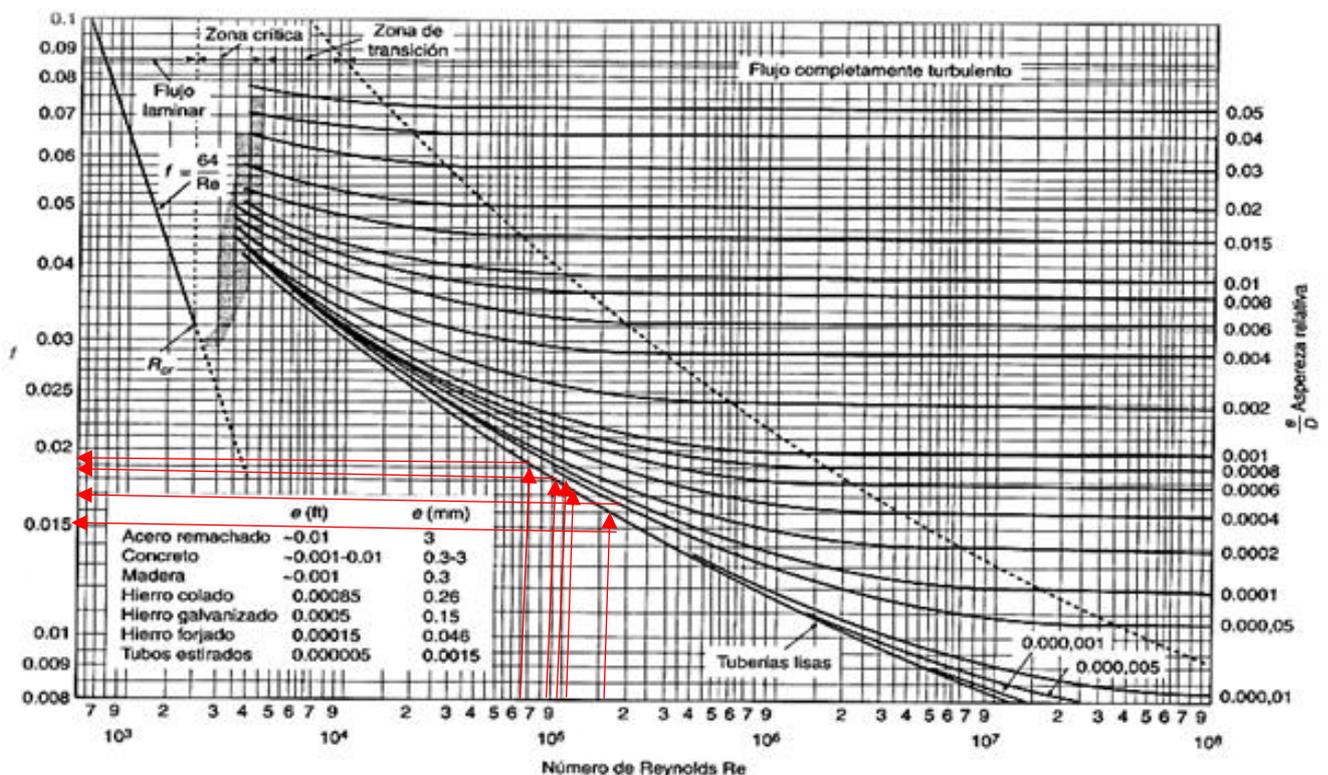


Figura 34. Diagrama de Moody utilizado para calcular el coeficiente de fricción a partir del número de Reynolds y la rugosidad relativa (Bejarano, 2011)

Tabla 11. Cálculo de las pérdidas por fricción primarias

Tramo	Rugosidad relativa	Re	f	L (m)	hf (m)
T1	0,000036	93.606,24	0,0190	7,5	0,1749
T2	0,000035	74.394,90	0,0195	6	0,1870
T3	0,000033	98.452,80	0,0195	7,5	0,2185
T4	0,000028	142.895,44	0,0150	2	0,0383
T5	0,000026	111.917,22	0,0170	9	0,2355

Además, debido a factores como accesorios en las tuberías o el tipo de válvulas utilizadas, aparecen otras pérdidas de carga secundarias, que se calculan mediante la siguiente ecuación:

$$h_{f_sec} = \frac{v^2 \cdot k}{2 \cdot g} \quad \text{Ecuación 11}$$

En el caso de los codos de 90º, el valor de k es de 0,9. Por otra parte, el valor de k que produce la presencia de una válvula de compuerta es de 0,2. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 12.

Tabla 12. Cálculo de las pérdidas por fricción secundarias y totales

Tramo	Accesorios	k	hf_sec (m)	hf_total (m)
T1	4 codos de 90º y 1 válvula compuerta	3,8	0,4358	0,6107
T2	4 codos de 90º y 1 válvula compuerta	3,8	0,4358	0,6227
T3	3 codos de 90º y 1 válvula compuerta	2,9	0,3326	0,5510
T4	3 codos de 90º y 1 válvula compuerta	2,9	0,3326	0,3709
T5	1 codo de 90º y 1 válvula compuerta	1,1	0,1261	0,3616

Selección de las bombas

En primer lugar, es necesario calcular la altura total que debe superar cada punto de la instalación, a través del cálculo de las pérdidas primarias y secundarias y la propia altura de los depósitos. Una vez calculadas la H_{total} y teniendo en cuenta el Q que circula por cada una de las tuberías, se seleccionará el tipo de bomba más adecuado. El dimensionamiento de las 5 bombas se ha hecho en base al catálogo proporcionado por la casa comercial Grundfos.

El cálculo de la altura que debe aportar la bomba se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$H_B = \frac{\Delta P}{\rho \cdot g} + z_A - z_B + h_{f_prim} + h_{f_sec} \quad \text{Ecuación 12}$$

Siendo ΔP la diferencia de presiones entre la salida de la bomba y el punto de aspiración (se considera despreciable) y $(z_A - z_B)$ la diferencia de cotas entre el punto de entrada y salida de cada una de las tuberías. Para el cálculo de Δz se ha tenido en cuenta la altura de cada uno de los depósitos.

Por otra parte, $h_{f_{prim}}$ y $h_{f_{sec}}$ constituyen las pérdidas de carga que se producen a lo largo de las tuberías. Todos estos cálculos se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 13. Cálculo de la altura total H_B que debe aportar la bomba

Tramo	ΔH (m)	H total (m)	Q (m ³ /s)
T1	6,5	7,111	4,33E-03
T2	6,5	7,123	5,48E-03
T3	6,5	7,051	6,27E-03
T4	5	5,371	8,65E-03
T5	5,725	6,087	1,10E-02

A partir de las variables H y Q se dimensionan las 4 bombas con ayuda del catálogo seleccionado de la casa comercial Grundfos. En el caso de la tubería dedicada al transporte de agua, no se incluye ninguna bomba.

Todas las especificaciones técnicas y el esquema dimensional de las mismas se recogen en el anexo.

Tabla 14. Especificaciones técnicas para la bomba seleccionada B1

	Especificaciones			
	B1	B2	B3	B4
Producto	NB 40-160/151	NB 40-160/162 AF2ABQQE	NB 40-160/162 AF2ABQQE	NBG 100-80-160/149 AF2ABAQE
Velocidad predeterminada (rpm)	1400	1440	1440	1450
Caudal (m³/h)	15,6	21,37	23,84	40,94
H (m)	7,124	8,356	7,871	6,552
Tª máxima (°C)	40	60	60	60
P máxima (bar)	16	16	16	16
f (Hz)	50	50	50	50
Potencia nominal (kW)	0,55	0,75	0,75	1,1

8.5 Distribución de equipos

La distribución de los distintos equipos y unidades dedicadas al proceso de extracción se ha hecho en base a la normativa del Real Decreto 656/2017, de 23 de junio, por el que se aprueba el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias MIE APQ1 (Boletín Oficial del Estado, 2017).

En este caso, el producto almacenado se trata del etanol, un compuesto químico caracterizado por ser altamente inflamable y tener un punto de ebullición de 79°C y un punto de inflamación de 13°C.

Según las Instrucciones Técnicas Complementarias MIE APQ1, el etanol pertenece a la clase B (Productos cuyo punto de inflamación es inferior a 55 °C) y dentro de este grupo, a la subclase B1 (Productos de clase B cuyo punto de inflamación es inferior a 38 °C).

Al tener que almacenarse productos químicos inflamables, es necesario construir un cubeto alrededor de los equipos que proteja la instalación ante posibles fugas, y en consecuencia, un riesgo de explosión. Para ello, a la hora de realizar el diseño, se dimensiona un cubeto de 8,9m x 12,5m.

Además, para llevar a cabo la distribución de la planta, se tiene en cuenta que la distancia entre la pared del cubeto y las paredes del recipiente del depósito es de 1m, según el artículo 20 de la ITC MIE APQ-1. Por otra parte, el artículo 18 de la ITC MIE APQ-1 indica que al tratarse de un producto tipo B, la distancia mínima entre recipientes debe ser igual a la mitad del diámetro del depósito, siendo 1,5 m el mínimo.

$$d_{depósitos} = D \cdot 0.5 = 2.595 \cdot 0.5 = 1.29 \text{ m} < 1.5 \text{ m}$$

$$d_{depósitos} = 1.5 \text{ m}$$

La altura del cubeto se puede calcular a partir de dos hipótesis distintas, eligiendo entre ellas la que sea más restrictiva:

1. La capacidad del recipiente mayor:

$$V_1 = 25 \text{ m}^3$$

$$S_1 = \text{Superficie total} - \text{Superficie resto depósitos} = 8.9 \cdot 8.5 - 2 \cdot \pi \cdot 2.435^2 = 38.39 \text{ m}^2$$

$$h_1 = \frac{V_1}{S_1} = \frac{25}{38.39} = 0.6512 \text{ m}$$

2. El 10% de la capacidad global de los recipientes que almacenan productos inflamables:

$$V_2 = 0.1 \cdot (25 + 7.5 + 7.5) = 4 \text{ m}^3$$

$$S_2 = 8.9 \cdot 8.5 = 75.65 \text{ m}^2$$

$$h_1 = \frac{V_1}{S_1} = \frac{4}{75.65} = 0.0528 \text{ m}$$

Por lo tanto, se escoge la opción más restrictiva: una altura para el cubeto igual a 0,6512 m.

Finalmente, el Real Decreto 656/2017 recoge que la distancia mínima entre los depósitos de clase B y sus cargaderos es de 8 m.

El esquema de la distribución en planta se muestra en la siguiente figura:

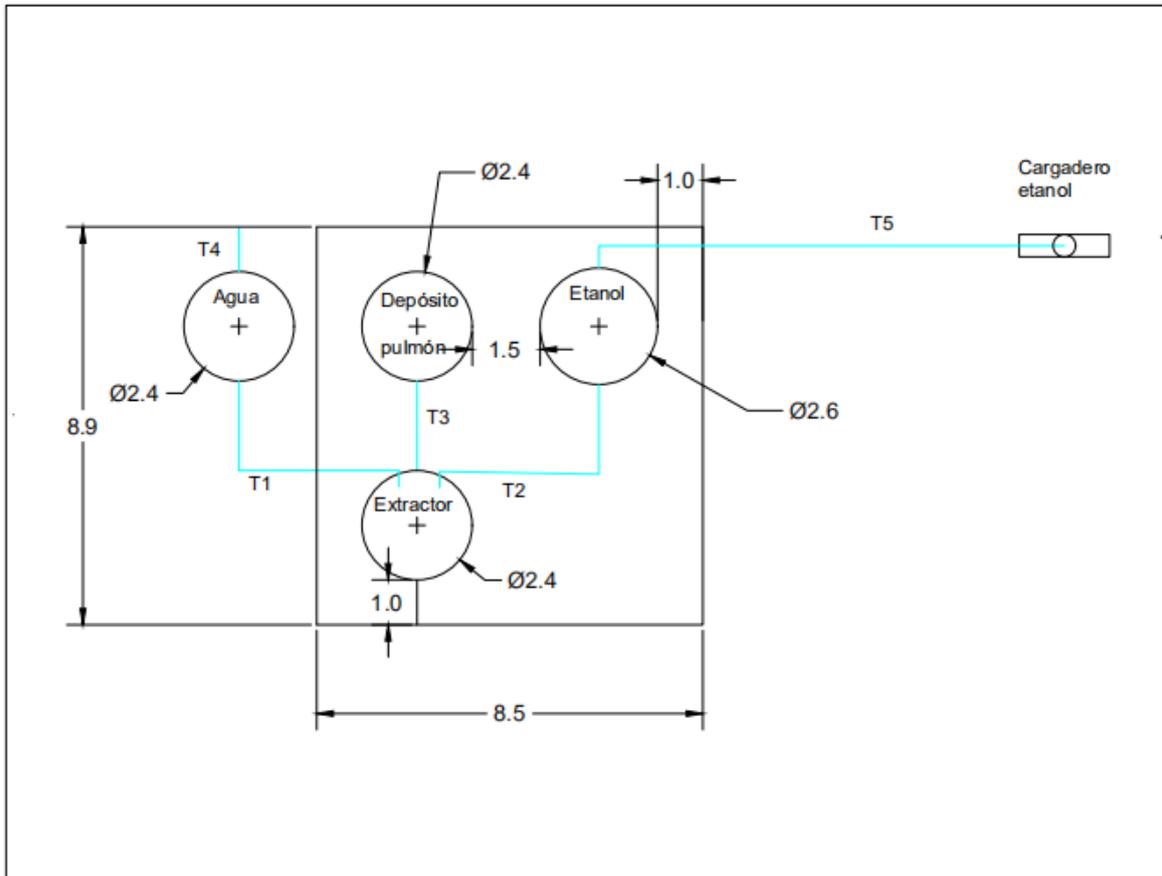
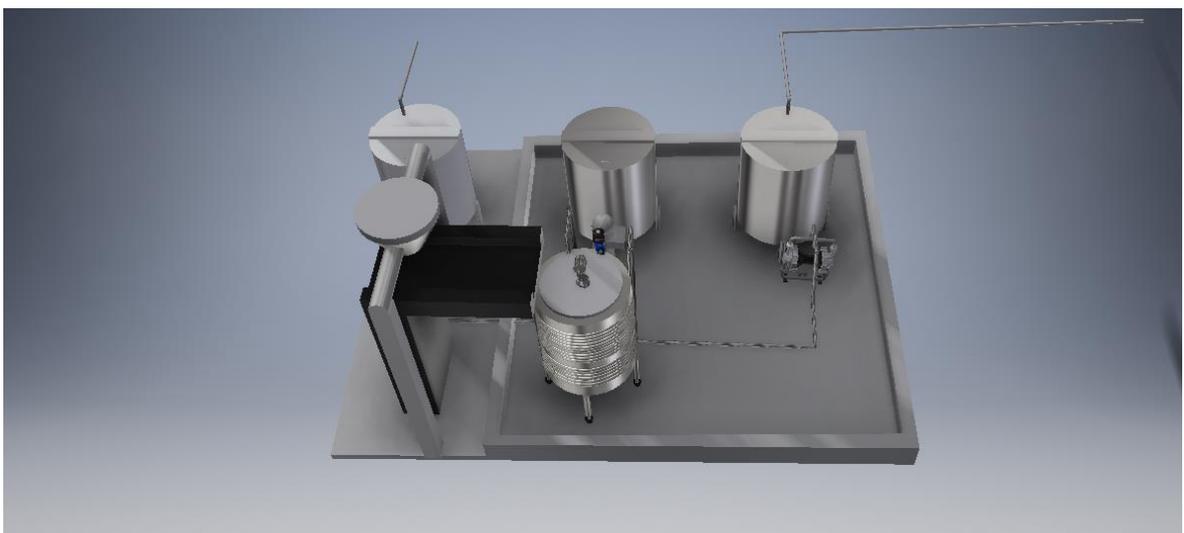
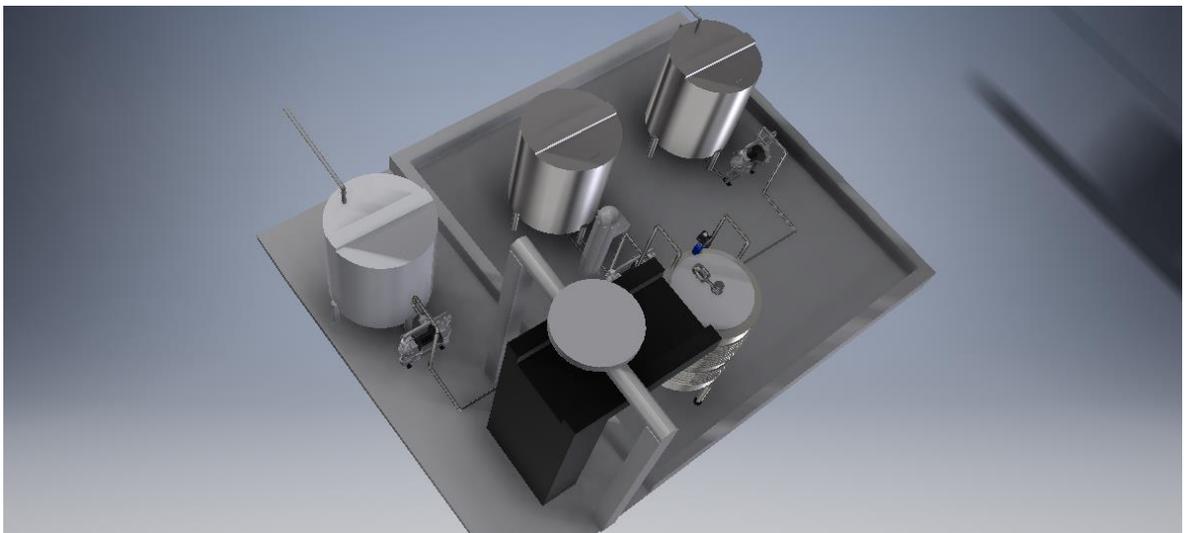
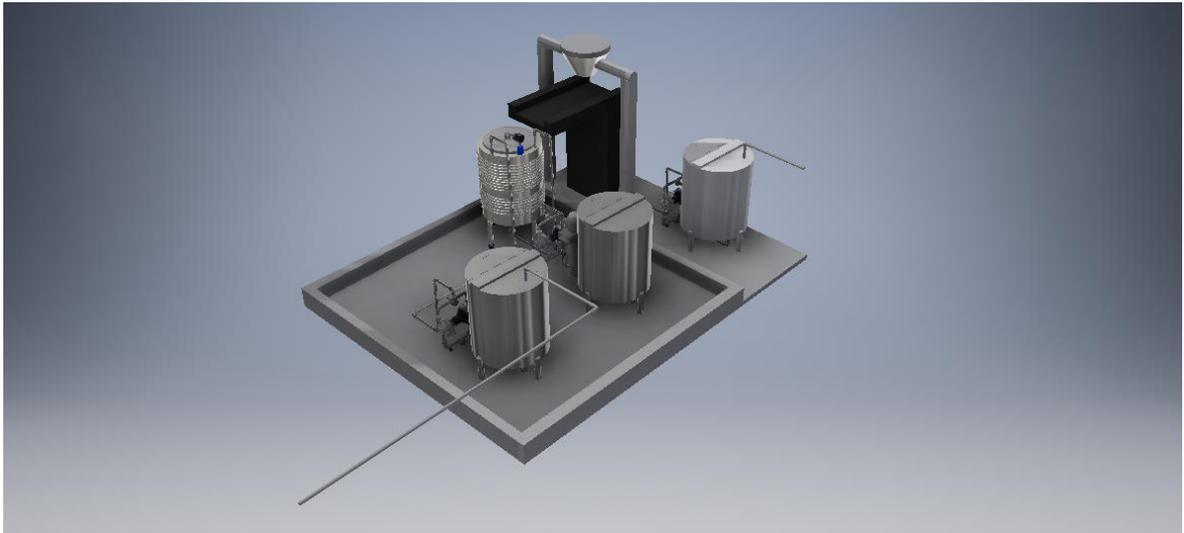


Figura 35. Esquema de la distribución en planta dedicada a la etapa de extracción para la recuperación de polifenoles

9. MODELIZACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE TODOS LOS ELEMENTOS DE LA PLANTA MEDIANTE EL PROGRAMA INFORMÁTICO INVENTOR.



Figuras 36, 37 y 38. Vistas generales del modelado de la planta.

Las figuras 36, 37 y 38 muestran la distribución en planta de todos los equipos dedicados al proceso industrial propuesto de extracción sólido líquido de polifenoles. Tanto el tamaño de los depósitos como el tipo de bombas corresponden al estudio realizado previamente de dimensionamiento de equipos.

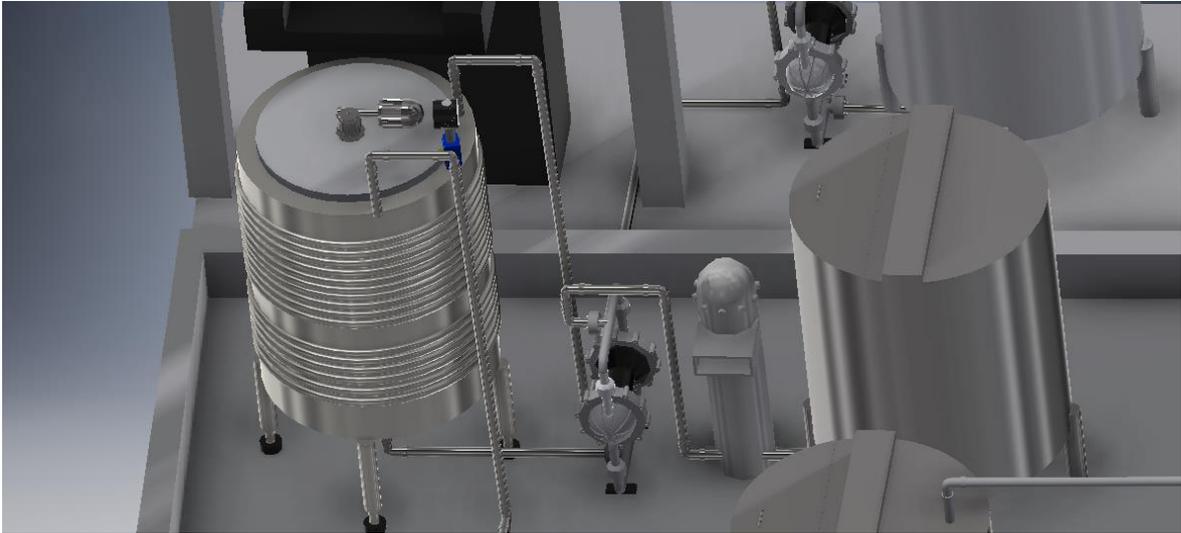


Figura 39. Vista del extractor discontinuo

En la figura 39 se presenta el diseño del extractor discontinuo propuesto. En la parte superior se alimenta el depósito con agua y disolvente, mientras que el alperujo se introduce con ayuda de una cinta mecánica transportadora. Una vez finalizada la extracción, se vacía el depósito y se pasa por un filtro para eliminar el refinado. El extracto finalmente se almacena en el depósito pulmón para su posterior tratamiento de concentración por membranas.

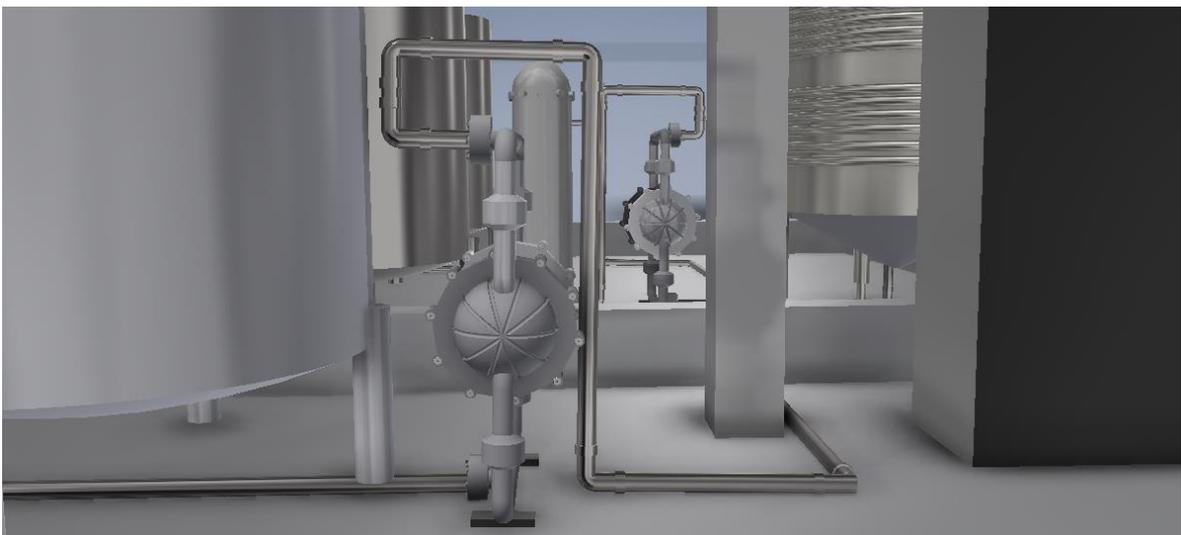


Figura 40. Vista del sistema de bombas y tuberías

Finalmente, en la figura 40 se muestra el sistema de tuberías de la planta. El material seleccionado es acero inoxidable 316 L. El tamaño de cada tubería se corresponde con las longitudes y diámetros nominales seleccionados para el diseño.

10. ESTUDIO ECONÓMICO

Para poder analizar la viabilidad del proyecto propuesto, es necesario realizar un estudio económico en el que se recojan todos los gastos de inversión y explotación, además de los ingresos que suponen el proceso productivo, para así poder calcular finalmente el beneficio que se obtiene al llevar a cabo el proyecto.

El presupuesto que se ha obtenido para la instalación de una planta dedicada a la etapa de extracción en el proceso de recuperación de polifenoles es de 45.460,54€. Además, tras realizar una consulta bibliográfica (Gordijevic, 2019) se concluye que el resto de equipos del proceso de membranas tiene un coste de 506.275,17. Por lo tanto, el coste total de la planta asciende a 551.735,71€. El resumen de ambos presupuestos se muestra en la tabla 15:

Tabla 15. Resumen de los presupuestos dedicados a la etapa de extracción sólido-líquido y separación y concentración por membranas.

Extracción	Sistemas de almacenamiento	15.023,58
	Red de distribución	199,54
	Equipo de bombeo	8.469,69
	Sistema de válvulas	198,96
	Instrumentación y equipos auxiliares	6.640,04
	Conexiones entre tuberías	247,89
	Presupuesto diseño industrial	30.779,70
	Presupuesto experimental	792,31
	Presupuesto de ejecución material	31.572,01
	Gastos Generales (13%)	4.104,36
	Beneficio industrial (6%)	1.894,32
	Presupuesto de ejecución por contrata sin IVA	37.570,69
	IVA (21%)	7.889,85
	Presupuesto total	45.460,54
Membranas	Equipos principales	191.856,27
	Bombas	19.741,00
	Depósitos	29.509,50
	Tuberías	389,34
	Accesorios de tuberías	5.604,15
	Equipos auxiliares	12.916,28
	Sistema de control (15 % de la inversión en inmovilizado)	39.002,48
	Instalación eléctrica(10 % de la inversión en inmovilizado)	26.001,65
	Honorarios proyectista (8 % de la inversión en inmovilizado)	20.801,32
	Mano de obra	5.782,40
	Presupuesto de ejecución material (PEM)	351.604,40
	Gastos generales y contingencias (13 %)	45.708,57
	Beneficio industrial (6 %)	21.096,26
	Presupuesto de ejecución por contrata (PEC)	418.409,23
	IVA (21 %)	87.865,94
Presupuesto total	506.275,17	
TOTAL		551.735,71

10.1 Coste de explotación de la etapa de extracción

El objetivo de este Trabajo Final de Grado es el análisis del proceso de extracción y su diseño a nivel industrial. A continuación, se indican todos los costes de explotación relacionados con esta etapa:

10.1.1 Costes fijos

Estos costes están asociados a la amortización de los equipos de la instalación. Para ello, se utiliza el presupuesto total de ejecución por contrata de la instalación industrial. Para calcular su coste fijo, se tiene en cuenta que una instalación industrial de este tipo tiene un típico plazo de amortización de 15 años.

El presupuesto total de ejecución por contrata es de 31.572,01 €. Al dividirlo entre los 15 años de plazo de amortización, se obtiene un valor de los costes fijos anuales igual a 2.104,8 €

10.1.2 Costes variables

En este apartado se incluyen los costes relacionados con los compuestos químicos necesarios, el consumo energético y de agua, y además la mano de obra utilizada para llevar a cabo el proceso productivo y el propio mantenimiento del equipo.

- Etanol: Como se ha calculado anteriormente, se necesitan $19,734 \text{ m}^3$ de etanol diarios para llevar a cabo el proceso de extracción. El precio del etanol es de 21,86 €/L, por lo que durante los 3 meses de producción, el gasto de explotación relacionado con el consumo de etanol es de 25.883,11€. Sin embargo, como mediante el proceso de ósmosis inversa posterior se consigue recuperar el 76,6% de etanol, el gasto real de etanol es de 6.056,64 €.
- Consumo de agua de red: En este apartado se incluye el propio suministro de agua de red para llevar a cabo el proceso productivo. Como se ha calculado previamente, el proceso de extracción requiere un total de $15,57 \frac{\text{m}^3 \text{ agua}}{\text{día} \cdot \text{almazara}}$. Teniendo en cuenta que la almazara opera durante 3 meses, y que cada mes tiene 20 días hábiles, el consumo de agua total será igual a $934,2 \text{ m}^3$. El precio del agua de red es de 1,77 €/m³, y por lo tanto el gasto total es de 1.653,53 €. También se tiene en cuenta que en el proceso de ósmosis inversa se recupera el 76,6% de agua, y por lo tanto el verdadero coste dedicado al consumo de agua de red es de 386,92€. Por otra parte, también se utiliza agua de red para la limpieza del extractor y de los depósitos, con un total de tres enjuagues independientes diarios. Los costes de agua de red relacionados con la limpieza de depósitos se han incluido en los costes variables de explotación pertenecientes a la etapa de separación y concentración mediante membranas, como se refleja en la tabla 19.

- Consumo energético: En este apartado se incluyen los gastos energéticos que aportan las bombas utilizadas, y también el gasto energético necesario para el intercambiador de calor durante el proceso de extracción. Se ha utilizado un precio por cada kW·h de potencia igual a 0,0629 €/kW·h En la tabla 16 se indican las potencias necesarias y su coste total:

Tabla 16. Potencias utilizadas por cada equipo y su coste total

Equipo	Potencia (kW)	Tiempo operación (h/día)	Coste diario (€)	Coste total (€/año)
Bomba 1	0,55	1	0,1144	6,86
Bomba 2	0,75	1	0,0839	5,03
Bomba 3	0,75	2	0,0419	2,52
Bomba 4	1,1	2	0,0286	1,72
Camisa del extractor	3	3	0,0070	0,42
Agitación extractor	0,5	3	0,0419	2,52
TOTAL				19,06

- Mano de obra: Para el desarrollo de esta etapa del proceso productivo se decide contratar un técnico de laboratorio, para el análisis y toma de muestras; y un técnico industrial que se encargue de la planificación del proceso y el mantenimiento de los equipos. Además, se contrata un operario de mantenimiento para posibles reparaciones de la maquinaria industrial. Los salarios de cada trabajador y su coste asociado se indican en la tabla 17.

Tabla 17. Salarios y costes asociados de la mano de obra

	Salario (€/mes)	Coste anual (€)
Técnico laboratorio	1200	3600
Técnico industrial	2100	6300
Operario mantenimiento	1500	4500
TOTAL		14400

El resumen de los gastos totales de explotación se muestra en la tabla 18:

Tabla 18. Resumen de los gastos totales de explotación

Tipo de coste	Concepto	Coste (€/año)
Variable	Bomba 1	6,86
	Bomba 2	5,03
	Bomba 3	2,52
	Bomba 4	1,72
	Camisa del extractor	0,42
	Agitación extractor	2,52
	Técnico laboratorio	3600
	Técnico industrial	6300
	Operario mantenimiento	4500
	Consumo de agua de red	386,92
	Etanol	6056,54
Fijo	Amortización	2104,80
TOTAL		22.967,33

10.2 Ingresos de explotación

Para calcular los ingresos de explotación, es necesario definir previamente el precio de venta del concentrado de polifenoles en la secuencia de tratamiento propuesta. En este caso se ha seleccionado como propuesta de venta un complemento alimenticio denominado Hidroxinua 25. Su composición es de 25 mg de tirosol por cápsula. El precio unitario de venta es de 0,36 €/ cápsula.

$$Precio_{venta} = \frac{0,36 \frac{\text{€}}{\text{cápsula}}}{0,025 \frac{\text{g}}{\text{cápsula}}} = 14,3 \frac{\text{€}}{\text{g}}$$

Sin embargo, el precio calculado es el de venta al cliente. La venta de los polifenoles al fabricante se estima que corresponde a un 10% del precio de venta. Por lo tanto, los ingresos reales son $1,43 \frac{\text{€}}{\text{g polifenoles}}$.

En cada extracción, la corriente de rechazo con los polifenoles concentrados es igual a 182,05 L. Como se realizan 4 extracciones diarias, la corriente total de rechazo que se generará cada día es de 736,8L.

La concentración de polifenoles en la corriente de rechazo es igual a 5,44 g/L, y por lo tanto, se producirán un total de 4008,2 g polifenoles/ día.

Al multiplicar esta cantidad por el precio de venta propuesto y el número de días hábiles que opera la planta, se obtiene el valor total de los ingresos:

$$4008,2 \frac{\text{g polifenoles}}{\text{día}} \cdot 60 \text{ días} \cdot 1,43 \frac{\text{€}}{\text{g}} = 343.903,56 \text{ €}$$

10.3 Beneficio neto

El beneficio bruto anual se calcula mediante la diferencia entre los costes totales y los ingresos. Para calcular el beneficio neto anual, hay que tener en cuenta el 21 % de impuestos en los ingresos.

Sin embargo, a parte del diseño de la etapa de extracción, en los costes también se debe incluir el resto de equipos que se muestran en la figura 32. Para ello, teniendo que el caudal de alperujo tratado diariamente es el mismo que el estudiado en la etapa de extracción diseñada, se ha utilizado el estudio económico propuesto por Gordijevic, 2019. El resumen de los costes de explotación para ambas etapas se muestra en la tabla 19:

Tabla 19. Resumen de los costes de explotación para las etapas de extracción y separación por membranas

Extracción	Variables	Bomba 1	6,86
		Bomba 2	5,03
		Bomba 3	2,52
		Bomba 4	1,72
		Camisa del extractor	0,42
		Agitación extractor	2,52
		Técnico laboratorio	3600
		Técnico industrial	6300
		Operario mantenimiento	4500
		Consumo de agua de red	386,92
		Etanol	6056,54
	Fijos	Amortización	2104,8
TOTAL	22967,33		
Membranas	Variables	Productos de limpieza	1.014,96
		Coste de disolvente	45.804,81
		Energía	7.261,28
		Agua	2.162,90
		Mano de obra	51.600,00
		Mantenimiento	13.429,94
		Recambio telas de filtros y membranas	2.625,52
	Fijos	Amortización	27.893,95
TOTAL	151.793,36		
COSTES DE EXPLOTACIÓN TOTALES		174.760,69	

$$\text{Beneficio}_{\text{bruto}} = \text{Ingresos} - \text{Costes} = 343.903,56 - 174.760,69 = 169.142,87 \text{ €}$$

$$\text{Beneficio}_{\text{neto}} = \text{Ingresos} \cdot 0.79 - \text{Costes} = 343.903,56 \cdot 0.79 - 174.760,69 = 96.923,12 \text{ €}$$

Finalmente, el cálculo de los años de amortización se obtiene a través del cociente entre la inversión inicial para llevar a cabo la construcción de la planta y el beneficio neto:

$$\begin{aligned} \text{Años de recuperación} &= \\ &= \frac{(\text{Presupuesto ejecución material})_{\text{extracción}} + (\text{Presupuesto ejecución material})_{\text{resto_equipos}}}{\text{Beneficio neto}} \\ &= \frac{31.572,01 + 351.604,4}{96.923,12} = 3,95 \text{ años} \end{aligned}$$

11. CONCLUSIONES

El objetivo de este proyecto es analizar las mejores condiciones de operación para llevar a cabo la extracción sólido-líquido de polifenoles a partir del alperujo. El proceso propuesto implica la valorización del residuo debido a que los compuestos fenólicos son productos de alto valor añadido, pero también supone un pretratamiento previo para su aprovechamiento en otros fines, como su uso como fertilizante, ya que al extraer los polifenoles se elimina su carácter fitotóxico. De la realización del presente proyecto se obtienen las siguientes conclusiones:

- Se han estudiado las mejores condiciones de operación mediante el desarrollo de un procedimiento experimental en el laboratorio. A través de la puesta en punto de un equipo de extracción sólido-líquido, se ha concluido que las mejores condiciones de operación para un ratio constante de alperujo/disolvente 1:10 y una velocidad de agitación de 250 rpm, son: una temperatura de 40°C, un tiempo de extracción de 45 minutos y una mezcla de etanol/agua 50/50 (v/v) como disolvente.
- En cuanto a la temperatura, se ha demostrado que un aumento de la misma implica un mayor rendimiento de extracción de polifenoles. Sin embargo, trabajar a una temperatura muy elevada puede provocar la degradación de los compuestos fenólicos, y en consecuencia empeorar su rendimiento de extracción.
- La mejor propuesta de disolvente ha sido una mezcla etanol/agua 50:50 (v/v), ya que la presencia de agua permite un aumento de la solubilidad del alperujo en el disolvente, y así un mejor rendimiento de extracción.
- El tiempo de extracción en el que se ha obtenido una mayor recuperación de polifenoles, teniendo en cuenta un posible ahorro energético relacionado con el calentamiento y la agitación, es de 45 minutos, obteniéndose así $5.93 \frac{\text{mg tirosol eq.}}{\text{g alperujo}}$.
- A través de las condiciones seleccionadas, se ha llevado a cabo un diseño industrial dedicado a la etapa de extracción en el proceso de recuperación de polifenoles. Para diseñar y dimensionar la planta industrial, se ha tenido en cuenta el caudal de alperujo producido en la almazara de San Isidro.

La inversión inicial necesaria para llevar a cabo la instalación de una planta dedicada a la extracción de polifenoles es de 45.460,54€. Al realizar una revisión bibliográfica, teniendo en cuenta el coste total del resto de equipos para completar el proceso de separación de polifenoles, el coste total asciende a 551.735,71€. Los costes totales de explotación son de 174.760,69€, mientras que los ingresos totales son de 343.903,56€/año. El beneficio económico bruto anual del proyecto es de 169.142,87€.

Con todos estos cálculos, se prevé un periodo de recuperación de la inversión inicial de aproximadamente 4 años.

12. BIBLIOGRAFÍA

- Adbs: El glucógeno y las Antronas. ADBS.DOC. <http://adbsunidoc.blogspot.com/2017/02/el-glucogeno-y-las-antronas.html>
- AgroCLM. (2020, enero 17). Reclaman medidas excepcionales ante grave crisis precios del aceite de oliva. AgroCLM. <https://www.agroclm.com/2020/01/17/reclaman-medidas-excepcionales-ante-grave-crisis-precios-del-aceite-de-oliva/>
- Ahmed, P. M., Fernández, P. M., De Figueroa, L. I. C., & Pajot, H. F. (2019). Exploitation alternatives of olive mill wastewater: Production of value-added compounds useful for industry and agriculture. *Biofuel Research Journal*, 6(2), 980-994. <https://doi.org/10.18331/BRJ2019.6.2.4>
- Albuquerque JA, Fuente C De, Bernal MP. Improvement of soil quality after “ alperujo ” compost application to two contaminated soils characterised by differing heavy metal solubility. *J Environ Manage* [Internet]. 2011;92(3):733–41. Recuperado de : <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.10.018>
- Albuquerque, J. A., González, J., García, D., & Cegarra, J. (2004). Agrochemical characterisation of «alperujo», a solid by-product of the two-phase centrifugation method for olive oil extraction. *Bioresource Technology*, 91(2), 195-200. [https://doi.org/10.1016/s0960-8524\(03\)00177-9](https://doi.org/10.1016/s0960-8524(03)00177-9)
- Apuntes Procesos Industriales de la Ingeniería Química. UPV. ETSII
- Barbero, M. (2017). ESTUDIO DE LA ALTERACIÓN OXIDATIVA DEL ACEITE DE OLIVA VIRGEN: COMPUESTOS FENÓLICOS. Trabajo Final de Grado [Universidad de Sevilla, Facultad de Farmacia]. <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/64782/BARBERO%20LÓPEZ%2C%20MARÍA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bejarano, R. (2011). OPTIMIZACIÓN DE REDES CONTRAINCENDIO [Escuela Colombiana de Ingeniería “Julio Garavito” Especialización en Recursos Hidráulicos y Medio Ambiente]. Tesis doctoral. <https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/001/200/1/Bejarano%20Caballero%2C%20Ricardo%20-%202011.pdf>
- Beres, C., Costa, G. N. S., Cabezudo, I., da Silva-James, N. K., Teles, A. S. C., Cruz, A. P. G., Mellinger-Silva, C., Tonon, R. V., Cabral, L. M. C., & Freitas, S. P. (2017). Towards integral utilization of grape pomace from winemaking process: A review. *Waste Management (New York, N.Y.)*, 68, 581-594. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.07.017>

- Bioenergy. (2019, marzo 5). España cuenta con el 55% de la superficie de olivar en la UE. Bioenergy International. <https://bioenergyinternational.es/espana-cuenta-con-el-55-de-la-superficie-de-olivar-en-la-ue/>
- Bióloga, D. A. P. Z. (2017, noviembre 14). Olivo (*Olea europaea*), características, hojas, cuidados. Aceituna, propiedades y tipos. Naturaleza Paradais Sphynx. <https://naturaleza.paradais-sphynx.com/plantas/arboles/olivo-olea-europaea-aceituna-tipos.htm>
- BOLETÍN OFICIAL DE ESTADO. Real Decreto 656/2017, de 23 de junio, por el que se aprueba el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias MIE APQ1 de <https://www.boe.es/buscar/pdf/2017/BOE-A-2017-8755-consolidado.pdf>
- Caldas, T. W., Mazza, K. E. L., Teles, A. S. C., Mattos, G. N., Brígida, A. I. S., Conte-Junior, C. A., Borguini, R. G., Godoy, R. L. O., Cabral, L. M. C., & Tonon, R. V. (2018). Phenolic compounds recovery from grape skin using conventional and non-conventional extraction methods. *Industrial Crops and Products*, 111, 86-91. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.10.012>
- Calvo, Á. (2013). GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS DE ALMAZARA MEDIANTE COMBINACIÓN DE PROCESOS FÍSICO-QUÍMICOS. Tesis doctoral. Universidad de Valladolid.
- CAR/PL. (2000). Prevención de la contaminación en la Producción de aceite de oliva: Vol. Centro de Actividades Regionales para la Producción Limpia (CAR/PL) Plan de Acción para el Mediterráneo.
- Carbonell, C. (2017). Recuperación de compuestos fenólicos contenidos en la salmuera residual del proceso de fermentación de las aceitunas de mesa mediante procesos de membrana: Combinación de la ultrafiltración y la nanofiltración. Tesis doctoral. [Universidad Politécnica de Valencia]. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/86142/Carbonell%20-%20Recuperación%20de%20compuestos%20fenólicos%20contenidos%20en%20la%20salmuera%20residual%20del%20proceso%20d....pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cerretani, L., Gómez, A. M., & Bendini, A. (2010). Aspectos tecnológicos de la producción de aceite de oliva (Vol. 6). <http://www.juntadeandalucia.es/educacion/vscripts/wbi/w/rec/4423.pdf>
- Costagli. (s. f.). La centrifugación vertical del aceite de oliva virgen: Una perspectiva cualitativa. Interempresas. Recuperado 28 de mayo de 2020, de <https://www.interempresas.net/Produccion-Aceite/Articulos/244817-La-centrifugacion-vertical-del-aceite-de-oliva-virgen-una-perspectiva-cualitativa.html>

- Das, A. B., Goud, V. V., & Das, C. (2017). Extraction of phenolic compounds and anthocyanin from black and purple rice bran (*Oryza sativa* L.) using ultrasound: A comparative analysis and phytochemical profiling. *Industrial Crops and Products*, *C* (95), 332-341. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.10.041>
- De Marco, E., Savarese, M., Paduano, A., & Sacchi, (Ánima, 2020)R. (2006). Characterization and fractionation of phenolic compounds extracted from olive oil mill wastewaters. *Food Chemistry*, *104*(2), 858-867. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.10.005>
- Dean, J. (2009). EXTRACTION TECHNIQUES IN ANALYTICAL SCIENCES.
- Diaz de la Iglesia, L. (s. f.). Trabajo Final de Grado. MÉTODOS ANALÍTICOS PARA LA DETERMINACIÓN DE ANTIOXIDANTES EN OLIVAS.
- Emgrisa. (2019). ANÁLISIS DE LA CONSIDERACIÓN COMO SUBPRODUCTO DEL ORUJO GRASO HÚMEDO PROCEDENTE DE LA ELABORACIÓN DE ACEITE DE OLIVA Y DESTINADO A LA EXTRACCIÓN DE ACEITE DE ORUJO DE OLIVA. https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/participacion-publica/estudiosubproductoalperujo_191120_tcm30-506764.pdf
- Gallardo, L. (2018). IMPORTANCIA ECONÓMICA Y PERSPECTIVAS EMPRESARIALES DEL SECTOR OLEÍCOLA ANDALUZ: EL CASO DE OLEOESTEPA. Tesis doctoral. [Universidad de Sevilla]. https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/78214/Importancia%20económica%20y%20perspectivas%20empresariales%20del%20sector%20oleícola%20andaluz_GALLARDO_NOGALES_L.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- García de la Fuente, R. (2011). Caracterización y uso de compost de alperujo como enmienda orgánica. Evaluación agronómica y medioambiental . Tesis doctoral.Universidad Politécnica de Valencia.
- García, O. (s. f.). Esencia de olivo—Aceite de oliva. Esencia de Olivo. Recuperado 14 de mayo de 2020, de <http://www.esenciadeolivo.es/>
- Garcia-Castello, E. M., Rodriguez-Lopez, A. D., Mayor, L., Ballesteros, R., Conidi, C., & Cassano, A. (2015). Optimization of conventional and ultrasound assisted extraction of flavonoids from grapefruit (*Citrus paradisi* L.) solid wastes. *LWT - Food Science and Technology*, *64*(2), 1114-1122. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.07.024>
- Gasull, E., & Becerra, D. (2006). Caracterización de polifenoloxidasas extraídas de pera (Cv. Packam's triumph) y manzana (Cv. Red delicious). *Información tecnológica*, *17*(6), 69-74. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642006000600012>

- Giralda , C. (2017). Estudio experimental de la extracción de polifenoles de alperujo de aceituna por extracción asistida con microondas. Tesis doctoral. [Universidad de Valladolid]. <http://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/25808/TFM-P-690.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- GORDIJEVIC, I. (s. f.). (2019) DISEÑO DE UNA PLANTA PARA LA RECUPERACIÓN DE POLIFENOLES A PARTIR DE 300 T/AÑO DE RESIDUOS SÓLIDOS OBTENIDOS EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE VINO. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.
- Goula, A. M., Konstantinos, T., & Kyriako, K. (2016). Valorization of grape pomace: Drying behavior and ultrasound extraction of phenolics.
- Jimeno, Á. (2019) ESTUDIO DEL EFECTO DE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN EN LA RECUPERACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS CONTENIDOS EN LAS AGUAS RESIDUALES DE LA PRODUCCIÓN DE ACEITE DE OLIVA MEDIANTE NANOFILTRACIÓN. Trabajo Final de Máster. Universidad Politécnica de Valencia.
- Lizárraga-Velázquez, C. E., Hernández, C., González-Aguilar, G. A., & Basilio-Heredia, J. (2018). Propiedades antioxidantes e inmunoestimulantes de polifenoles en peces carnívoros de cultivo. *CienciaUAT*, 12(2), 127-136.
- Marcela , S. (2008). Aprovechamiento y valorización del alperujo tratado térmicamente como: Fertilizante biológico y fuente de hidroxitirosol. Tesis doctoral. [Pontificia Universidad Javeriana]. <https://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis125.pdf>
- Mercacei. (s. f.). La producción europea de aceite de oliva se sitúa en 1,2 millones de toneladas hasta diciembre. Mercacei. Recuperado 25 de mayo de 2020, de <https://www.mercacei.com/noticia/52066/actualidad/la-produccion-europea-de-aceite-de-oliva-se-situa-en-12-millones-de-toneladas-hasta-diciembre.html>
- Mondragón, M. G. C. (s. f.). Soxhlet, del inventor al método. Revista de divulgación Saber más UMSNH. Recuperado 2 de junio de 2020, de <https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/244-numero-29/450-soxhlet-del-inventor-al-metodo.html>
- MundoHuerto. (s. f.). Características del olivo. Recuperado 29 de mayo de 2020, de <https://www.mundohuerto.com/cultivos/olivo/caracteristicas>
- Olimerca. (s. f.). Nuevas propuestas para sacar al aceite de oliva de la crisis actual. Recuperado 15 de junio de 2020, de <https://www.olimerca.com//noticiadet.aspx?urlf=nuevas-propuestas-para-sacar-al-aceite-de-oliva-de-la-crisis-actual&cod=ab571226777bd94e9b27ee505e0fda1b>
- Olisoy | aceite de oliva. (s. f.). Recuperado 8 de junio de 2020, de <http://olisoy.com/>

- Rabelo, R. S., Machado, M. T. C., Martínez, J., & Hubinger, M. D. (2016). Ultrasound assisted extraction and nanofiltration of phenolic compounds from artichoke solid wastes. *Journal of Food Engineering*, 178, 170-180. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.01.018>
- Rubio, F. (2011). RECUPERACIÓN DE COMPUESTOS BIOACTIVOS A PARTIR DE SUBPRODUCTOS DEL ACEITE DE OLIVA. Tesis doctoral. [Universidad de Sevilla]. https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/72946/file_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y
RUIZ%20-%20CARACTERIZACIÓN%20DE%20LA%20CALIDAD%20FÍSICO-
QUÍMICA%20Y%20ORGANOLEPTICA%20DE%20ACEITES%20DE%20OLIVA%20VIRGEN%20DE...
%20(1).pdf
- Ruíz, M. L. (2015). Ruíz Domínguez, M. L. (s. F.). CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA Y ORGANOLÉPTICA DE ACEITES DE OLIVA VIRGEN DE VARIEDADES TRADICIONALES DE LA COMUNIDAD VALENCIANA. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.
- Santiuste, J. (2018). Cinéticas de extracción de polifenoles en la extracción asistida con microondas de alperujo [Universidad de Valladolid, Departamento de Ingeniería Química y Tecnología de Medio Ambiente]. <http://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/30909/TFG-I-846.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Segorbe nostrum – aceite de oliva virgen extra. (s. f.). Recuperado 22 de junio de 2020, de <https://segorbenostrum.es/>
- Shahid (2016). A review on Modern Extraction Techniques .University of Glasgow.
- Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). [14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. En *Methods in Enzymology* (Vol. 299, pp. 152-178). Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1)
- Sygouni, V., Pantziaros, A. G., Iakovides, I. C., Sfetsa, E., Bogdou, P. I., Christoforou, E. A., & Paraskeva, C. A. (2019). Treatment of two-phase olive mill wastewater and recovery of phenolic compounds using membrane technology. *Membranes*, 9(2). <https://doi.org/10.3390/membranes9020027>
- Torrent, A. (2019, abril 30). ¿Sabes cuáles son las partes de la aceituna? Aceitunas Torrent. <https://www.aceitunastorrent.com/es/sabes-cuales-son-las-partes-de-la-aceituna/>
- Trillo, J. L. (2015). EXTRACCIÓN Y PURIFICACIÓN DE PRODUCTOS NATURALES DE INTERÉS INDUSTRIAL. Tesis doctoral. [Universidad de Almería]. http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/6109/7307_TFM%20Extracción%20y%20Purificación%20de%20Polifenoles%20J.L.Trillo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Trujillo, A. F. O., & Cajigas, M. E. M. (2018). Validación de un método para el análisis de color real en agua. *Revista de la Facultad de Ciencias*, 7(1), 143-155. <https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v7n1.68086>
- Works, E. (s. f.). Análisis, comparativas y relaciones entre la DBO, DQO, COT. Recuperado 6 de mayo de 2020, de <https://www.aguasresiduales.info/revista/blog/analisis-comparativas-y-relaciones-entre-la-dbo-dqo-cot>
- Zagklis, D. P., & Paraskeva, C. A. (2015). Purification of grape marc phenolic compounds through solvent extraction, membrane filtration and resin adsorption/desorption. *Separation and Purification Technology*, 156, 328-335. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2015.10.019>
- Zamora Ardoy, M. A., Báñez Sánchez, F., Báñez Sánchez, C., & Alaminos García, P. (2004). Aceite de oliva: Influencia y beneficios sobre algunas patologías. *Anales de Medicina Interna*, 21(3), 50-54.

ANEXOS

ANEXO I

Tabla 20. Rendimientos de extracción de polifenoles (mg tirosol eq./g alperujo) obtenidos utilizando agua pura como disolvente a 20°C

	Abs	Abs	TPC (ppm)	TPC (ppm)	TPCx2 (dilucion)	TPCx2 (dilucion)	Rp ₁ (mgTYeq/g)	Rp ₂ (mgTYeq/g)	Rp	SD	RSD
5	0,327	0,324	160,30	158,68	320,61	317,36	3,20	3,17	3,19	0,02	7,1E-05
15	0,331	0,332	162,47	163,01	324,94	326,02	3,25	3,26	3,25	0,01	2,4E-05
30	0,341	0,336	167,88	165,17	335,75	330,34	3,35	3,30	3,33	0,04	1,1E-04
45	0,323	0,314	158,14	153,27	316,28	306,55	3,16	3,06	3,11	0,07	2,2E-04
60	0,331	0,332	162,47	163,01	324,94	326,02	3,25	3,26	3,25	0,01	2,4E-05
90	0,315	0,326	153,82	159,76	307,63	319,53	3,07	3,19	3,13	0,08	2,7E-04
120	0,311	0,308	151,65	150,03	303,30	300,06	3,03	3,00	3,01	0,02	7,6E-05

Tabla 21. Rendimientos de extracción de polifenoles (mg tirosol eq./g alperujo) obtenidos utilizando agua pura como disolvente a 30°C

	Abs	Abs	TPC (ppm)	TPC (ppm)	TPCx2 (dilucion)	TPCx2 (dilucion)	Rp ₁ (mgTYeq/g)	Rp ₂ (mgTYeq/g)	Rp	SD	RSD
5	0,303	0,307	147,33	149,49	294,65	298,98	2,94	2,99	2,96	0,03	1,0E-04
15	0,310	0,314	151,11	153,27	302,22	306,55	3,02	3,06	3,04	0,03	1,0E-04
30	0,337	0,340	165,71	167,33	331,42	334,67	3,31	3,34	3,33	0,02	6,9E-05
45	0,338	0,331	166,25	162,47	332,51	324,94	3,32	3,25	3,28	0,05	1,6E-04
60	0,322	0,322	157,60	157,60	315,20	315,20	3,15	3,15	3,15	0	0
90	0,335	0,337	164,63	165,71	329,26	331,42	3,29	3,31	3,30	0,02	4,6E-05
120	0,303	0,319	147,33	155,98	294,65	311,96	2,94	3,12	3,03	0,12	4,1E-04

Tabla 22. Rendimientos de extracción de polifenoles (mg tirosol eq./g alperujo) obtenidos utilizando agua pura como disolvente a 40°C

	Abs	Abs	TPC (ppm)	TPC (ppm)	TPCx2 (dilucion)	TPCx2 (dilucion)	Rp ₁ (mgTYeq/g)	Rp ₂ (mgTYeq/g)	Rp	SD	RSD
5	0,365	0,364	180,85	180,31	361,71	360,63	3,61	3,60	3,61	0,01	2,1E-05
15	0,363	0,379	179,77	188,42	359,54	376,85	3,59	3,26	3,42	0,24	6,6E-04
30	0,381	0,378	189,51	187,88	379,01	375,77	3,79	3,75	3,77	0,02	6,0E-05
45	0,412	0,409	206,27	204,65	412,54	409,29	4,12	4,09	4,10	0,02	5,6E-05
60	0,411	0,405	205,73	202,48	411,46	404,97	4,11	4,05	4,08	0,05	1,1E-04
90	0,379	0,372	188,42	184,64	376,85	369,28	3,76	3,69	3,73	0,05	1,4E-04
120	0,391	0,409	194,91	204,65	389,83	409,29	3,89	4,09	3,99	0,14	3,5E-04

Tabla 23. Rendimientos de extracción de polifenoles (mg tirosol eq./g alperujo) obtenidos utilizando una mezcla etanol/agua 50:50 como disolvente a 20°C

	Abs	Abs	TPC (ppm)	TPC (ppm)	TPCx2 (dilucion)	TPCx2 (dilucion)	Rp ₁ (mgTYeq/g)	Rp ₂ (mgTYeq/g)	Rp	SD	RSD
5	0,362	0,362	179,23	179,23	358,46	358,46	3,58	3,58	3,58	0	0
15	0,390	0,391	194,37	194,91	388,75	389,83	3,88	3,26	3,57	0,44	1,140E-03
30	0,393	0,407	196,00	203,57	391,99	407,13	3,92	4,07	3,99	0,11	2,728E-04
45	0,414	0,406	207,35	203,03	414,70	406,05	4,14	4,06	4,10	0,06	1,474E-04
60	0,433	0,428	217,63	214,92	435,25	429,84	4,35	4,29	4,32	0,04	8,776E-05
90	0,448	0,440	225,74	221,41	451,47	442,82	4,51	4,42	4,47	0,06	1,354E-04
120	0,466	0,465	235,47	234,93	470,94	469,86	4,70	4,69	4,70	0,01	1,622E-05

Tabla 24. Rendimientos de extracción de polifenoles (mg tirosol eq./g alperujo) obtenidos utilizando una mezcla etanol/agua 50:50 a 30°C

	Abs	Abs	TPC (ppm)	TPC (ppm)	TPCx2 (dilucion)	TPCx2 (dilucion)	Rp ₁ (mgTYeq/g)	Rp ₂ (mgTYeq/g)	Rp	SD	RSD
5	0,399	0,397	199,24	198,16	398,48	396,32	3,98	3,96	3,97	0,02	3,8E-05
15	0,414	0,398	207,35	198,70	414,70	397,40	4,14	3,26	3,70	0,63	1,5E-03
30	0,430	0,424	216,00	212,76	432,01	425,52	4,32	4,25	4,28	0,05	1,1E-04
45	0,430	0,445	216,00	224,12	432,01	448,23	4,32	4,48	4,40	0,11	2,7E-04
60	0,445	0,452	224,12	227,90	448,23	455,80	4,48	4,55	4,52	0,05	1,2E-04
90	0,453	0,469	228,44	237,09	456,88	474,19	4,56	4,74	4,65	0,12	2,7E-04
120	0,485	0,474	245,75	239,80	491,49	479,59	4,91	4,79	4,85	0,08	1,7E-04

Tabla 25. Rendimientos de extracción de polifenoles (mg tirosol eq./g alperujo) obtenidos utilizando una mezcla etanol/agua 50:50 a 40°C

	Abs	Abs	TPC (ppm)	TPC (ppm)	TPCx2 (dilucion)	TPCx2 (dilucion)	Rp ₁ (mgTYeq/g)	Rp ₂ (mgTYeq/g)	Rp	SD	RSD
5	0,515	0,509	261,97	258,72	523,94	517,45	5,23	5,17	5,20	0,05	8,7E-05
15	0,521	0,517	265,21	263,05	530,43	526,10	5,30	5,26	5,28	0,03	5,8E-05
30	0,548	0,556	279,81	284,14	559,63	568,28	5,59	5,68	5,63	0,06	1,1E-04
45	0,575	0,583	294,41	298,74	588,83	597,48	5,88	5,97	5,93	0,06	1,0E-04
60	0,574	0,582	293,87	298,20	587,75	596,40	5,87	5,96	5,91	0,06	1,0E-04
90	0,600	0,591	307,93	303,07	615,87	606,13	6,15	6,05	6,10	0,07	1,1E-04
120	0,592	0,596	303,61	305,77	607,22	611,54	6,07	6,11	6,09	0,03	5,0E-05

Tabla 26. Rendimientos de extracción de polifenoles (mg tirosol eq./g alperujo) obtenidos utilizando etanol puro a 20°C

	Abs	Abs	TPC (ppm)	TPC (ppm)	TPCx2 (dilucion)	TPCx2 (dilucion)	Rp ₁ (mgTYeq/g)	Rp ₂ (mgTYeq/g)	Rp	SD	RSD
5	0,107	0,101	41,34	38,09	82,67	76,18	0,83	0,76	0,79	0,05	5,5E-04
15	0,109	0,114	42,42	45,12	84,83	90,24	0,85	0,90	0,87	0,04	4,5E-04
30	0,127	0,127	52,15	52,15	104,30	104,30	1,04	1,04	1,04	0,00	0,0E+00
45	0,144	0,137	61,34	57,56	122,69	115,12	1,23	1,15	1,19	0,05	4,4E-04
60	0,131	0,131	54,31	54,31	108,63	108,63	1,09	1,09	1,09	0	0
90	0,141	0,145	59,72	61,88	119,44	123,77	1,19	1,24	1,21	0,03	2,6E-04
120	0,155	0,151	67,29	65,13	134,58	130,26	1,34	1,30	1,32	0,03	2,3E-04

Tabla 27. Rendimientos de extracción de polifenoles (mg tirosol eq./g alperujo) obtenidos utilizando etanol puro a 30°C

	Abs	Abs	TPC (ppm)	TPC (ppm)	TPCx2 (dilucion)	TPCx2 (dilucion)	Rp ₁ (mgTYeq/g)	Rp ₂ (mgTYeq/g)	Rp	SD	RSD
5	0,105	0,113	40,25	44,58	80,51	89,16	0,80	0,89	0,85	0,06	7,6E-04
15	0,122	0,124	49,45	50,53	98,89	101,06	0,99	1,01	1,00	0,02	1,5E-04
30	0,153	0,148	66,21	63,51	132,42	127,01	1,32	1,27	1,30	0,04	2,9E-04
45	0,131	0,125	54,31	51,07	108,63	102,14	1,09	1,02	1,05	0,05	4,2E-04
60	0,161	0,158	70,54	68,91	141,07	137,83	1,41	1,38	1,39	0,02	1,6E-04
90	0,173	0,171	77,03	75,94	154,05	151,89	1,54	1,52	1,53	0,02	9,9E-05
120	0,183	0,190	82,43	86,22	164,87	172,44	1,65	1,72	1,68	0,05	3,2E-04

Tabla 28. Rendimientos de extracción de azúcares (mg sacarosal eq./g alperujo) obtenidos utilizando agua pura como disolvente a 20°C

	Abs	Abs	[Azúcares] (ppm)	[Azúcares] (ppm)	[Azúcares]x2 (dilucion)	[Azúcares]x2 (dilucion)	Ra ₁ (mgTYeq/g)	Ra ₂ (mgTYeq/g)	Ra	SD	RSD
5	0,858	0,855	91,96	91,64	919,59	916,36	9,19	9,15	9,17	0,02	2,5E-05
15	0,863	0,848	92,50	90,88	924,97	908,83	9,24	9,08	9,16	0,11	1,2E-04
30	0,844	0,850	90,45	91,10	904,52	910,98	9,04	9,10	9,07	0,05	5,0E-05
45	0,875	0,872	93,79	93,47	937,88	934,65	9,37	9,34	9,35	0,02	2,4E-05
60	0,811	0,804	86,90	86,15	869,02	861,48	8,68	8,61	8,64	0,05	6,1E-05
90	0,888	0,879	95,19	94,22	951,87	942,18	9,51	9,41	9,46	0,07	7,2E-05
120	0,869	0,877	93,14	94,00	931,42	940,03	9,30	9,39	9,35	0,06	6,5E-05

Tabla 29. Rendimientos de extracción de azúcares (mg sacarosal eq./g alperujo) obtenidos utilizando agua pura como disolvente a 30°C

	Abs	Abs	[Azúcares] (ppm)	[Azúcares] (ppm)	[Azúcares]x2 (dilucion)	[Azúcares]x2 (dilucion)	Ra ₁ (mgTYeq/g)	Ra ₂ (mgTYeq/g)	Ra	SD	RSD
5	0,631	0,659	67,53	70,55	675,34	705,46	6,75	7,05	6,90	0,21	3,2E-04
15	0,672	0,682	71,95	73,02	719,45	730,21	7,19	7,29	7,24	0,08	1,1E-04
30	0,672	0,689	71,95	73,77	719,45	737,74	7,19	7,37	7,28	0,13	1,8E-04
45	0,698	0,721	74,74	77,22	747,43	772,18	7,47	7,71	7,59	0,17	2,3E-04
60	0,703	0,725	75,28	77,65	752,81	776,48	7,52	7,76	7,64	0,17	2,2E-04
90	0,754	0,773	80,77	82,81	807,68	828,13	8,07	8,27	8,17	0,14	1,8E-04
120	0,789	0,809	84,53	86,69	845,34	866,86	8,44	8,66	8,55	0,15	1,8E-04

Tabla 30. Rendimientos de extracción de azúcares (mg sacarosal eq./g alperujo) obtenidos utilizando agua pura como disolvente a 40°C

	Abs	Abs	[Azúcares] (ppm)	[Azúcares] (ppm)	[Azúcares]x2 (dilucion)	[Azúcares]x2 (dilucion)	Ra ₁ (mgTYeq/g)	Ra ₂ (mgTYeq/g)	Ra	SD	RSD
5	0,699	0,717	74,85	76,79	748,50	767,87	7,48	7,67	7,57	0,14	1,8E-04
15	0,770	0,783	82,49	83,89	824,90	838,89	8,24	8,38	8,31	0,10	1,2E-04
30	0,780	0,814	83,57	87,22	835,66	872,24	8,35	8,71	8,53	0,26	3,1E-04
45	0,752	0,762	80,55	81,63	805,53	816,29	8,05	8,15	8,10	0,08	9,4E-05
60	0,762	0,801	81,63	85,83	816,29	858,26	8,15	8,57	8,36	0,30	3,6E-04
90	0,794	0,818	85,07	87,65	850,72	876,55	8,50	8,76	8,63	0,18	2,1E-04
120	0,797	0,818	85,40	87,65	853,95	876,55	8,53	8,76	8,64	0,16	1,9E-04

Tabla 31. Rendimientos de extracción de azúcares (mg sacarosal eq./g alperujo) obtenidos utilizando una mezcla etanol/agua 50:50 a 20°C

	Abs	Abs	[Azúcares] (ppm)	[Azúcares] (ppm)	[Azúcares]x2 (dilucion)	[Azúcares]x2 (dilucion)	Ra ₁ (mgTYeq/g)	Ra ₂ (mgTYeq/g)	Ra	SD	RSD
5	0,535	0,483	57,20	51,61	572,04	516,09	5,71	5,16	5,43	0,40	6,9E-04
15	0,510	0,497	54,51	53,12	545,14	531,15	5,45	5,31	5,38	0,10	1,8E-04
30	0,525	0,499	56,13	53,33	561,28	533,30	5,61	5,33	5,47	0,20	3,5E-04
45	0,509	0,502	54,41	53,65	544,06	536,53	5,43	5,36	5,40	0,05	9,8E-05
60	0,513	0,463	54,84	49,46	548,37	494,57	5,48	4,94	5,21	0,38	6,9E-04
90	0,586	0,548	62,69	58,60	626,92	586,03	6,26	5,85	6,06	0,29	4,6E-04
120	0,605	0,564	64,74	60,32	647,36	603,24	6,47	6,03	6,25	0,31	4,8E-04

Tabla 32. Rendimientos de extracción de azúcares (mg sacarosal eq./g alperujo) obtenidos utilizando una mezcla etanol/agua 50:50 a 30°C

	Abs	Abs	[Azúcares] (ppm)	[Azúcares] (ppm)	[Azúcares]x2 (dilucion)	[Azúcares]x2 (dilucion)	Ra ₁ (mgTYeq/g)	Ra ₂ (mgTYeq/g)	Ra	SD	RSD
5	0,710	0,710	76,03	76,03	760,34	760,34	7,60	7,60	7,60	0	0
15	0,722	0,731	77,33	78,29	773,25	782,94	7,72	7,82	7,77	0,07	8,8E-05
30	0,748	0,760	80,12	81,41	801,23	814,14	8,00	8,13	8,07	0,09	1,1E-04
45	0,742	0,745	79,48	79,80	794,77	798,00	7,94	7,97	7,96	0,02	2,9E-05
60	0,813	0,842	87,12	90,24	871,17	902,37	8,70	9,01	8,86	0,22	2,5E-04
90	0,820	0,832	87,87	89,16	878,70	891,61	8,78	8,91	8,84	0,09	1,0E-04
120	0,822	0,844	88,09	90,45	880,85	904,52	8,80	9,04	8,92	0,17	1,9E-04

Tabla 33. Rendimientos de extracción de azúcares (mg sacarosal eq./g alperujo) obtenidos utilizando una mezcla etanol/agua 50:50 a 40°C

	Abs	Abs	[Azúcares] (ppm)	[Azúcares] (ppm)	[Azúcares]x2 (dilucion)	[Azúcares]x2 (dilucion)	Ra ₁ (mgTYeq/g)	Ra ₂ (mgTYeq/g)	Ra	SD	RSD
5	0,641	0,668	68,61	71,51	686,10	715,15	6,85	7,14	7,00	0,21	3,0E-04
15	0,699	0,714	74,85	76,46	748,50	764,64	7,48	7,64	7,56	0,11	1,5E-04
30	0,722	0,737	77,33	78,94	773,25	789,39	7,72	7,89	7,80	0,11	1,5E-04
45	0,793	0,782	84,96	83,78	849,65	837,81	8,49	8,37	8,43	0,08	9,8E-05
60	0,762	0,796	81,63	85,29	816,29	852,88	8,15	8,52	8,34	0,26	3,2E-04
90	0,819	0,837	87,76	89,70	877,62	896,99	8,77	8,96	8,86	0,14	1,6E-04
120	0,846	0,857	90,67	91,85	906,68	918,51	9,06	9,18	9,12	0,08	9,2E-05

Tabla 34. Rendimientos de extracción de azúcares (mg sacarosal eq./g alperujo) obtenidos etanol puro como disolvente a 20°C

	Abs	Abs	[Azúcares] (ppm)	[Azúcares] (ppm)	[Azúcares]x2 (dilucion)	[Azúcares]x2 (dilucion)	Ra ₁ (mgTYeq/g)	Ra ₂ (mgTYeq/g)	Ra	SD	RSD
5	0,208	0,212	22,02	22,45	220,19	224,49	2,20	2,24	2,22	0,03	1,4E-04
15	0,223	0,235	23,63	24,92	236,33	249,24	2,36	2,49	2,43	0,09	3,9E-04
30	0,252	0,272	26,75	28,91	267,53	289,05	2,67	2,89	2,78	0,15	5,7E-04
45	0,296	0,303	31,49	32,24	314,88	322,41	3,15	3,22	3,18	0,05	1,7E-04
60	0,315	0,307	33,53	32,67	335,32	326,71	3,35	3,26	3,31	0,06	1,8E-04
90	0,348	0,343	37,08	36,54	370,83	365,45	3,70	3,65	3,68	0,04	1,0E-04
120	0,305	0,313	32,46	33,32	324,56	333,17	3,24	3,33	3,29	0,06	1,9E-04

Tabla 35. Rendimientos de extracción de azúcares (mg sacarosal eq./g alperujo) obtenidos utilizando etanol puro como disolvente a 30°C

	Abs	Abs	[Azúcares] (ppm)	[Azúcares] (ppm)	[Azúcares]x2 (dilucion)	[Azúcares]x2 (dilucion)	Ra ₁ (mgTYeq/g)	Ra ₂ (mgTYeq/g)	Ra	SD	RSD
5	0,196	0,185	20,728	19,544	207,276	195,440	2,070	1,952	2,011	0,084	4,033E-04
15	0,248	0,242	26,323	25,677	263,228	256,772	2,629	2,565	2,597	0,046	1,732E-04
30	0,271	0,282	28,798	29,981	287,976	299,812	2,877	2,995	2,936	0,084	2,903E-04
45	0,269	0,291	28,582	30,950	285,824	309,496	2,855	3,092	2,973	0,167	5,850E-04
60	0,321	0,336	34,178	35,792	341,776	357,916	3,414	3,575	3,495	0,114	3,336E-04
90	0,352	0,347	37,513	36,975	375,132	369,752	3,747	3,693	3,720	0,038	1,013E-04
120	0,351	0,359	37,406	38,266	374,056	382,664	3,736	3,822	3,779	0,061	1,625E-04

Tabla 36. Valores de color, conductividad y pH con agua pura como disolvente, 20°C

	A436	A525	A620	Color	Conductividad (μS/cm)	pH
5	0,668	0,323	0,156	0,501	1526	4,96
15	0,726	0,35	0,168	0,545	1554	4,93
30	0,787	0,377	0,178	0,591	1562	4,95
45	0,825	0,394	0,183	0,620	1532	4,9
60	0,848	0,405	0,189	0,637	1588	4,9
90	0,85	0,407	0,189	0,639	1672	4,89
120	0,873	0,419	0,194	0,656	1676	4,89

Tabla 37. Valores de color, conductividad y pH con agua pura como disolvente, 30°C

	A436	A525	A620	Color	Conductividad (μS/cm)	pH
5	0,731	0,335	0,151	0,550	1503	4,97
15	0,793	0,362	0,161	0,597	1523	4,97
30	0,844	0,384	0,169	0,636	1527	4,93
45	0,904	0,412	0,181	0,681	1536	4,95
60	0,94	0,429	0,188	0,708	1556	4,97
90	0,981	0,449	0,194	0,740	1685	4,96
120	1,023	0,467	0,201	0,772	1719	4,93

Tabla 38. Valores de color, conductividad y pH agua pura como disolvente a 40°C

	A436	A525	A620	Color	Conductividad (μS/cm)	pH
5	0,875	0,401	0,177	0,659	1556	5,15
15	0,936	0,428	0,184	0,706	1724	5,14
30	0,981	0,449	0,193	0,740	1733	5,09
45	1,035	0,473	0,204	0,781	1760	5,14
60	1,07	0,487	0,223	0,804	1788	5,06
90	1,169	0,536	0,224	0,883	1802	5,15
120	1,197	0,548	0,226	0,905	1879	5,07

Tabla 39. Valores de color, conductividad y pH obtenidos una mezcla de etanol/agua 50:50 como disolvente a 20°C

	A436	A525	A620	Color	Conductividad (μS/cm)	pH
5	0,794	0,335	0,146	0,599	428	5,87
15	0,865	0,363	0,16	0,652	456	5,88
30	0,891	0,378	0,166	0,672	462	5,84
45	0,938	0,401	0,176	0,707	460	5,86
60	0,965	0,412	0,182	0,727	487	5,88
90	1,003	0,429	0,19	0,756	483	5,86
120	1,029	0,447	0,196	0,776	532	5,83

Tabla 40. Valores de color, conductividad y pH obtenidos utilizando una mezcla de etanol/agua 50:50 como disolvente a 30°C

	A436	A525	A620	Color	Conductividad ($\mu\text{S/cm}$)	pH
5	0,984	0,434	0,176	0,745	465	5,98
15	1,052	0,468	0,193	0,796	484	5,92
30	1,096	0,487	0,198	0,830	506	5,88
45	1,136	0,507	0,207	0,860	508	5,88
60	1,174	0,527	0,218	0,888	516	5,89
90	1,227	0,555	0,231	0,927	532	5,89
120	1,263	0,57	0,232	0,956	553	5,93

Tabla 41. Valores de color, conductividad y pH obtenidos utilizando una mezcla de etanol/agua 50:50 como disolvente a 40°C

	A436	A525	A620	Color	Conductividad ($\mu\text{S/cm}$)	pH
5	1,093	0,461	0,194	0,827	546	5,87
15	1,164	0,493	0,209	0,880	565	5,86
30	1,213	0,515	0,217	0,917	584	5,84
45	1,251	0,532	0,224	0,946	598	5,84
60	1,285	0,515	0,228	0,971	615	5,83
90	1,359	0,58	0,239	1,029	646	5,85
120	1,453	0,627	0,263	1,098	696	5,79

Tabla 42. Valores de color, conductividad y pH obtenidos utilizando etanol puro como disolvente a 20°C

	A436	A525	A620	Color	Conductividad ($\mu\text{S/cm}$)	pH
5	0,192	0,03	0,025	0,155	53	6,55
15	0,197	0,036	0,034	0,155	53	6,44
30	0,212	0,038	0,036	0,167	54	6,41
45	0,237	0,039	0,034	0,190	63	6,4
60	0,245	0,04	0,034	0,197	76	6,41
90	0,26	0,042	0,035	0,209	81	6,43
120	0,268	0,046	0,035	0,215	86	6,37

Tabla 43. Valores de color, conductividad y pH obtenidos utilizando etanol puro como disolvente a 30°C

	A436	A525	A620	Color	Conductividad ($\mu\text{S/cm}$)	pH
5	0,203	0,031	0,025	0,165	34	6,43
15	0,234	0,043	0,033	0,186	38	6,45
30	0,267	0,045	0,034	0,215	40	6,48
45	0,28	0,059	0,053	0,216	42	6,47
60	0,311	0,051	0,036	0,253	53	6,46
90	0,342	0,058	0,044	0,275	54	6,49
120	0,361	0,063	0,047	0,290	57	6,43

ANEXO II

DEPÓSITO DE ALMACENAMIENTO DE FONDO CÓNICO CON PATAS

Mod. DAFCP

APLICACIÓN

Almacenamiento y conservación de vinos, aguas minerales, aceites, sidras, zumos, refrescos y todo tipo de líquidos alimentarios.

CARACTERÍSTICAS

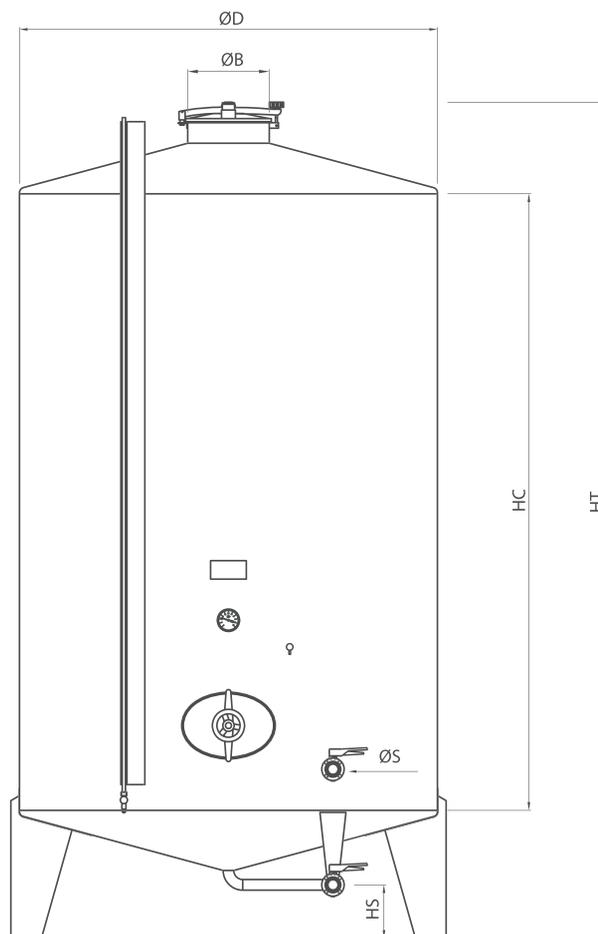
Construido en chapa de acero inoxidable, laminado en frío, calidad aisi 316, aisi 304 o combinado, superficies interiores y exteriores en el estado natural de la chapa 2b, con las soldaduras exteriores pulidas y las interiores lavadas y pasivadas.

Opcional soldaduras interiores pulidas.

Bajo pedido el acabado de la chapa puede ser de diversos tipos: pulido espejo BA, satinado, *spazzolato* o esmerilado en varios granos.



CAPACIDAD L.		DIMENSIONES						PATAS	PESO KG.
ÚTIL	TOTAL	ØD	HC	HT	HS	Ø S	Ø B		
100	106	440	625	1.219	250	1/2"	200	3	25
200	212	615	625	1.273	250	1/2"	300	3	34
250	269	640	750	1.405	250	1/2"	300	3	38
300	333	685	750	1.452	250	25	300	3	44
400	416	790	750	1.467	250	25	400	3	57
500	550	800	1.000	1.764	250	25	400	3	65
750	785	860	1.250	1.986	250	25	400	3	80
1.000	1.074	1.000	1.250	2.031	250	25	400	3	92
1.500	1.555	1.195	1.250	2.076	250	32	400	3	131
2.000	2.119	1.280	1.500	2.352	250	32	400	3	141
2.500	2.552	1.400	1.500	2.372	250	32	400	3	168
3.000	3.050	1.525	1.500	2.410	250	40	400	4	196
4.000	4.082	1.545	2.000	2.933	250	40	400	4	286
5.000	5.117	1.720	2.000	2.982	250	40	400	4	330
6.000	6.124	1.875	2.000	3.023	250	40	400	4	361
7.000	7.117	1.915	2.250	3.284	250	40	400	4	374
7.500	7.626	1.980	2.250	3.302	250	40	400	4	409
8.000	8.132	1.950	2.500	3.544	250	40	400	4	437
9.000	9.156	2.065	2.500	3.574	250	40	400	4	464
10.000	10.134	2.000	3.000	4.057	250	40	400	4	500
12.000	12.162	2.185	3.000	4.107	250	40	400	4	569
12.500	12.685	2.230	3.000	4.119	250	40	400	4	582
15.000	15.210	2.435	3.000	4.182	250	50	400	4	658
20.000	20.171	2.325	4.500	5.652	250	50	400	5	856
25.000	25.247	2.595	4.500	5.725	250	50	400	5	1.128
30.000	30.277	2.835	4.500	5.789	250	50	400	5	1.243
35.000	35.309	3.055	4.500	5.848	250	50	400	5	1.352
40.000	40.371	3.260	4.500	5.903	250	50	400	6	1.483
45.000	45.344	3.025	6.000	7.340	250	50	400	6	1.653
50.000	50.392	3.185	6.000	7.383	250	50	400	6	1.750
55.000	55.373	3.335	6.000	7.423	250	50	400	6	1.841
60.000	60.422	3.480	6.000	7.462	250	50	400	6	1.932



Consultar otras capacidades y dimensiones.
 Todos los datos tienen únicamente carácter informativo.
 InoXdubra se reserva el derecho de introducir eventuales modificaciones en los modelos presentados sin previo aviso.

*En el peso de la tabla no está incluido el peso de la camisa.

ACCESORIOS

	6 BOCA DE HOMBRE SUPERIOR CENTRAL Ø400		52 VÁLVULA DE DESAIREACIÓN		11 BOCA APERTURA EXTERIOR (420x310)		8 BOCA SUPERIOR MONTADA EN CÁMARA DE EXPANSIÓN
	59 GRIFO SACAMUESTRAS		62 TERMÓMETRO		13 BOCA TIPO RIOJANA APERTURA EXTERIOR (450x750)		12 BOCA APERTURA EXTERIOR (530x410)
	5 BOCA DE HOMBRE INFERIOR OVALADA		38 APOYO SOBRE PATAS TRONCO PIRAMIDALES		23 SISTEMA DE LIMPIEZA		7 BOCA DE HOMBRE SUPERIOR CENTRAL Ø300-1200
	54 VÁLVULA DE MARIPOSA		46 OREJETAS DE ELEVACIÓN		42 PATA TRONCO PIRAMIDAL CON PIE REGULABLE EN ALTURA		61 TOMA PARA TRANSMISOR DE NIVEL
	60 TOMA PARA Sonda TERMOSTÁTICA		58 REGLETA DE NIVEL CON GRIFO DE PURGA		2 ESCALERA CON QUITA MIEDOS		1 BARANDILLAS PERIMETRALES
			4 PASARELA		37 AGITADOR LATERAL PARA DIFERENTES APLICACIONES		3 SOPORTE PARA PASARELA
			55 VÁLVULA DE BOLA		36 AGITADOR VERTICAL PARA DIFERENTES APLICACIONES		37 AGITADOR LATERAL PARA DIFERENTES APLICACIONES

DEPÓSITO DE FERMENTACIÓN Y ALMACENAMIENTO CON DESCARGA MECANIZADA Y FONDO TRONCO CÓNICO

Mod. DFADMFTC

APLICACIÓN

Fermentación de mostos y almacenaje de vinos o líquidos alimentarios.

Tecnología avanzada en la elaboración de uvas tintas, para obtener vinos de gran calidad. El ciclo de trabajo se inicia una vez comenzada la fermentación en sucesivos remontajes intermitentes programables, a través del difusor especial colocado en la parte alta, extrayendo todas las sustancias y color presentes en la uva.

La descarga de orujo se efectúa mecánicamente por medio de un extractor de palas móviles en brevísimo tiempo, regulando su capacidad por medio de un pistón hidráulico o neumático que acciona la bocapuerta de salida.

CARACTERÍSTICAS

Construido en chapa de acero inoxidable, laminado en frío, calidad aisi 316, aisi 304 o combinado, superficies interiores y exteriores en el estado natural de la chapa 2b, con las soldaduras exteriores pulidas y las interiores lavadas y pasivadas.

Opcional soldaduras interiores pulidas.

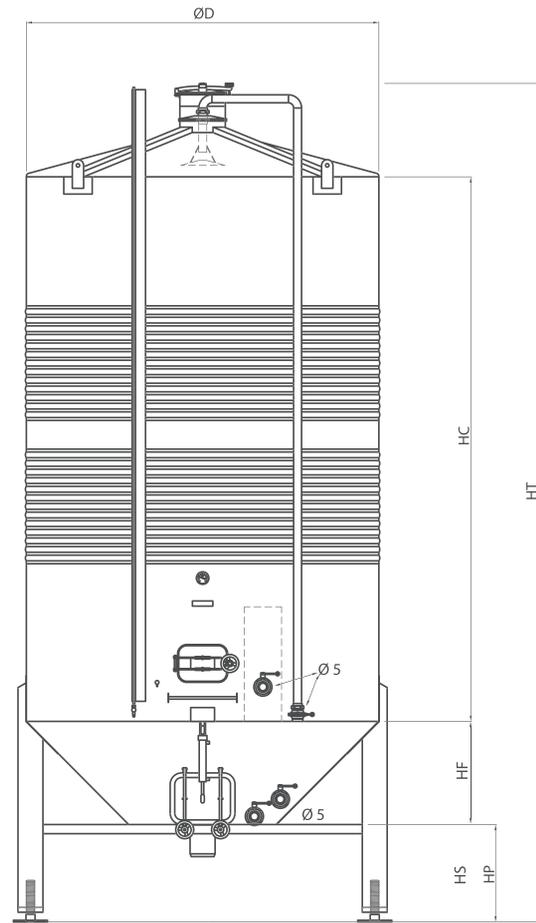
Bajo pedido el acabado de la chapa puede ser de diversos tipos: pulido espejo BA, satinado, spazzolato o esmerilado en varios granos.

Opcional soldaduras interiores pulidas.

Bajo pedido el acabado de la chapa puede ser de diversos tipos: pulido espejo BA, satinado, spazzolato o esmerilado en varios granos.



CAPACIDAD L.		DIMENSIONES							PATAS	PESO KG.
ÚTIL	TOTAL	ØD	HC	HB	HF	HS	HT	ØS		
20.000	20.368	2.300	4.500	650	500	850	6.500	50	4	1.307
25.000	25.340	2.550	4.500	650	625	850	6.625	50	4	1.428
30.000	30.495	2.780	4.500	700	740	850	6.790	50	4	1.544
35.000	35.404	2.980	4.500	700	840	850	6.890	50	5	1.704
40.000	40.581	3.040	5.000	730	870	950	7.550	50	5	1.842
45.000	45.278	3.200	5.000	730	950	950	7.630	50	5	1.941
50.000	50.017	3.000	6.500	730	850	950	9.030	50	6	2.165
55.000	55.442	3.150	6.500	730	925	950	9.105	50	6	2.336
60.000	60.298	3.080	7.500	740	890	950	10.080	50	6	2.480
65.000	65.316	3.200	7.500	740	950	950	9.930	50	6	2.560
70.000	70.581	3.320	7.500	740	1.010	950	10.200	65	6	2.799
75.000	75.119	3.420	7.500	740	1.060	950	10.250	65	6	2.882
80.000	80.400	3.300	8.750	770	1.000	1.100	11.570	65	6	3.058
85.000	85.500	3.400	8.750	770	1.061	1.100	11.629	65	6	3.622
90.000	90.318	3.490	8.750	770	1.095	1.100	11.689	65	6	3.704
95.000	95.256	3.580	8.750	770	1.140	1.100	11.746	65	6	3.803
100.000	100.060	3.620	9.000	860	1.160	1.100	12.020	80	8	4.053



Consultar otras capacidades y dimensiones.
 Todos los datos tienen únicamente carácter informativo.
 Inoxdubra se reserva el derecho de introducir eventuales modificaciones en los modelos presentados sin previo aviso.

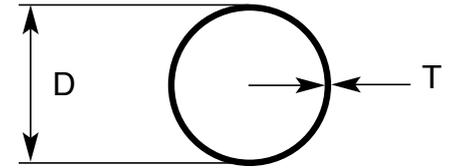
*En el peso de la tabla no está incluido el peso de la camisa.

ACCESORIOS

- | | | | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|--|--|
| | 8 BOCA SUPERIOR MONTADA EN CÁMARA DE EXPANSIÓN | | 52 VÁLVULA DE DESAIREACIÓN | | 14 PUERTA INFERIOR DE GUILLOTINA (VARIAS MEDIDAS) | | 6 BOCA DE HOMBRE SUPERIOR CENTRAL Ø400 |
| | 59 GRIFO SACAMUESTRAS | | 62 TERMÓMETRO | | 7 BOCA DE HOMBRE SUPERIOR CENTRAL Ø300-1200 | | 5 BOCA DE HOMBRE INFERIOR |
| | 40 FONDO TRONCO CÓNICO APOYADO SOBRE PATAS | | 11 BOCA APERTURA EXTERIOR (420x310) | | 12 BOCA APERTURA EXTERIOR (530x410) | | 13 BOCA TIPO RIOJANA APERTURA EXTERIOR (450x750) |
| | 55 VÁLVULA DE BOLA | | 46 OREJETAS DE ELEVACIÓN | | 23 SISTEMA DE LIMPIEZA | | 25 TUBO REMONTADO GIRATORIO TIPO TROMPA DE ELEFANTE |
| | 20 CAMISA DE REFRIGERACIÓN | | 24 TUBO DE REMONTADO CON DIFUSOR ESTÁTICO | | 26 TUBO DE REMONTADO CON DIFUSOR GIRATORIO POR FUERZA CENTRÍFUGA | | 27 TUBO DE REMONTADO CON DIFUSOR GIRATORIO CON MOTOR ELÉCTRICO |
| | 29 DESCARGA POR MEDIO DE EXTRACTOR DE EVACUACIÓN CON MOTOR HIDRÁULICO | | 30 DESCARGA POR MEDIO DE EXTRACTOR DE EVACUACIÓN CON MOTOR ELÉCTRICO | | 2 ESCALERA CON QUITA MIEDOS | | 3 SOPORTE PARA PASARELA |
| | 31 CENTRAL HIDRÁULICA | | 33 CUADRO ELÉCTRICO | | 4 PASARELA | | 1 BARANDILLAS PERIMETRALES |
| | 56 SALIDA DE CLAROS CON REJILLA DE SANGRADO | | 58 REGLETA DE NIVEL CON GRIFO DE PURGA | | 45 PIES REGULABLES EN DIFERENTES MEDIDAS | | |
| | 60 TOMA PARA Sonda TERMOSTÁTICA | | | | | | |



Tubos soldados según ISO-1127



Diámetro nominal		Diámetro ext. mm	Espesor mm													
DN	Pulg.		0,80	1	1,2	1,6	2	2,5	2,6	3	3,2	3,6	4	5	6	
		Peso en kg/m														
10	3/8"	17,2	0,329	0,406	0,481	0,625	0,761	0,920	0,951	1,067						
15	1/2"	21,3	0,411	0,508	0,604	0,789	0,967	1,177	1,217	1,375						
20	3/4"	26,9	0,523	0,649	0,772	1,014	1,247	1,527	1,582	1,795						
25	1"	33,7	0,659	0,819	0,977	1,286	1,588	1,953	2,025	2,306	2,444					
32	1 1/4"	42,4		1,037	1,238	1,536	2,023	2,498	2,591	2,960	3,141	3,498	3,846			
40	1 1/2"	48,3		1,184	1,415	1,758	2,319	2,867	2,975	3,403	3,614	4,029	4,437			
50	2"	60,3		1,485	1,776	2,209	2,920	3,618	3,757	4,304	4,575	5,111	5,639	6,924		
65	2 1/2"	76,1		1,881	2,251	2,802	3,711	4,607	4,785	5,491	5,841	6,535	7,222	8,902		
80	3"	88,9			2,635	3,283	3,498	5,409	5,618	6,453	6,867	7,689	8,504	10,504		
90	3 1/2"	101,6				3,760	4,006	4,988	6,445	7,407	7,885	8,834	9,776	12,094		
100	4"	114,3				4,237	4,515	5,624	7,272	8,361	8,902	9,979	11,048	13,684	16,271	
125	5"	139,7				5,533	6,896	8,589	8,926	10,269	10,937	12,269	13,592	16,864	20,087	
150	6"	168,3				6,679	8,328	10,379	10,788	12,417	13,229	14,847	16,456	20,445	24,384	
200	8"	219,1					10,872	13,559	14,095	16,233	17,300	19,426	21,544	26,805	32,016	
250	10"	273					13,572	16,933	17,604	20,282	21,619	24,285	26,943	33,554	40,114	
300	12"	323,9					16,121	20,120	20,918	24,106	25,697	28,873	32,041	39,926	47,761	
350	14"	355,6					17,708	22,104	22,982	26,487	28,237	31,731	35,216	43,895	52,524	
400	16"	406,4					20,252	25,284	26,289	30,303	32,308	36,310	40,304	50,255	60,156	
450	18"	457,2					22,759	28,462	29,594	34,000	36,320	40,82	45,320	56,612	67,784	
500	20"	508					25,338	31,642	32,901	37,933	40,446	45,465	50,477	62,971	75,416	
600	24"	609,6								45,565	48,586	54,623	60,635	75,691	90,679	
700	28"	711,2											70,828	88,411	105,942	
800	32"	812,8											81,004	101,136	121,206	
900	36"	914,4											91,180	113,850	136,470	
1000	40"	1016											101,335	126,597	151,733	

Composición química: Ver página 8

Características mecánicas: Ver página 9

Calidad del material: AISI 304/304L, 316/316L, duplex

Acabados: Ver página 13

Tolerancias: Ver página 33

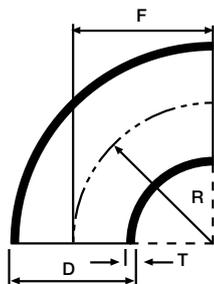
Normas de fabricación: EN 10217-7

EN 10296-2

Longitud de suministro: 6.000 mm.

Otros largos, espesores, calidades o características especiales bajo pedido especial (consultar).





Codos 90° soldados

Accesorios de acero inoxidable para soldar

Diámetro nominal		Diámetro D mm	Radio R=F mm	Espesor T mm	Peso Kg
DN	Pulg.				
15	1/2"	21,3	27	1,6/2	0,03/0,04
20	3/4"	26,9	28	1,6/2	0,05/0,06
25	1"	33,7	38	1,6/2	0,08/0,09
32	1 1/4"	42,4	47	1,6/2	0,12/0,15
40	1 1/2"	48,3	57	1,6/2	0,17/0,21
50	2"	60,3	76	1,6/2	0,29/0,35
65	2 1/2"	76,1	95	1,6/2	0,44/0,55
80	3"	88,9	114	2/3	0,78/1,10
100	4"	114,3	152	2/3	1,35/1,9
125	5"	139,7	190	2/3	2,07/3,1
150	6"	168,3	229	2/3	3,0/4,6
200	8"	219,1	305	2/3	5,2/8,7
250	10"	273	381	2/3	8,2/12,2
300	12"	323,9	457	2/3	11,6/17,4
350	14"	355,6	533,5	3/4	22/24
400	16"	406,4	610	3/4	29/39
450	18"	457,2	686	4	49
500	20"	508	762	4	60,4
600	24"	610	914	4	87,1
700	28"	711,2	1067	4/5	119/148
800	32"	812,8	1219	4/5	156/195
900	36"	914,4	1372	4/5	206/246
1000	40"	1016	1524	4/5	243/304

Radio: Aproximadamente 1,5 veces el diámetro nominal.

Calidad del material: AISI-304 / 304 L / 316 / 316 L, duplex.

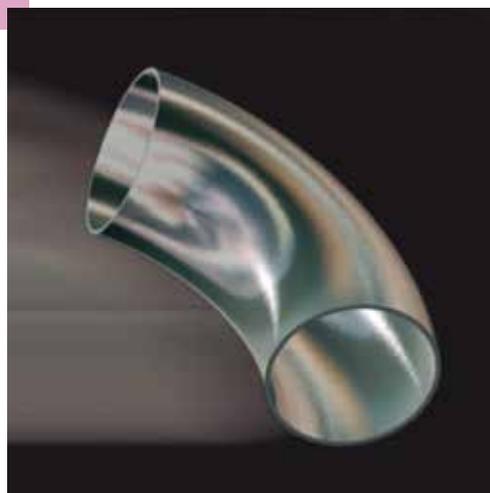
Composición química: Ver página 8.

Características mecánicas: Ver página 9.

Bajo consulta se pueden fabricar en otros espesores.

Tolerancias: Ver página 34.

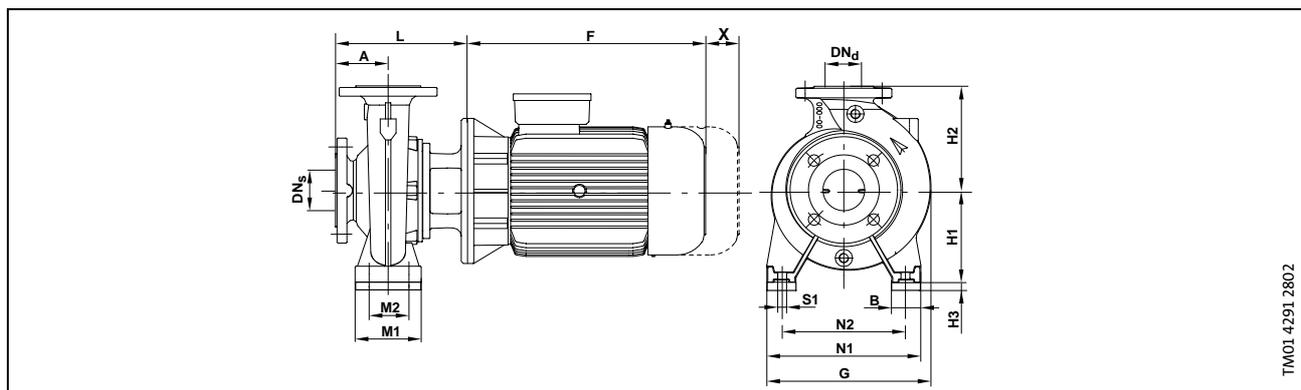
Normas de fabricación: EN 10253-3/EN 10253-4.



NB

Bombas monobloc de aspiración axial
50 Hz





TM01.4291.2802

	EN 1092-2 PN 16	
	Diámetro nominal (DN)	
	40	65
	D ₁	65
	D ₂	145
D ₃	185	
S	4 x 19	4 x 19

TM01.1538.4997

Dimensiones y pesos

Tipo de bomba	Motor [kW]	Fig.	Dimensiones [mm]													X [mm]	Altura de los calzos [mm]		Gama estándar Peso neto [kg]	Gama alta Peso neto [kg]				
			DN _s	DN _d	A	B	E	f ⁽¹⁾	G	H1	H2	L	M1	M2	N1		N2	S1			W	Sólo motor	Motor y soporte de motor	H4
NB 40-125/107	1.5	A	65	40	80	50	-	281	235	112	140	226	100	70	210	160	M12	-	50	100	-	-	42	44
NB 40-125/120	2.2	A	65	40	80	50	-	281/321	235	112	140	226	100	70	210	160	M12	-	50	100	-	-	44	49
NB 40-125/130	3.0	A	65	40	80	50	-	335/372	250	112	140	254	100	70	210	160	M12	-	60	100	-	20	51	60
NB 40-125/139	4.0	A	65	40	80	50	-	372	250	112	140	254	100	70	210	160	M12	-	60	100	-	20	54	59

● Las patas del motor deben ser colocadas sobre calzos de altura indicada, ver "Accesorios" en la página 154.

● Las patas del cuerpo de la bomba deben ser colocadas sobre calzos de altura indicada, ver "Accesorios" en la página 154.

⁽¹⁾ En la columna algunos modelos están indicados con dos dimensiones F. La primera cifra se refiere a la gama estándar de motores y la segunda a la gama alta de motores.

Datos eléctricos, gama alta

3 x 220-240Δ/3 x 380-415V, 50 Hz

Tipo de bomba	Tipo de motor	P ₂ [kW]	I _{1/1} [A]	η _{máx} [%]	Factor de potencia cos φ	n [min ⁻¹]	I _{arranque} I _{1/1}
NB 40-125/107	MG 90SB-D	1,5	5,45/3,15	85,5	0,87-0,82	2890-2910	8,5-9,3
NB 40-125/120	MG 90LC-D	2,2	7,70/4,45	87,5	0,89-0,87	2890-2910	8,5-9,5
NB 40-125/130★	MG 112MB-D	3,0	5,95	88,0	0,88-0,85	2910-2930	9,7-10,7
NB 40-125/139★	MG 112MC-D	4,0	8,00	89,0	0,88-0,84	2910-2930	11,2-12,3

★ Tensión de alimentación 3 x 380-415ΔV, 50 Hz.

Datos eléctricos, gama estándar

3 x 220-240Δ/3 x 380-415V, 50 Hz

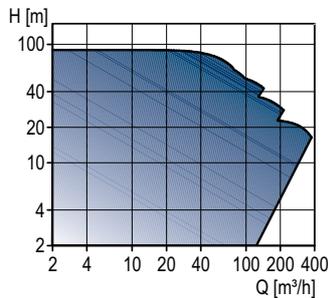
Tipo de bomba	Tipo de motor	P ₂ [kW]	I _{1/1} [A]	η _{máx} [%]	Factor de potencia cos φ	n [min ⁻¹]	I _{arranque} I _{1/1}
NB 40-125/107	MG 90SA-C	1,5	5,90/3,40	82,0	0,85-0,79	2860-2890	6,3-6,9
NB 40-125/120	MG 90LA-C	2,2	8,25/4,75	84,0	0,87-0,82	2860-2890	7,0-7,6
NB 40-125/130★	MG 100LB-C	3,0	6,25	85,0	0,88-0,82	2880-2910	7,8-8,5
NB 40-125/139★	MG 112MB-C	4,0	8,00	86,0	0,90-0,87	2900-2910	8,7-9,5

★ Tensión de alimentación 3 x 380-415ΔV, 50 Hz.



TPE Serie 1000

Bombas centrífugas monocelulares, controladas electrónicamente



Datos técnicos

Caudal, Q: máx. 340 m³/h
 Altura, H: máx. 90 m
 Temp. líquido: - 25 °C a + 140 °C
 Presión sistema: máx. 16 bar.

Aplicaciones

- Plantas de calefacción de distrito
- Sistemas de refrigeración y de aire acondicionado
- Plantas industriales
- Sistemas de suministro de agua.

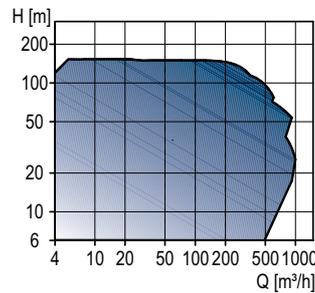
Características y beneficios

- Bajo consumo
- Adaptable a las condiciones de funcionamiento existentes
- Instalación sencilla
- Varias opciones de control
- Control remoto inalámbrico, R100
- Comunicación mediante GENibus o LON.



NB, NBG

Bombas estándar monocelulares



Datos técnicos

Caudal, Q: máx. 1000 m³/h
 Altura, H: máx. 160 m
 Temp. líquido: - 25 °C a + 120 °C
 Presión sistema: máx. 16 bar.

Aplicaciones

- Plantas de calefacción de distrito
- Sistemas de calefacción en edificios de viviendas
- Sistemas de aire acondicionado
- Sistemas de refrigeración
- Sistemas de baldeo
- Otros sistemas industriales.

Características y beneficios

- Dimensiones estándar según normas EN e ISO
- Diseño compacto
- Gama flexible de bombas
- Motor estándar
- Adecuado para todas las aplicaciones y rendimientos
- Cierre mecánico EN 12756.

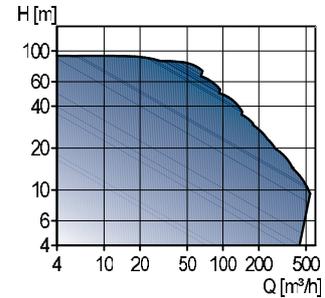
Opcional

- Varios tipos de cierres según el líquido, la temperatura y la presión
- Impulsor en fundición, bronce o acero inoxidable
- Cuerpo de bomba en fundición o acero inoxidable.



NBE, NBGE

Bombas estándar monocelulares, controladas electrónicamente



Datos técnicos

Caudal, Q: máx. 550 m³/h
 Altura, H: máx. 100 m
 Temp. líquido: - 25 °C a + 120 °C
 Presión sistema: máx. 16 bar.

Aplicaciones

- Plantas de calefacción de distrito
- Sistemas de calefacción en edificios de viviendas
- Sistemas de aire acondicionado
- Sistemas de refrigeración
- Sistemas de baldeo
- Otros sistemas industriales.

Características y beneficios

- Dimensiones estándar según normas EN e ISO
- Diseño compacto
- Gama flexible de bombas
- Motor estándar
- Adecuado para todas las aplicaciones y rendimientos
- Cierre mecánico EN 12756.

Opcional

- Varios tipos de cierres según el líquido, la temperatura y la presión
- Impulsor en fundición, bronce o acero inoxidable
- Cuerpo de bomba en fundición o acero inoxidable.

ANEXO III

SECCIÓN 1: Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

· 1.1 Identificador del producto

· **Nombre comercial:** Ethanol 96 %

· **Número del artículo:** 1085

· **Número de registro**

No se dispone del número de registro para esta sustancia, ya que es una mezcla.

· 1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

· **Sector de uso**

SU3 Usos industriales: Usos de sustancias como tales o en preparados en emplazamientos industriales

SU8 Fabricación de productos químicos a granel a gran escala (incluidos los productos del petróleo)

SU9 Fabricación de productos químicos finos

SU10 Formulación [mezcla] de preparados y/o reenvasado (sin incluir aleaciones)

· **Categoría de productos**

PC1 Adhesivos, sellantes

PC3 Productos de higienización del aire

PC4 Productos anticongelantes y descongelantes

PC8 Productos biocidas

PC9a Revestimientos y pinturas, disolventes, decapantes

PC9c Pinturas de dedo

PC13 Combustibles

PC15 Productos de tratamiento de superficies no metálicas

PC16 Fluidos portadores de calor

PC17 Fluidos hidráulicos

PC18 Tintas y tóners

PC23 Productos para el curtido

PC24 Lubricantes, grasas y desmoldeantes

PC27 Productos fitosanitarios

PC28 Perfumes, fragancias

PC31 Abrillantadores y ceras

PC34 Tintes para tejidos y productos de acabado e impregnación

PC35 Productos de lavado y limpieza (incluidos los productos que contienen disolventes)

PC39 Productos cosméticos y productos de cuidado personal

· **Categoría de procesos**

PROC1 Producción de productos químicos o refinería en procesos cerrados en los que no hay probabilidades de exposición o procesos en condiciones de contención equivalentes.

PROC2 Producción de productos químicos o refinería en procesos cerrados y continuos con exposición ocasional controlada o procesos cuyas condiciones de contención son equivalentes.

PROC4 Producción de productos químicos en los que se puede producir la exposición.

PROC5 Mezclado en procesos por lotes

PROC7 Pulverización industrial

PROC8a Transferencia de sustancias o mezclas (carga y descarga) en instalaciones no especializadas

PROC8b Transferencia de sustancias o mezclas (carga y descarga) en instalaciones especializadas

PROC9 Transferencia de sustancias o mezclas a pequeños contenedores (líneas de llenado especializadas, incluido el pesaje)

PROC10 Aplicación mediante rodillo o brocha

PROC11 Pulverización no industrial

PROC13 Tratamiento de artículos mediante inmersión y vertido

PROC14 Tableteado, compresión, extrusión, peletización, granulación

PROC15 Uso como reactivo de laboratorio

PROC16 Uso de combustibles

(se continua en página 2)

Nombre comercial: Ethanol 96 %

(se continua en página 1)

PROC19 Actividades manuales en las que interviene el contacto manual

PROC20 Uso de fluidos funcionales en pequeños aparatos

· **Categoría de emisiones al medio ambiente**

ERC1 Fabricación de sustancias

ERC2 Formulación en mezcla

ERC4 Uso de auxiliares tecnológicos no reactivos en emplazamientos industriales (no forman parte de artículos)

ERC6a Uso de sustancias intermedias

ERC7 Uso de fluidos funcionales en emplazamiento industrial.

ERC8a Amplio uso de auxiliares tecnológicos no reactivos (no forman parte de artículos, interior)

ERC8d Amplio uso de auxiliares tecnológicos no reactivos (no forman parte de artículos, exterior)

ERC9a Amplio uso de fluidos funcionales (interior)

ERC9b Amplio uso de fluidos funcionales (exterior)

· **Utilización del producto / de la elaboración** Laboratory chemical

· **1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad**

· **Fabricante/distribuidor:**

PANREAC QUIMICA S.L.U.

C/Garraf 2

Polígono Pla de la Bruguera

E-08211 Castellar del Vallès (Barcelona)

Tel. (+34) 937 489 400

Fax. (+34) 937 489 401

e-mail: product.safety@panreac.com

· **Área de información:** email: product.safety@panreac.com

· **1.4 Teléfono de emergencia:**

Single telephone number for emergency calls: 112 (EU)

Tel.: (+34) 937 489 499

SECCIÓN 2: Identificación de los peligros

· **2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla**

· **Clasificación con arreglo al Reglamento (CE) nº 1272/2008**

Flam. Liq. 2 H225 Líquido y vapores muy inflamables.

Eye Irrit. 2 H319 Provoca irritación ocular grave.

· **2.2 Elementos de la etiqueta**

· **Etiquetado con arreglo al Reglamento (CE) nº 1272/2008**

El producto se ha clasificado y etiquetado de conformidad con el reglamento CLP.

· **Pictogramas de peligro**



GHS02 GHS07

· **Palabra de advertencia** Peligro

· **Indicaciones de peligro**

H225 Líquido y vapores muy inflamables.

H319 Provoca irritación ocular grave.

· **Consejos de prudencia**

P210 Mantener alejado del calor, de superficies calientes, de chispas, de llamas abiertas y de cualquier otra fuente de ignición. No fumar.

P280 Llevar guantes/prendas/gafas/máscara de protección.

P303+P361+P353 EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL (o el pelo): Quitar inmediatamente todas las prendas contaminadas. Aclararse la piel con agua/ducharse.

P305+P351+P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.

P403+P235 Almacenar en un lugar bien ventilado. Mantener en lugar fresco.

P501 Eliminar el contenido o el recipiente conforme a la reglamentación local/regional/nacional/internacional.

(se continua en página 3)

PRESUPUESTO

1. INTRODUCCIÓN

El siguiente documento recoge la descripción, cantidad y precio de todos los elementos necesarios para llevar a cabo la instalación de una planta dedicada a la extracción de polifenoles a través de una corriente de alperujo.

Esta inversión no tiene en cuenta gastos de terreno ni acondicionamiento, ya que su construcción se va a llevar a cabo en una empresa ya existente, con espacio suficiente.

Este presupuesto consta de las siguientes partes:

En primer lugar, se lleva a cabo un estudio de los gastos relacionados con el desarrollo del trabajo experimental. Se tiene en cuenta tanto el material no amortizable como el amortizable. Este último, dependiendo de la vida útil de cada equipo, tendrá una amortización u otra.

En segundo lugar, se desarrolla un presupuesto relacionado con los elementos necesarios para llevar a cabo un diseño industrial.

A su vez este apartado se divide en:

- Cuadro de precios nº1: Mano de obra, en el que se explica los miembros de personal necesarios para llevar a cabo la instalación.
- Cuadro de precios nº2: Precios descompuestos: Se muestra la descripción y el precio de cada uno de los equipos seleccionados por unidad.
- Mediciones: Indica el número de unidades seleccionadas para cada uno de los equipos. En el caso de las tuberías, se indican los metros necesarios para cada uno de los tramos.
- Presupuesto: Muestra tanto el precio de cada unidad de obra como las mediciones de las mismas, obteniéndose así el presupuesto final para llevar a cabo la instalación.

El presupuesto de la instalación industrial se ha dividido en los siguientes capítulos: sistemas de almacenamiento, red de distribución, equipo de bombeo, sistema de válvulas, instrumentación y equipos auxiliares y conexiones entre tuberías. En cada uno de los capítulos se ha incluido una 3% de costes indirectos.

2. PRESUPUESTO EXPERIMENTAL

Material No Amortizable

A lo largo del procedimiento experimental, se han usado distintos materiales, equipos y productos químicos cuya reutilización es inviable. En la tabla. se muestran cada uno de los artículos y su precio:

Tabla 43. Presupuesto del Material No Amortizable en el procedimiento experimental

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unitario (€/unidad)	Importe (€)
Ud	Puntas micropipeta 100 µl	112	0,0514	5,75
Ud	Puntas micropipeta 1000 µl	32	0,0822	2,63
Ud	Puntas micropipeta 5 ml	32	0,1233	3,94
Ud	Filtros, tamaño de poro de 0,45µm	56	0,2074	11,61
Ud	Pipetas de Pasteur	112	0,0163	1,83
L	Etanol	10,4	21,8580	227,32
L	H ₂ SO ₄	0,4	15,1200	6,05
g	Antrona	0,8	4,4000	3,52
g	Na ₂ CO ₃	32	0,0029	0,09
L	Folin-Ciocalteu	0,06	232	13,92
Ud	Cubetas espectrofotómetro 10mm paso	432	0,0625	27,00
Ud	Guantes de nitrilo de seguridad	30	0,2999	9,00
Ud	Gafas de seguridad	1	4,15	4,15
Importe Total Material No Amortizable (€)				316,82

El importe total del material no amortizable tiene un valor de **TRESCIENTOS DIECISÉIS EUROS CON OCHENTA Y DOS CÉNTIMOS.**

Material Amortizable

Este proyecto se ha llevado a cabo en el Departamento de Ingeniería Química de la Universidad Politécnica de Valencia. Sin embargo, parte del material y de los equipos del laboratorio son utilizados simultáneamente por otros proyectos transversales al mismo.

La amortización lineal de cada uno de los equipos depende de sus características y su vida útil. Por ello se ha propuesto la división de los equipos en dos grupos: el primero de ellos corresponde a material cuya vida útil es de 8 años, mientras que el segundo corresponde a productos cuya vida útil es solo de 1 año.

Tabla 44. Presupuesto del Material Amortizable en el procedimiento experimental

	Unidad	Descripción	Coste (€)	Cantidad (h)	Precio unitario (€/h)	Importe (€)
Vida útil= 8 años	h	Extractor con equipo de ultrasonidos y control de temperatura implementado. Capacidad de 4,5 L	275,00	40	0,0172	0,69
	h	Baño termostático digital con equipo de refrigeración por recirculación (sonda de temperatura y bomba incluidas)	2310,00	40	0,1444	5,78
	h	Tuberías de goma látex (De=20mm)	11,14	40	0,0007	0,03
	h	Agitador de hélice digital (2 unidades)	884,00	40	0,0553	2,21
	h	Centrifugadora Megafure 16R, de la marca Thermo Scientific	3743,00	4	0,2339	0,94
	h	Jeringuilla dosificadora con manguera (100ml)	4,99	40	0,0003	0,01
	h	Balanza digital Serie Ac	35,09	5	0,0022	0,01
	h	PH-metro GLP-21 de sobremesa	642,00	10	0,0401	0,40
	h	Espectrofotómetro UV-Vis DR600, marca Hach Lange	4560,00	40	0,2850	11,40
	h	Conductímetro EC GLP 31 + de sobremesa	905,00	10	0,0566	0,57
	h	Micropipeta (100µl) (3B Scientific)	67,76	15	0,0042	0,06
	h	Micropipeta (1000µl)	55,00	15	0,0034	0,05
	h	Micropipeta (5 ml) (3B Scientific)	67,76	15	0,0042	0,06
	h	Gradillas (4 unidades)	20,56	240	0,0013	0,31
	h	Vórtex	93,39	30	0,0058	0,18
	h	Baño termostático (hasta 100°C)	130,79	60	0,0082	0,49
Importe total (€)						23,18
Vida útil= 1 año	Unidad	Descripción	Coste (€)	Cantidad (h)	Precio unitario (€/h)	Importe (€)
	h	Tubos de cristal con tapas roscadas para ensayos en el laboratorio (25 unidades), para caracterización de azúcares	9,40	150	0,0047	0,71
	h	Tubos de plástico para ensayos en laboratorio (25 unidades), para caracterización de polifenoles	5,99	150	0,0030	0,45
	h	Probeta 1L	14,88	30	0,0074	0,22
	h	Probeta 50 ml	1,82	30	0,0009	0,03
	h	Imán magnético	0,45	30	0,0002	0,01
	h	Cucharilla	3,03	30	0,0015	0,05
	h	Vasos precipitado 1L (2 unidades)	1,20	60	0,0006	0,04
	h	Vasos precipitado 50 ml (2 unidades)	0,96	60	0,0005	0,03
	h	Matraz aforado 50 ml	1,54	60	0,0008	0,05
	h	Bolsa 25 unidades Tubos Falcon	13,01	240	0,0065	1,56
Importe total (€)						3,13
Importe Total Material Amortizable (€)						26,31

El importe total del material amortizable es de **VEINTISEIS EUROS CON TREINTA Y UN CÉNTIMOS**.

Mano de obra

Con la finalidad de realizar un Trabajo Final de Grado, se contrata a un alumno de la Universidad Politécnica de Valencia para llevar a cabo todos los experimentos en el laboratorio. Se firma un convenio de prácticas y se fija previamente un horario de trabajo, con un total de 21 horas semanales.

Tabla 45. Presupuesto de Mano de Obra en el procedimiento experimental

Unidad	Descripción	Cantidad (h)	Precio unitario (€/h)	Importe (€)
h	Estudiante de Ingeniería Química de la Universidad Politécnica de Valencia	105	4,45	467,25
Importe total Mano de Obra				467,25

El importe total dedicado a la Mano de Obra es de **CUATROCIENTOS SESENTA Y SIETE EUROS CON VEINTICINCO CÉNTIMOS**.

Finalmente, el desglose del presupuesto total dedicado al desarrollo del procedimiento experimental queda reflejado en la siguiente tabla:

Tabla 46. Presupuesto de Mano de Obra en el procedimiento experimental

	Importe (€)
Material Amortizable	49,49
Material No Amortizable	316,82
Mano de Obra	467,25
Importe Total Procedimiento Experimental (€)	833,56

El importe total del desarrollo experimental de este Trabajo Final de Grado asciende a un valor de **OCHOCIENTOS TREINTA Y TRES EUROS CON CINCUENTA Y SEIS CÉNTIMOS**.

3. PRESUPUESTO INSTALACIÓN INDUSTRIAL

Como ya se ha mencionado anteriormente, se ha decidido incluir el gasto de mano de obra dentro de los costes indirectos. El resumen del personal necesario para llevar a cabo la instalación se muestra en la siguiente tabla:

3.1 Cuadro de precios nº 1. Mano de obra

Descripción	Unidad	Precio unitario /€/h)	Cantidad	Importe (€)
Oficial 1º Electricidad	h	15,83	125	1978,75
Oficial 1º Fontanería	h	18,24	125	2280,00
Oficial 1º Mecánica	h	14,88	125	1860,00
Importe total				6118,75

3.2 Cuadro de precios nº 2. Precios descompuestos

Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
1.5	Ud Depósito detsinado al almacenamiento del alperujo construido en chapa de acero inoxidable, laminado en frío, calidad AISI 316, superficies interiores y exteriores en el estado natural de la chapa 2b, con las soldaduras exteriores pulidas y las interiores lavadas y pasivadas. Opcional soldaduras interiores pulidas. Acabado de la chapa puede ser de diversos tipos: pulido espejo BA, satinado, spazzolato o esmerilado en varios granos.		
	Depósito detsinado al almacenamiento del alpe... 3% Costes indirectos	1,000 Ud 15.552,000	15.552,00
			466,56
			16.018,56
2.1	2 Red de distribución m Tubería de acero inoxidable con soldadura de calidad AISI 316 L de la casa comercial Hastinik, S.A. Transporte, trabajos y accesorios complementarios incluidos en la instalación.		
	Tubería de acero inoxidable con soldadura de ... 3% Costes indirectos	1,000 m 5,150	5,15
			0,15
			5,30
2.2	m Tubería de acero inoxidable con soldadura de calidad AISI 316 L de la casa comercial Hastinik, S.A. Transporte, trabajos y accesorios complementarios incluidos en la instalación.		
	Tubería de acero inoxidable con soldadura de ... 3% Costes indirectos	1,000 m 6,400	6,40
			0,19
			6,59
2.3	m Tubería de acero inoxidable con soldadura de calidad AISI 316 L de la casa comercial Hastinik, S.A. Transporte, trabajos y accesorios complementarios incluidos en la instalación.		
	Tubería de acero inoxidable con soldadura de ... 3% Costes indirectos	1,000 m 8,100	8,10
			0,24
			8,34
3.1	3 Equipo de bombeo Ud Bomba centrífuga de voluta, no autocebante. Norma ISO 5199 establecida para su fabricación. Norma EN 733 (10 bar) aplicada para dimensionamiento y rendimiento. La bomba cuenta con una aspiración axial, un puerto de descarga radial, eje horizontal y un diseño que facilita la extracción del motor, el soporte del motor, la cubierta y el impulsor sin necesidad de desmontar la carcasa de la bomba ni las tuberías. El cierre de fuelle de caucho no equilibrado satisface los requisitos establecidos por la norma DIN EN 12756. La bomba está acoplada directamente a un motor asíncrono refrigerado por ventilador.		
	NB 40-160/151 Bomba monobloc de aspiración ax... 3% Costes indirectos	1,000 Ud 1.493,000	1.493,00
			44,79
			1.537,79
3.2	Ud Bomba centrífuga de voluta, no autocebante. Norma ISO 5199 establecida para su fabricación. Norma EN 733 (10 bar) aplicada para dimensionamiento y rendimiento. La bomba cuenta con una aspiración axial, un puerto de descarga radial, eje horizontal y un diseño que facilita la extracción del motor, el soporte del motor, la cubierta y el impulsor sin necesidad de desmontar la carcasa de la bomba ni las tuberías. El cierre de fuelle de caucho no equilibrado satisface los requisitos establecidos por la norma DIN EN 12756. La bomba está acoplada directamente a un motor asíncrono refrigerado por ventilador.		
	NB 40-160/162 AF2ABQQE Bomba monobloc de aspi... 3% Costes indirectos	1,000 Ud 1.652,000	1.652,00
			49,56
			1.701,56

3.2 Cuadro de precios nº 2. Precios descompuestos

Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
3.3	Ud Bomba centrífuga de voluta, no autocebante. Norma ISO 5199 establecida para su fabricación. Norma EN 733 (10 bar) aplicada para dimensionamiento y rendimiento. La bomba cuenta con una aspiración axial, un puerto de descarga radial, eje horizontal y un diseño que facilita la extracción del motor, el soporte del motor, la cubierta y el impulsor sin necesidad de desmontar la carcasa de la bomba ni las tuberías. El cierre de fuelle de caucho no equilibrado satisface los requisitos establecidos por la norma DIN EN 12756. La bomba está acoplada directamente a un motor asíncrono refrigerado por ventilador.		
	NB 65-160/135 AF2ABQQE Bomba monobloc de aspi... 3% Costes indirectos	1,000 Ud 1.675,000	1.675,00 50,25
			1.725,25
3.4	Ud Bomba centrífuga de voluta, no autocebante. Norma ISO 5199 establecida para su fabricación. Norma EN 733 (10 bar) aplicada para dimensionamiento y rendimiento. La bomba cuenta con una aspiración axial, un puerto de descarga radial, eje horizontal y un diseño que facilita la extracción del motor, el soporte del motor, la cubierta y el impulsor sin necesidad de desmontar la carcasa de la bomba ni las tuberías. El cierre de fuelle de caucho no equilibrado satisface los requisitos establecidos por la norma DIN EN 12756. La bomba está acoplada directamente a un motor asíncrono refrigerado por ventilador.		
	NBG 100-80-160/149 AF2ABAAQE Bomba monobloc de... 3% Costes indirectos	1,000 Ud 1.751,000	1.751,00 52,53
			1.803,53
4 Sistema de válvulas			
4.1	Ud Válvula de bola con disco de acero inoxidable, DN65		
	Válvula de bola con disco de acero inoxidable... 3% Costes indirectos	1,000 Ud 32,620	32,62 0,98
			33,60
4.2	Ud Válvula de bola con disco de acero inoxidable, DN80		
	Válvula de bola con disco de acero inoxidable... 3% Costes indirectos	1,000 Ud 43,650	43,65 1,31
			44,96
4.3	Ud Válvula de bola con disco de acero inoxidable, DN90		
	Válvula de bola con disco de acero inoxidable... 3% Costes indirectos	1,000 Ud 51,650	51,65 1,55
			53,20
5 Instrumentación y equipos auxiliares			
5.1	Ud Agitador industrial vertical de hélices de acero inoxidable.		
	Agitador industrial vertical de hélices de ac... 3% Costes indirectos	1,000 Ud 4.250,250	4.250,25 127,51
			4.377,76
5.2	Ud Sensor de temperatura Pt100 WTR 140 con carcasa de acero inoxidable de la casa comercial PCE Iberica S.L. Rango de medición del sensor de temperatura Pt100 WTR 140 es de -50 °C hasta 400 °C. Adecuado para utilizar en diversas aplicaciones como la industria alimentaria.		
	Sensor de temperatura Pt100 WTR 140 3% Costes indirectos	1,000 Ud 160,000	160,00 4,80
			164,80

3.2 Cuadro de precios nº 2. Precios descompuestos

Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
5.3	Ud Sensor industrial de nivel de líquido de la casa comercial Gesa Termómetros, S.L.		
	Sensor industrial de nivel de líquido 1,000 Ud 164,540	164,54	
	3% Costes indirectos	4,94	
			169,48
5.4	Ud Controlador industrial PID para controlar la temperatura de la casa comercial Adajusa.		
	Controlador industrial PID para controlar la ... 1,000 Ud 115,480	115,48	
	3% Costes indirectos	3,46	
			118,94
6.1	6 Conexiones entre tuberías		
	Ud Codos de 90º de acero inoxidable para tuberías de DN65		
	Codos de 90º de acero inoxidable para tubería... 1,000 Ud 24,850	24,85	
	3% Costes indirectos	0,75	
			25,60
6.2	Ud Codos de 90º de acero inoxidable para tuberías de DN80		
	Codos de 90º de acero inoxidable para tubería... 1,000 Ud 73,850	73,85	
	3% Costes indirectos	2,22	
			76,07
6.3	Ud Codos de 90º de acero inoxidable para tuberías de DN90		
	Codos de 90º de acero inoxidable para tubería... 1,000 Ud 92,250	92,25	
	3% Costes indirectos	2,77	
			95,02

3.3 Mediciones

Nº	Ud	Descripción	Medición
1.	Ud	Depósito de agua vertical con patas, fabricado de poliéster reforzado con fibra de vidrio, apto para el almacenamiento de agua potable. Medidas del depósito: D = 2,45m ; H = 4,99m	
			Total Ud: 1,000
1.	Ud	Depósito almacenamiento etanol construido en chapa de acero inoxidable, laminado en frío, calidad AISI 316, superficies interiores y exteriores en el estado natural de la chapa 2b, con las soldaduras exteriores pulidas y las interiores lavadas y pasivadas. Opcional soldaduras interiores pulidas. Acabado de la chapa puede ser de diversos tipos: pulido espejo BA, satinado, spazzolato o esmerilado en varios granos.	
			Total Ud: 1,000
1.	Ud	Extractor discontinuo construido en chapa de acero inoxidable, laminado en frío, calidad AISI 316, superficies interiores y exteriores en el estado natural de la chapa 2b, con las soldaduras exteriores pulidas y las interiores lavadas y pasivadas.Opcional soldaduras interiores pulidas. Bajo pedido el acabado de la chapa puede ser de diversos tipos: pulido espejo BA, satinado, spazzolato o esmerilado en varios granos. Opcional soldaduras interiores pulidas. Bajo pedido el acabado de la chapa puede ser de diversos tipos: pulido espejo BA, satinado, spazzolato o esmerilado en varios granos.	
			Total Ud: 1,000
1.	Ud	Depósito detsinado al almacenamiento del producto resultante tras el proceso de extracción construido en chapa de acero inoxidable, laminado en frío, calidad AISI 316, superficies interiores y exteriores en el estado natural de la chapa 2b, con las soldaduras exteriores pulidas y las interiores lavadas y pasivadas.Opcional soldaduras interiores pulidas. Bajo pedido el acabado de la chapa puede ser de diversos tipos: pulido espejo BA, satinado, spazzolato o esmerilado en varios granos. Opcional soldaduras interiores pulidas. Bajo pedido el acabado de la chapa puede ser de diversos tipos: pulido espejo BA, satinado, spazzolato o esmerilado en varios granos.	
			Total Ud: 1,000

Nº	Ud	Descripción						Medición
2.1	M	Tubería de acero inoxidable con soldadura de calidad AISI 316 L de la casa comercial Hastinik, S.A. Transporte, trabajos y accesorios complementarios incluidos en la instalación.						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
T1			1	7,500			7,500	
T2			1	6,000			6,000	
T3			1	7,500			7,500	
							<u>21,000</u>	<u>21,000</u>
							Total m:	21,000
2.2	M	Tubería de acero inoxidable con soldadura de calidad AISI 316 L de la casa comercial Hastinik, S.A. Transporte, trabajos y accesorios complementarios incluidos en la instalación.						
							Total m:	2,000
2.3	M	Tubería de acero inoxidable con soldadura de calidad AISI 316 L de la casa comercial Hastinik, S.A. Transporte, trabajos y accesorios complementarios incluidos en la instalación.						
							Total m:	9,000

Nº	Ud	Descripción	Medición
3.	Ud	Bomba centrífuga de voluta, no autocebante. Norma ISO 5199 establecida para su fabricación. Norma EN 733 (10 bar) aplicada para dimensionamiento y rendimiento. La bomba cuenta con una aspiración axial, un puerto de descarga radial, eje horizontal y un diseño que facilita la extracción del motor, el soporte del motor, la cubierta y el impulsor sin necesidad de desmontar la carcasa de la bomba ni las tuberías. El cierre de fuelle de caucho no equilibrado satisface los requisitos establecidos por la norma DIN EN 12756. La bomba está acoplada directamente a un motor asíncrono refrigerado por ventilador.	
Total Ud			1,000
3.	Ud	Bomba centrífuga de voluta, no autocebante. Norma ISO 5199 establecida para su fabricación. Norma EN 733 (10 bar) aplicada para dimensionamiento y rendimiento. La bomba cuenta con una aspiración axial, un puerto de descarga radial, eje horizontal y un diseño que facilita la extracción del motor, el soporte del motor, la cubierta y el impulsor sin necesidad de desmontar la carcasa de la bomba ni las tuberías. El cierre de fuelle de caucho no equilibrado satisface los requisitos establecidos por la norma DIN EN 12756. La bomba está acoplada directamente a un motor asíncrono refrigerado por ventilador.	
Total Ud			2,000
3.	Ud	Bomba centrífuga de voluta, no autocebante. Norma ISO 5199 establecida para su fabricación. Norma EN 733 (10 bar) aplicada para dimensionamiento y rendimiento. La bomba cuenta con una aspiración axial, un puerto de descarga radial, eje horizontal y un diseño que facilita la extracción del motor, el soporte del motor, la cubierta y el impulsor sin necesidad de desmontar la carcasa de la bomba ni las tuberías. El cierre de fuelle de caucho no equilibrado satisface los requisitos establecidos por la norma DIN EN 12756. La bomba está acoplada directamente a un motor asíncrono refrigerado por ventilador.	
Total Ud			1,000
3.	Ud	Bomba centrífuga de voluta, no autocebante. Norma ISO 5199 establecida para su fabricación. Norma EN 733 (10 bar) aplicada para dimensionamiento y rendimiento. La bomba cuenta con una aspiración axial, un puerto de descarga radial, eje horizontal y un diseño que facilita la extracción del motor, el soporte del motor, la cubierta y el impulsor sin necesidad de desmontar la carcasa de la bomba ni las tuberías. El cierre de fuelle de caucho no equilibrado satisface los requisitos establecidos por la norma DIN EN 12756. La bomba está acoplada directamente a un motor asíncrono refrigerado por ventilador.	
Total Ud			1,000

Nº	Ud	Descripción	Medición
4.1	Ud	Válvula de bola con disco de acero inoxidable, DN65	
			Total Ud: 3,000
4.2	Ud	Válvula de bola con disco de acero inoxidable, DN80	
			Total Ud: 1,000
4.3	Ud	Válvula de bola con disco de acero inoxidable, DN90	
			Total Ud: 1,000

Nº	Ud	Descripción	Medición
5.1	Ud	Agitador industrial vertical de hélices de acero inoxidable.	
			Total Ud: 1,000
5.2	Ud	Sensor de temperatura Pt100 WTR 140 con carcasa de acero inoxidable de la casa comercial PCE Iberica S.L. Rango de medición del sensor de temperatura Pt100 WTR 140 es de -50 °C hasta 400 °C. Adecuado para utilizar en diversas aplicaciones como la industria alimentaria.	
			Total Ud: 2,000
5.3	Ud	Sensor industrial de nivel de líquido de la casa comercial Gesa Termómetros, S.L.	
			Total Ud: 10,000
5.4	Ud	Controlador industrial PID para controlar la temperatura de la casa comercial Adajusa.	
			Total Ud: 2,000

Nº	Ud	Descripción	Medición	
6.1	Ud	Codos de 90º de acero inoxidable para tuberías de DN65	Total Ud	3,000
6.2	Ud	Codos de 90º de acero inoxidable para tuberías de DN80	Total Ud	1,000
6.3	Ud	Codos de 90º de acero inoxidable para tuberías de DN90	Total Ud	1,000

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
1.1	Ud	Depósito de agua vertical con patas, fabricado de poliéster reforzado con fibra de vidrio, apto para el almacenamiento de agua potable. Medidas del depósito: D = 2,45m ; H =4,99m			
		Total Ud:	1,000	2.382,39	2.382,39
1.2	Ud	Depósito almacenamiento etanol construido en chapa de acero inoxidable, laminado en frío, calidad AISI 316, superficies interiores y exteriores en el estado natural de la chapa 2b, con las soldaduras exteriores pulidas y las interiores lavadas y pasivadas. Opcional soldaduras interiores pulidas. Acabado de la chapa puede ser de diversos tipos: pulido espejo BA, satinado, spazzolato o esmerilado en varios granos.			
		Total Ud:	1,000	4.582,47	4.582,47
1.3	Ud	Extractor discontinuo construido en chapa de acero inoxidable, laminado en frío, calidad AISI 316, superficies interiores y exteriores en el estado natural de la chapa 2b, con las soldaduras exteriores pulidas y las interiores lavadas y pasivadas.Opcional soldaduras interiores pulidas. Bajo pedido el acabado de la chapa puede ser de diversos tipos: pulido espejo BA, satinado, spazzolato o esmerilado en varios granos. Opcional soldaduras interiores pulidas. Bajo pedido el acabado de la chapa puede ser de diversos tipos: pulido espejo BA, satinado, spazzolato o esmerilado en varios granos.			
		Total Ud:	1,000	4.029,36	4.029,36
1.4	Ud	Depósito detsinado al almacenamiento del producto resultante tras el proceso de extracción construido en chapa de acero inoxidable, laminado en frío, calidad AISI 316, superficies interiores y exteriores en el estado natural de la chapa 2b, con las soldaduras exteriores pulidas y las interiores lavadas y pasivadas.Opcional soldaduras interiores pulidas. Bajo pedido el acabado de la chapa puede ser de diversos tipos: pulido espejo BA, satinado, spazzolato o esmerilado en varios granos. Opcional soldaduras interiores pulidas. Bajo pedido el acabado de la chapa puede ser de diversos tipos: pulido espejo BA, satinado, spazzolato o esmerilado en varios granos.			
		Total Ud:	1,000	4.029,36	4.029,36
Total presupuesto parcial nº 1 Sistemas de almacenamiento :					15.023,58

Nº	Ud	Descripción	Medición			Precio	Importe	
2.1	M	Tubería de acero inoxidable con soldadura de calidad AISI 316 L de la casa comercial Hastinik, S.A. Transporte, trabajos y accesorios complementarios incluidos en la instalación.						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
T1			1	7,500			7,500	
T2			1	6,000			6,000	
T3			1	7,500			7,500	
							21,000	21,000
					Total m	21,000	5,3	111,30
2.2	M	Tubería de acero inoxidable con soldadura de calidad AISI 316 L de la casa comercial Hastinik, S.A. Transporte, trabajos y accesorios complementarios incluidos en la instalación.						
					Total m	2,000	6,59	13,18
2.3	M	Tubería de acero inoxidable con soldadura de calidad AISI 316 L de la casa comercial Hastinik, S.A. Transporte, trabajos y accesorios complementarios incluidos en la instalación.						
					Total m	9,000	8,34	75,06
					Total presupuesto parcial nº 2 Red de distribución :			199,54

Nº	Ud Descripción	Medición	Precio	Importe
3.1	Ud Bomba centrífuga de voluta, no autocebante. Norma ISO 5199 establecida para su fabricación. Norma EN 733 (10 bar) aplicada para dimensionamiento y rendimiento. La bomba cuenta con una aspiración axial, un puerto de descarga radial, eje horizontal y un diseño que facilita la extracción del motor, el soporte del motor, la cubierta y el impulsor sin necesidad de desmontar la carcasa de la bomba ni las tuberías. El cierre de fuelle de caucho no equilibrado satisface los requisitos establecidos por la norma DIN EN 12756. La bomba está acoplada directamente a un motor asíncrono refrigerado por ventilador.			
	Total Ud:	1,000	1.537,79	1.537,79
3.2	Ud Bomba centrífuga de voluta, no autocebante. Norma ISO 5199 establecida para su fabricación. Norma EN 733 (10 bar) aplicada para dimensionamiento y rendimiento. La bomba cuenta con una aspiración axial, un puerto de descarga radial, eje horizontal y un diseño que facilita la extracción del motor, el soporte del motor, la cubierta y el impulsor sin necesidad de desmontar la carcasa de la bomba ni las tuberías. El cierre de fuelle de caucho no equilibrado satisface los requisitos establecidos por la norma DIN EN 12756. La bomba está acoplada directamente a un motor asíncrono refrigerado por ventilador.			
	Total Ud:	2,000	1.701,56	3.403,12
3.3	Ud Bomba centrífuga de voluta, no autocebante. Norma ISO 5199 establecida para su fabricación. Norma EN 733 (10 bar) aplicada para dimensionamiento y rendimiento. La bomba cuenta con una aspiración axial, un puerto de descarga radial, eje horizontal y un diseño que facilita la extracción del motor, el soporte del motor, la cubierta y el impulsor sin necesidad de desmontar la carcasa de la bomba ni las tuberías. El cierre de fuelle de caucho no equilibrado satisface los requisitos establecidos por la norma DIN EN 12756. La bomba está acoplada directamente a un motor asíncrono refrigerado por ventilador.			
	Total Ud:	1,000	1.725,25	1.725,25
3.4	Ud Bomba centrífuga de voluta, no autocebante. Norma ISO 5199 establecida para su fabricación. Norma EN 733 (10 bar) aplicada para dimensionamiento y rendimiento. La bomba cuenta con una aspiración axial, un puerto de descarga radial, eje horizontal y un diseño que facilita la extracción del motor, el soporte del motor, la cubierta y el impulsor sin necesidad de desmontar la carcasa de la bomba ni las tuberías. El cierre de fuelle de caucho no equilibrado satisface los requisitos establecidos por la norma DIN EN 12756. La bomba está acoplada directamente a un motor asíncrono refrigerado por ventilador.			
	Total Ud:	1,000	1.803,53	1.803,53
	Total presupuesto parcial nº 3 Equipo de bombeo :			8.469,69

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
4.1	Ud	Válvula de bola con disco de acero inoxidable, DN65	3,000	33,60	100,80
		Total Ud			
4.2	Ud	Válvula de bola con disco de acero inoxidable, DN80	1,000	44,96	44,96
		Total Ud			
4.3	Ud	Válvula de bola con disco de acero inoxidable, DN90	1,000	53,20	53,20
		Total Ud			
Total presupuesto parcial nº 4 Sistema de válvulas :					198,96

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
5.1	Ud	Agitador industrial vertical de hélices de acero inoxidable.	1,000	4.377,76	4.377,76
		Total Ud			
5.2	Ud	Sensor de temperatura Pt100 WTR 140 con carcasa de acero inoxidable de la casa comercial PCE Iberica S.L. Rango de medición del sensor de temperatura Pt100 WTR 140 es de -50 °C hasta 400 °C. Adecuado para utilizar en diversas aplicaciones como la industria alimentaria.			
		Total Ud	2,000	164,80	329,60
5.3	Ud	Sensor industrial de nivel de líquido de la casa comercial Gesa Termómetros, S.L.			
		Total Ud	10,000	169,48	1.694,80
5.4	Ud	Controlador industrial PID para controlar la temperatura de la casa comercial Adajusa.			
		Total Ud	2,000	118,94	237,88
		Total presupuesto parcial nº 5 Instrumentación y equipos auxiliares :			6.640,04

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
6.1	Ud	Codos de 90º de acero inoxidable para tuberías de DN65	3,000	25,60	76,80
		Total Ud			
6.2	Ud	Codos de 90º de acero inoxidable para tuberías de DN80	1,000	76,07	76,07
		Total Ud			
6.3	Ud	Codos de 90º de acero inoxidable para tuberías de DN90	1,000	95,02	95,02
		Total Ud			
Total presupuesto parcial nº 6 Conexiones entre tuberías :					247,89

Presupuesto de ejecución material

1 Sistemas de almacenamiento	15.023,58
2 Red de distribución	199,54
3 Equipo de bombeo	8.469,69
4 Sistema de válvulas	198,96
5 Instrumentación y equipos auxiliares	6.640,04
6 Conexiones entre tuberías	247,89
	<hr/>
Total	30.779,70
:
	<hr/>

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de
TREINTA MIL SETECIENTOS SETENTA Y NUEVE EUROS CON SETENTA CÉNTIMOS.

4. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL

Para el cálculo del presupuesto de ejecución material, se suma el presupuesto experimental y el presupuesto de la instalación industrial:

Tabla 47. Presupuesto de ejecución material

Descripción	Importe (€)
Presupuesto experimental	792,31
Presupuesto instalación industrial	30779,7
Presupuesto de ejecución material	31572,01

El presupuesto de ejecución material es de **TREINTAIÚN MIL QUINIENTOS SETENTA Y DOS EUROS Y UN CÉNTIMO**.

5. PRESUPUESTO BASE LICITACIÓN

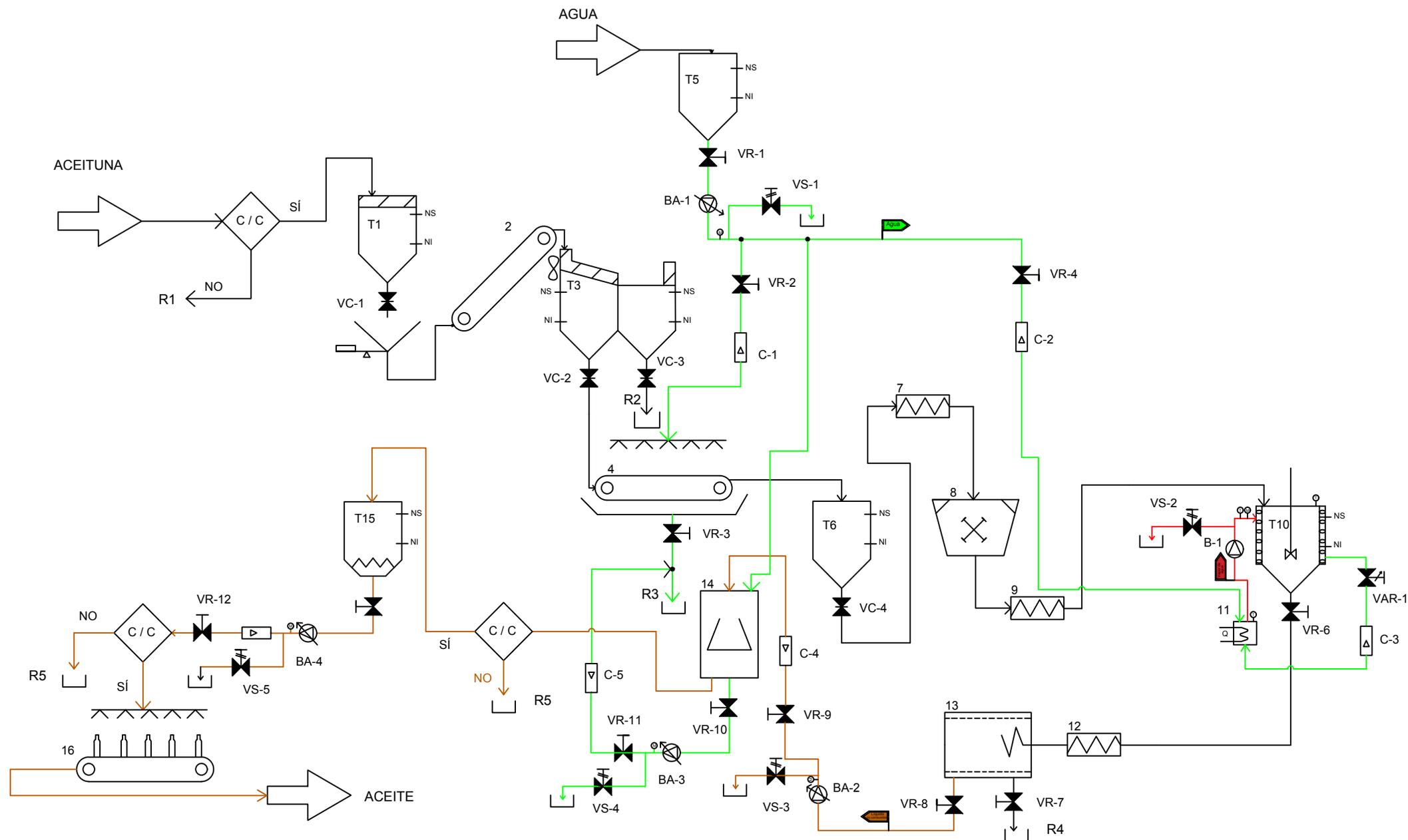
El presupuesto de base de licitación incluye los gastos generales, que tienen un valor de un 13%; el beneficio industrial del propio empresario, de un 6%. Finalmente, se aplica el 21 % de IVA sobre el presupuesto de ejecución por contrata. El resumen de este presupuesto se recoge en la siguiente tabla:

Tabla 48. Presupuesto base de licitación

	Importe (€)
Presupuesto de ejecución material	31572,01
Gastos Generales (13%)	4104,36
Beneficio industrial (6%)	1894,32
Presupuesto de ejecución por contrata sin IVA	37570,69
IVA (21%)	7889,85
Presupuesto base de licitación	45460,54

Y finalmente, el presupuesto base de licitación asciende a **CUARENTAICINCO MIL CUATROCIENTOS SESENTA EUROS Y CINCUENTA Y CUATRO CÉNTIMOS**.

PLANOS



LEYENDA

T1 -Tolva de recepción	T6 - Almacenamiento aceituna	13 - Centrifugación 2 fases	VC - Válvula de compuerta	C - Caudalímetro	R1 - Aceituna
2 - Cinta transportadora	7,9,12 - Tornillo sin fin	T14 - Centrifugación vertical	VR - Válvula de regulación	↔ Báscula	R2 - Ramas, hojas y arena
T3 - Tanque limpieza	8 - Molino de martillo	T15 - Almacenamiento aceite	B - Bomba centrífuga	◇ Control de calidad	R3 - Agua residual
4 - Lavado	T10 - Tanque de batido	16 - Envasadora	BA - Bomba a uto-regulable	⊕ Termómetro	R4 - Alperujo
T5 - Almacenamiento de agua	11 - Intercambiador de calor	VS - Válvula de seguridad		⊖ Manómetro	R5 - Aceite baja calidad

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA



Proyecto:
DISEÑO, ANÁLISIS Y MEJORA DE UN PROCESO DE EXTRACCIÓN SÓLIDO-LÍQUIDO PARA RECUPERAR POLIFENOLES DEL ALPERUJO

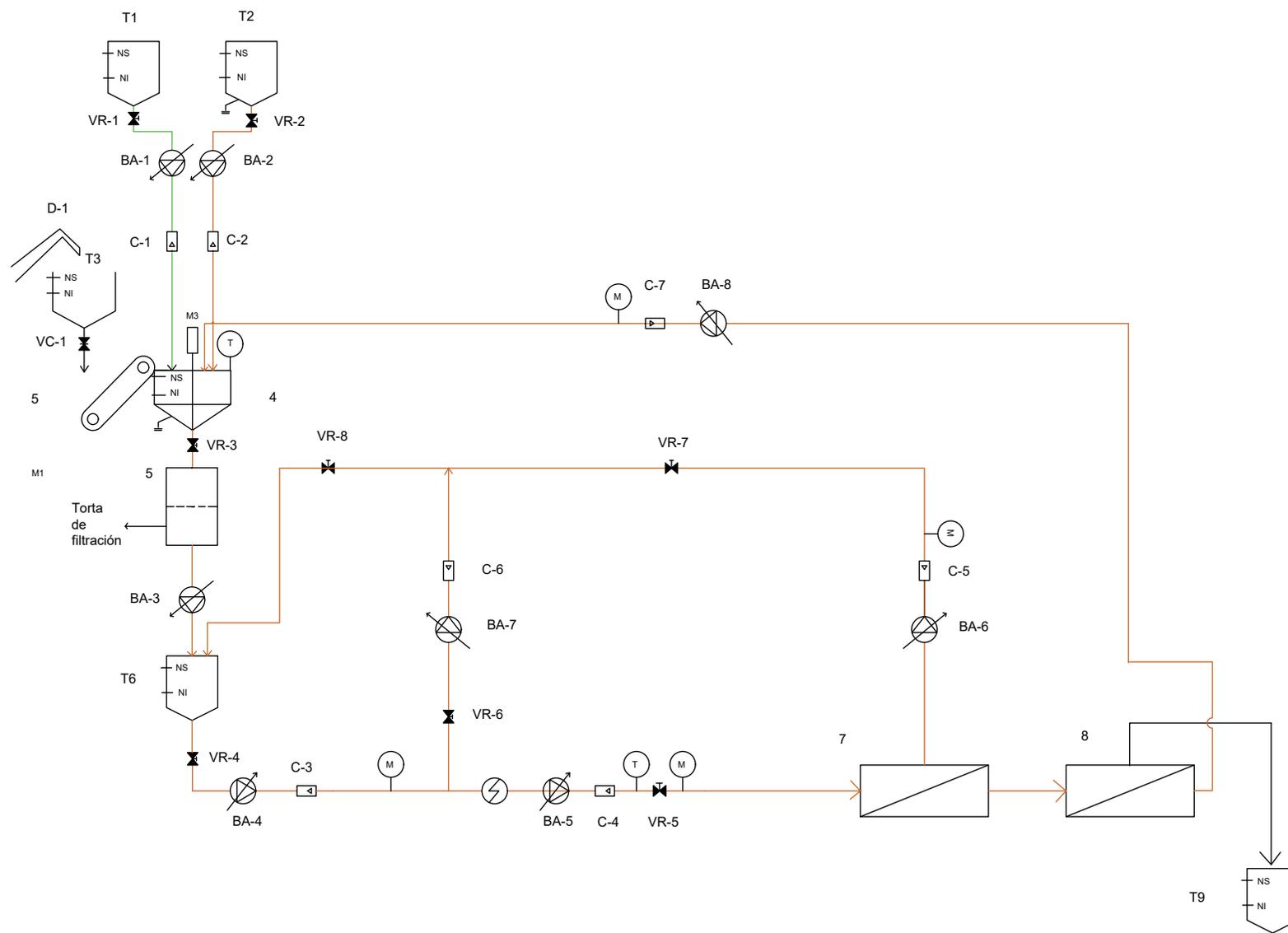
Fecha: Julio 2020

Plano: Diagrama de flujo. N° Plano:

Proceso productivo para la obtención de aceite de oliva virgen extra mediante un sistema de centrifugación de 2 fases

Pablo Moreno Reolid

Autor proyecto



LEYENDA

T1 - Tanque de agua

T2 - Tanque de etanol

T3 - Depósitos alperujo

4 - Extractor discontinuo

5 - Filtro

T6 - Tanque almacenamiento extracto

7 - Módulo de membranas de nanofiltración

8 - Módulo de membranas de ósmosis inversa

T9 - Tanque almacenamiento de permeado

10 - Destilador

C - Caudalímetro

D-1 - Dosificador

VR - Válvula de regulación

VC - Válvula de compuerta

BA - Bomba auto-regulable

 Termómetro

 Manómetro

 Intercambiador de calor

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL VALENCIA

Proyecto: DISEÑO, ANÁLISIS Y MEJORA DE UN PROCESO DE EXTRACCIÓN SÓLIDO-LÍQUIDO PARA RECUPERAR POLIFENOLES DEL ALPERUJO

Plano: Diagrama de flujo. Recuperación de polifenoles a partir del alperujo

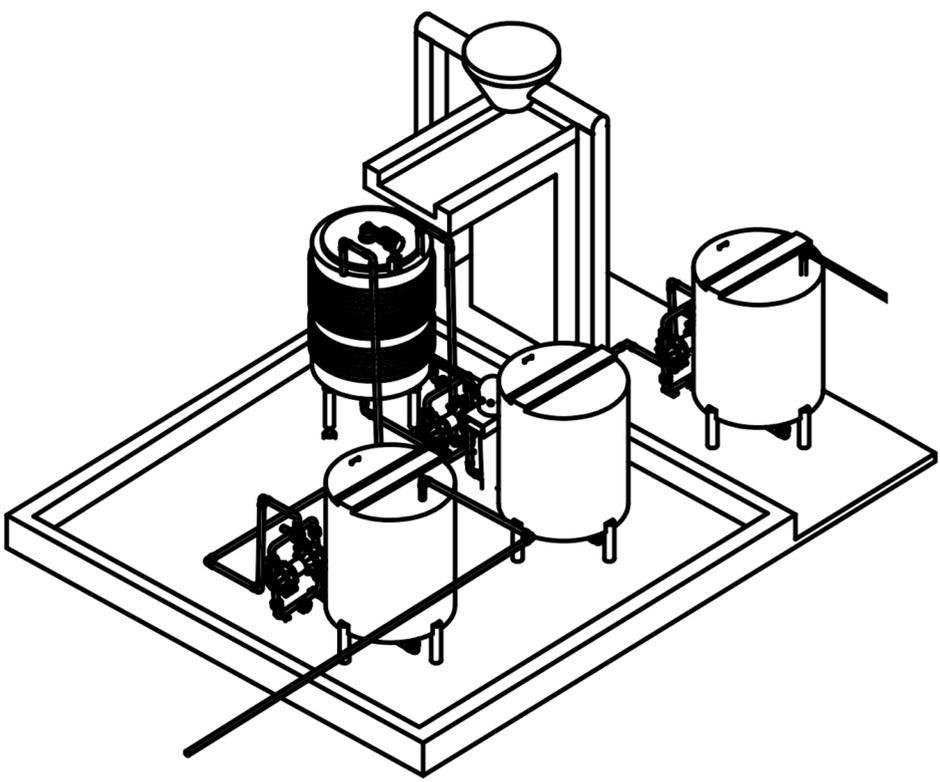
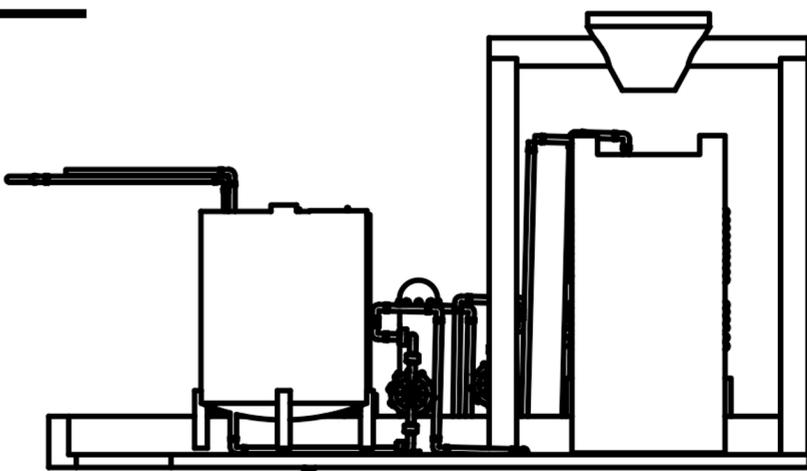
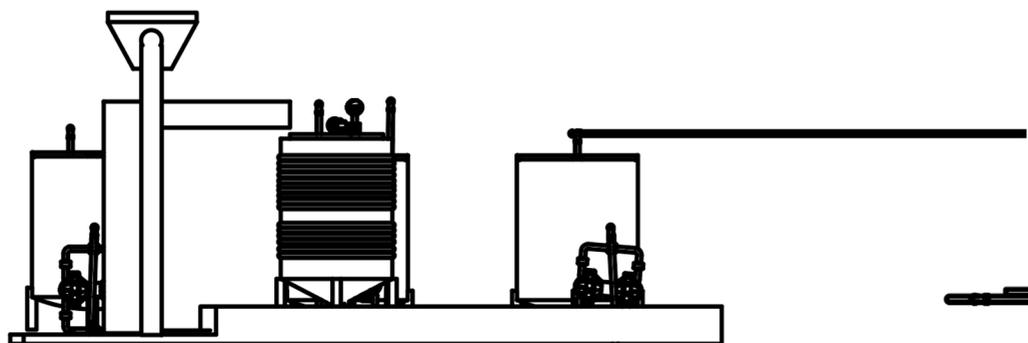
Autor: Pablo Moreno Reolid

Fecha: Julio 2020

Escala:

Nº Plano:

2



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA



Proyecto:
DISEÑO, ANÁLISIS Y MEJORA DE UN PROCESO DE EXTRACCIÓN SÓLIDO-LÍQUIDO PARA RECUPERAR POLIFENÓLES DELALPERUJO

Fecha:
Julio 2020

Plano:
Modelado de la planta industrial dedicada a la extracción de sólido-líquido de ponifenoles

Escala:

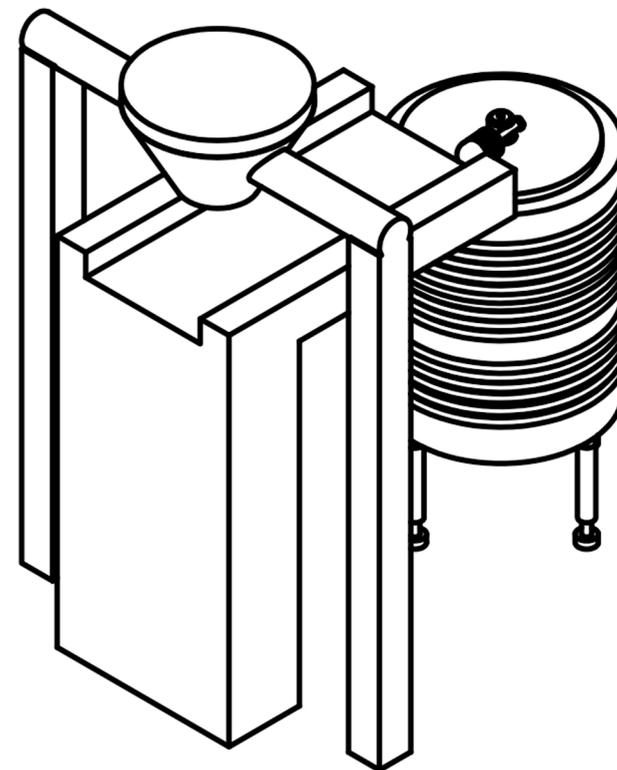
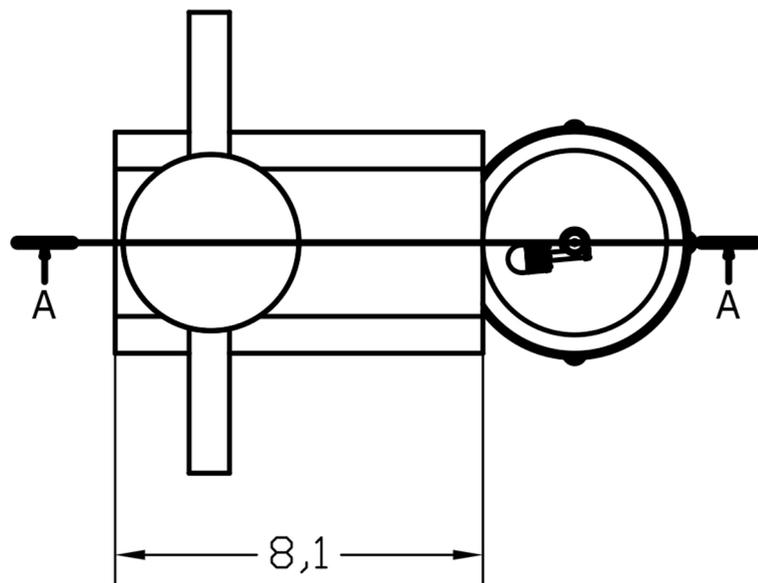
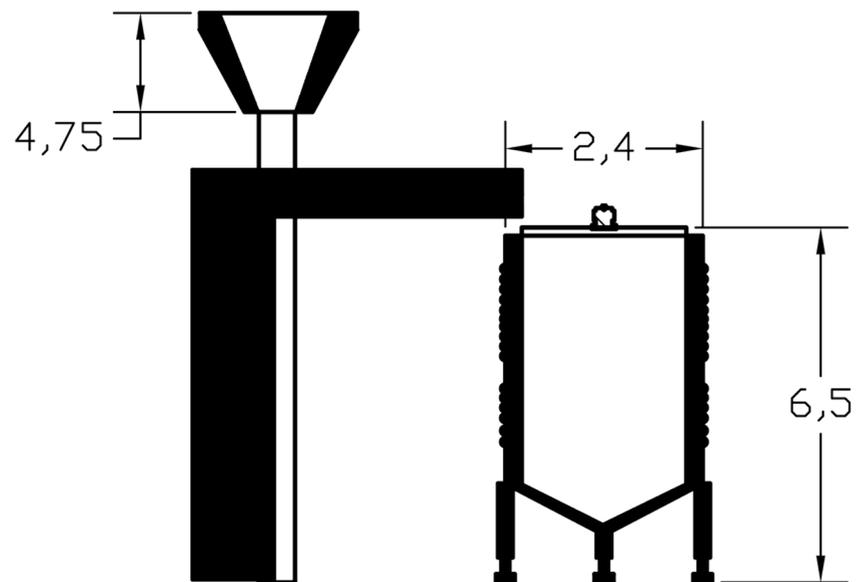
Nº Plano:

Pablo Moreno Reolid

Autor proyecto

3

A-A



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA



Proyecto:
DISEÑO, ANÁLISIS Y MEJORA DE UN PROCESO DE EXTRACCIÓN SÓLIDO-LÍQUIDO PARA RECUPERAR POLIFENOLES DELALPERUJO

Fecha:
Julio 2020

Plano:
Diseño extractor sólido-líquido en discontinuo

Escala:

Nº Plano:

Pablo Moreno Reolid

Autor proyecto

4