



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIERÍA
INDUSTRIAL VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA



DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN CAPAZ DE PROCESAR 450 L/DÍA DE ZUMO DE GRANADA CLARIFICADO

AUTOR: TÍBET PELLICER DURO

TUTORA: MARÍA ISABEL IBORRA CLAR

COTUTORA MARÍA JOSÉ LUJÁN FACUNDO

Curso Académico: 2021-22

AGRADECIMIENTOS

A Clemente y a toda la plantilla del restaurante del Club Náutico de Oliva por darme comida, afecto y cafeína, el combustible de la creación.

A mis padres y a mis hermanas por estar siempre ahí, no dispongo de las palabras necesarias para expresarlo como es debido.

A mis amigos y amigas que me han animado cuando más lo necesitaba.

A mi tutora por guiarme en este camino.

A mis profesores y profesoras y no solo a aquellos de profesión, sino a todo aquel que se ha tomado un tiempo en educarme y tratar de sacar lo mejor de mí.

RESUMEN

En los últimos años, ha aumentado la consciencia general respecto a la importancia de llevar un estilo de vida saludable, y, por lo tanto, se ha empezado a prestar más atención a la dieta y a la calidad de los nutrientes y micronutrientes que se ingieren. La granada (*punica granatum*) posee una gran cantidad de antioxidantes, que pueden ayudar a prevenir la aparición de diversas patologías, haciéndola interesante en este contexto. Ahora bien, esta fruta también se encuentra entre las más difíciles de procesar, por lo que resulta especialmente interesante estudiar, no solo la manera de procesarla para obtener su zumo, sino también propuestas para la valoración de los subproductos, como cáscaras o semillas.

Palabras Clave: zumo, clarificación, membranas, granada

RESUM

En els darrers anys, ha augmentat la consciència general respecte a la importància de portar un estil de vida saludable, i, per tant, s'ha començat a parar més atenció a la dieta i a la qualitat dels nutrients i micronutrients que s'ingereixen. La magrana (*punica granatum*) posseeix una gran quantitat d'antioxidants, que poden ajudar a prevenir l'aparició de diverses patologies, fent-la interessant en aquest context. Ara bé, aquesta fruita també es troba entre les més difícils de processar, per la qual cosa resulta especialment interessant estudiar, no només la manera de processar-la per obtenir-ne el suc, sinó també propostes per a la valoració dels subproductes, com ara pells o llavors.

Paraules clau: suc, clarificació, membranes, magrana

ABSTRACT

Recently, general awareness of the importance of leading a healthy lifestyle has increased, therefore an increase in attention has begun to be paid to the diet and the quality of the nutrients and micronutrients that are ingested. The pomegranate (*punica granatum*) has a large amount of antioxidants, which can help prevent the appearance of various pathologies, making it interesting in this context. However, this fruit is also among the most difficult to process, so it is especially interesting to study not only how to process it to obtain its juice, but also proposals for the assessment of by-products, such as peels or seeds.

Keywords: juice, clarification, membranes, pomegranate

ÍNDICE GENERAL

DOCUMENTO I. MEMORIA TÉCNICA.....	1
1. OBJETIVOS DEL PROYECTO	3
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	3
2.1 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA	3
2.2 JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA	3
3. INTRODUCCIÓN	5
3.1 HISTORIA Y TAXONOMÍA DE LA GRANADA	5
3.2 LEGISLACIÓN.....	7
4. PRINCIPIOS DE LA ELABORACIÓN DE UN ZUMO	9
4.1 LA CLARIFICACIÓN DEL ZUMO DE GRANADA.....	11
4.1.1 CLARIFICACIÓN CONVENCIONAL.....	11
4.1.2 CLARIFICACIÓN POR MEMBRANAS	12
4.1.3 PRETRATAMIENTO ENZIMÁTICO	13
4.2 PARÁMETROS DE DISEÑO.....	14
4.3 ENSUCIAMIENTO Y LIMPIEZA DE MEMBRANAS.....	15
4.4 TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS UTILIZADA EN EL CLARIFICADO DE ZUMOS	17
5. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESO	19
6. ANTECEDENTES	23
7. DISEÑO DE LA INSTALACIÓN	25
7.1 CLASIFICACIÓN	26
7.2 LAVADO DE LAS GRANADAS.....	27
7.3 DESCASCARADO	28
7.4 EXTRACCIÓN	29
7.5 TRATAMIENTO ENZIMÁTICO	30
7.6 MICROFILTRACIÓN	31
7.7 ULTRAFILTRACIÓN.....	33
7.8 PASTEURIZACIÓN.....	35
7.9 ENVASADO.....	36

Diseño de una instalación capaz de procesar 450 L/día de zumo de granada clarificado

7.10 ALMACENAMIENTO.....	36
7.11 LIMPIEZA DE LAS INSTALACIONES.....	37
8. VALORIZACIÓN DE LOS SUBPRODUCTOS.....	39
8.1 VALORIZACIÓN DE LAS CÁSCARAS DE GRANADA.....	39
8.2 VALORIZACIÓN DE LAS SEMILLAS DE GRANADA.....	41
8.3 VALORIZACIÓN DEL CONCENTRADO DE ZUMO DE GRANADA.....	42
9. CONCLUSIONES.....	43
10. BIBLIOGRAFÍA.....	45
DOCUMENTO II. PRESUPUESTO.....	49
1. INTRODUCCIÓN.....	51
2. CUADRO DE MATERIAS PRIMAS Y REACTIVOS.....	53
2.1 MATERIAS PRIMAS.....	53
2.2 REACTIVOS.....	53
3. CUADRO DE MATERIALES, MAQUINARIA Y REPUESTOS.....	55
3.1 MATERIALES Y MAQUINARIA.....	55
3.2 REPUESTOS.....	56
4. CUADRO DE PRECIOS DE MANO DE OBRA.....	57
5. COSTE TOTAL.....	59
DOCUMENTO III. PLANOS.....	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Información nutricional de 100 g de granada	6
Tabla 2. Tecnología de membranas y características principales	13
Tabla 3. Parámetros técnicos de la máquina de clasificación AGICO	26
Tabla 4. Parámetros técnicos de la máquina para la limpieza de fruta AGICO.....	27
Tabla 5. Parámetros técnicos de la máquina de pelado	28
Tabla 6. Parámetros técnicos del extractor TP-Z5	29
Tabla 7. Modelo de cartucho y tamaño de poro Beco Protect FS	32
Tabla 8. Especificaciones de la membrana de UF	34
Tabla 9. Especificaciones de la embotelladora Zumex	36
Tabla 10. Presupuesto materias primas	53
Tabla 11. Presupuesto de los reactivos	54
Tabla 12. Presupuesto de materiales y maquinaria.....	55
Tabla 13. Presupuesto para repuestos.....	56
Tabla 14. Presupuesto de mano de obra	57
Tabla 15. Presupuesto de ejecución material	59
Tabla 16. Presupuesto total de inversión.....	59

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Fruto y flor del granado.....	5
Ilustración 2. Diagrama de bloques del proceso genérico de elaboración de un zumo	9
Ilustración 3. Esquema de la separación por membrana.....	12
Ilustración 4. Representación de la hidrólisis enzimática	13
Ilustración 5. Representación gráfica del efecto de la limpieza en el flux frente al tiempo.....	16
Ilustración 6. Colapso de una burbuja y aparición del microchorro	17
Ilustración 7. Tecnología de membranas y los respectivos rechazos	18
Ilustración 8. Diagrama de bloques del proceso de producción del zumo de granada propuesto	21
Ilustración 9. Diagrama de Gantt	25
Ilustración 10. Máquina de clasificación AGICO.....	26
Ilustración 11. Máquina para la limpieza de la fruta AGICO	27
Ilustración 12. Máquina de pelado y separación de cáscaras	28
Ilustración 13. Extractor AGICO	29
Ilustración 14. Reactor con chaqueta térmica y agitador	31
Ilustración 15. Cartuchos de filtración BECO PROTECT® FS FineStream	32
Ilustración 16. Caudal frente a presión diferencial del cartucho Beco Protect FS 10"	33
Ilustración 17. Cartucho Hyper PS de MegaVision.....	34
Ilustración 18. Pasteurizador HTST Unison	35
Ilustración 19. Embotelladora Zumex	36
Ilustración 20. Frigorífico polar GN	37
Ilustración 21. Cáscaras de granada.....	40
Ilustración 22. Semillas de granada y su aceite.....	41

DOCUMENTO I. MEMORIA TÉCNICA

1. OBJETIVOS DEL PROYECTO

El objetivo principal del presente proyecto es el diseño de una instalación en la que se lleve a cabo la producción de un caudal de 450 L/día de zumo de granada.

Para alcanzar dicho objetivo se plantean a su vez ciertos objetivos parciales o secundarios, como:

- La recopilación de información y realización de un estudio de mercado de los procesados vegetales, más concretamente los zumos.
- El estudio del proceso de elaboración del zumo de granada.
- Realizar el diseño y la descripción de la instalación.
- Realizar el presupuesto de la instalación.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

2.1 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

En los últimos años un gran porcentaje de la población ha empezado a preocuparse por mejorar su bienestar y llevar un estilo de vida saludable, esta preocupación se refleja también en los Objetivos De Sostenibilidad 2030 (ODS) de la ONU.

En el número 3 de los ODS se puede leer “Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades”.

Al tratarse la granada de una fruta con propiedades muy beneficiosas para la salud por su alto contenido en antioxidantes y micronutrientes como vitamina C, potasio, calcio y magnesio entre otros, su consumo ha aumentado, ya sea para su uso en la industria alimentaria, como en otras industrias como la cosmética.

A pesar del potencial de esta fruta, no es muy común ver zumos de granada, por lo que en este proyecto se tratará la obtención de dicho zumo y todo el proceso desde la recolección de la fruta hasta el envasado para el posterior consumo.

2.2 JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA

La justificación académica del presente trabajo se encuentra en el RD 1393/2007, en el que se establece que es necesaria para la obtención del título de Graduado, en este caso en Ingeniería Química, la elaboración y defensa de un Trabajo Final de Grado original en el que se evalúen las competencias asociadas al título.

Algunas de las competencias asociadas al grado son:

- El diseño de procesos en el ámbito de la Ingeniería Química, así como el diseño de equipos e instalaciones.

Diseño de una instalación capaz de procesar 450 L/día de zumo de granada clarificado

- La resolución de problemas a partir de los conocimientos adquiridos en la titulación, en asignaturas como “Operaciones y procesos unitarios en la industria de alimentos”, “Procesos industriales de ingeniería química”, “Operaciones de separación”, entre otras.
- La transmisión de información de forma efectiva en el ámbito de la Ingeniería Química.

3. INTRODUCCIÓN

3.1 HISTORIA Y TAXONOMÍA DE LA GRANADA

La granada es el fruto del granado, su nombre científico es *Punica granatum*, de la familia *Lythraceae* que forma parte del orden *Myrtales*. Se trata de un árbol frutal originario del sur de Asia, aunque actualmente su cultivo se extiende a diversos países de Europa, Asia y América. Nuestro país es uno de los principales productores del mundo y, a nivel europeo, se trata del mayor exportador (*La granada: ¿una fruta cualquiera?*, 2015).

Desde la antigüedad ha sido un fruto muy apreciado en las zonas desérticas, pues gracias a su gruesa piel se protegía de la desecación y podía ser transportado a grandes distancias sin degradarse.

A lo largo de la historia ha formado parte de la simbología de diversas culturas, representando amor, fertilidad y prosperidad, conceptos que se le han asimilado por la gran cantidad de semillas que alberga este fruto (*El granado, símbolo de amor y fecundidad en oriente*, 2020).

Como ya se ha expuesto, la fruta posee una gruesa piel amarillenta con tonos rojizos y rosados, mientras que en su interior se encuentra un gran número de cápsulas prismáticas jugosas de color rubí, llamadas arilos, que albergan en su interior las semillas. Las pequeñas cápsulas se encuentran a su vez separadas en grupos por finas membranas llamadas tastana. Las diversas partes de la granada aparecen representadas en la ilustración 1.



Ilustración 1. Fruto y flor del granado (Palanca, M. A. (2017), *Punica granatum*).

Diseño de una instalación capaz de procesar 450 L/día de zumo de granada clarificado

A nivel nutricional, se puede destacar su bajo valor calórico, pues es baja en hidratos de carbono, y además contiene diversos micronutrientes que hacen que la granada sea un fruto muy interesante, como el potasio y la vitamina C. También se pueden encontrar flavonoides y taninos, con acciones antioxidantes y antiinflamatorias respectivamente.

La tabla 1 (*La granada: propiedades y valor nutricional*, (2019)) recopila la información nutricional aproximada de la granada, siendo la composición del 89% de la misma, agua:

Tabla 1. Información nutricional de 100 g de granada

Kcal	34
Proteínas (g)	0.7
Grasas (g)	0.3
Hidratos de carbono (g)	7.5
Potasio (mg)	275
Fósforo (mg)	15
Calcio (mg)	8
Vitamina C (g)	5.7

Para comprender la razón por la que los alimentos con propiedades antioxidantes son tan demandados es necesario conocer qué efectos tienen las moléculas antioxidantes en el cuerpo humano. Un antioxidante es cualquier molécula que retarda la oxidación de otras moléculas, es decir, que previene la transferencia de electrones de una molécula a un agente oxidante. Los antioxidantes suelen ser agentes reductores como tioles o polifenoles que inhiben las reacciones de oxidación oxidándose ellos mismos.

En el cuerpo humano, los niveles bajos de antioxidantes causan estrés oxidativo, que se asocia con la aparición de multitud de patologías. Esto puede suceder al oxidarse los nutrientes para obtener ATP en las mitocondrias, ya que es posible que se genere una baja proporción de especies reactivas derivadas del oxígeno, como el peróxido de hidrógeno o el radical hidroxilo. Si dichas especies no resultan reducidas por una especie que le transfiera sus electrones, oxidarán células que forman el cuerpo humano, como las membranas celulares (*Granada fruta, punicalagina antioxidante*, (2019)).

En resumen, las moléculas con acción antioxidante, es decir, con potencial para reducir dichas especies reactivas, que se pueden encontrar en la granada son:

- Vitaminas hidrosolubles como la C y liposolubles como la A.
- Compuestos fenólicos de bajo peso molecular como flavonoides y ácidos fenólicos. Destacan los antocianos y los ácidos gálico y elágico respectivamente.
- Compuestos fenólicos de alto peso molecular como taninos, dentro de este grupo destaca la punicalagina.

Dejando de lado las propiedades de la pulpa de esta fruta, cabe destacar que las semillas que contienen los granos de granada contienen un perfil de ácidos grasos mayoritariamente insaturados como el ácido linoénico, linoleico, púnico, oleico... cuyo efecto beneficioso para el cuerpo humano está ampliamente aceptado.

3.2 LEGISLACIÓN

En el anexo I de la Directiva 2012/12/UE se puede leer la definición del zumo de frutas, siendo esta directiva:

“El producto susceptible de fermentación, pero no fermentado, obtenido a partir de las partes comestibles de frutas sanas y maduras, frescas o conservadas por refrigeración o congelación, de una o varias especies mezcladas, que posea el color, el aroma y el sabor característicos del zumo de la fruta de la que procede. Se podrán reincorporar al zumo el aroma, la pulpa y las células obtenidos por los medios físicos apropiados que procedan de la misma especie de fruta. [...] Cuando los zumos se obtengan a partir de frutas que incluyan pepitas, semillas y pieles, no se incorporarán en el zumo partes o componentes de las pepitas, las semillas o la piel. La presente disposición no se aplicará a los casos en que las partes o los componentes de las pepitas, las semillas o la piel no puedan eliminarse mediante las buenas prácticas de fabricación.” (Diario Oficial de la Unión Europea, 19 de abril de 2012).

En cuanto a la legislación española, el “Real Decreto 781/2013, de 11 de octubre, por el que se establecen normas relativas a la elaboración, composición, etiquetado, presentación y publicidad de los zumos de frutas y otros productos similares destinados a la alimentación humana” recoge todo lo relativo a zumos de frutas.

Además, en la directiva 2006/12/CE del parlamento europeo y del consejo del 5 de abril de 2006 relativa a los residuos, se destaca la importancia de favorecer la valorización de los residuos para preservar los recursos naturales. Esto también implica utilizar los materiales de valorización como materias primas. Así pues, con el objetivo de aumentar la sostenibilidad de la instalación se debe avanzar hacia un modelo de “residuo cero” en el que todos los coproductos sean debidamente aprovechados.

Es importante tener presente también la normativa española y europea que se aplica a las aguas residuales, teniendo en consideración que las competencias sobre el control del vertido de estas corresponden a una entidad u otra dependiendo del lugar en el que la empresa vierte dichas aguas. Suponiendo que el vertido es a la red de saneamiento, las competencias sobre la regulación recaen sobre el ayuntamiento del municipio.

A nivel europeo, la Directiva 91/271/CEE tiene por objeto el tratamiento y vertido de aguas residuales que proceden de diferentes sectores, entre los que se encuentra el de los productos elaborados del sector hortofrutícola. A nivel estatal, relativo a vertidos a cauce público, en el Real Decreto 1/2001 del 20 de julio, se lee: “A los efectos de la presente Ley, se considerarán vertidos los que se realicen directa o indirectamente en las aguas continentales, así como en el resto del dominio público hidráulico, cualquiera que sea el procedimiento o técnica utilizada. Queda prohibido, con carácter general, el vertido directo o indirecto de aguas y de productos residuales susceptibles de contaminar las aguas continentales o cualquier otro elemento del dominio público hidráulico, salvo que se cuente con la previa autorización administrativa”.

En otro Real Decreto, el 1/2016 del 16 de diciembre, se lee: “Esta ley tiene por objeto evitar o, cuando ello no sea posible, reducir y controlar la contaminación de la atmósfera, del agua y del suelo, mediante el establecimiento de un sistema de prevención y control integrados de la

Diseño de una instalación capaz de procesar 450 L/día de zumo de granada clarificado

contaminación, con el fin de alcanzar una elevada protección del medio ambiente en su conjunto”.

4. PRINCIPIOS DE LA ELABORACIÓN DE UN ZUMO

Teniendo en cuenta la información recopilada por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico de España (Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España del sector de los transformados vegetales (2006)), el diagrama de bloques del proceso genérico de elaboración de un zumo se presenta en la ilustración 2.

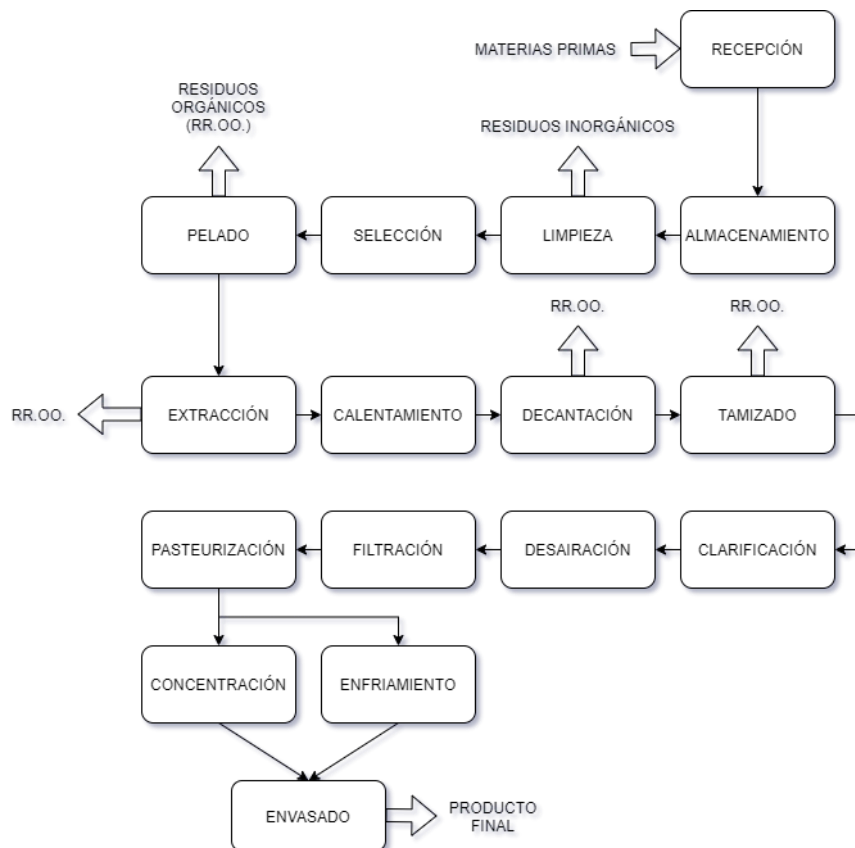


Ilustración 2. Diagrama de bloques del proceso genérico de elaboración de un zumo. Elaboración propia.

Un factor determinante a la hora de apreciar un zumo de frutas por parte del consumidor es el conjunto de sus propiedades organolépticas (*Las propiedades organolépticas de los zumos, factor determinante en la compra, (2012)*). Una de estas propiedades es el color del zumo, es por ello por lo que muchos procesos de producción de zumos incluyen etapas de clarificación y eliminan así total o parcialmente la turbidez que puede resultar poco atractiva para el consumidor.

A continuación, se profundiza sobre cada operación del proceso que aparece en el diagrama expuesto:

- Recepción de la materia prima: tras la cosecha, la materia prima se transporta desde el campo a la industria elaboradora. Existen distintas técnicas para asegurar la recepción de las materias primas en buenas condiciones, como la balsa de inmersión por agua, a granel, en contenedores, por bunker de descarga o silos de almacenamiento.

Diseño de una instalación capaz de procesar 450 L/día de zumo de granada clarificado

- Almacenamiento de la materia prima: tras la recepción de la materia prima se procede a su almacenamiento hasta que comience la etapa de procesado. Este se puede dar a temperatura ambiente, de refrigeración o incluso de congelación dependiendo del tipo de producto a conservar.
- Limpieza y/o lavado de la materia prima: mediante las operaciones de limpieza se pretende separar la tierra, piedras, restos vegetales, insectos, plaguicidas... de la materia prima que se empleará para elaborar el zumo. Estas operaciones son esenciales para producir un alimento de buena calidad y seguro, pues la contaminación de la materia prima se reflejaría en el producto final. La limpieza puede realizarse en seco o en húmedo, generalmente la limpieza en seco se utiliza para separar contaminantes de gran tamaño y la limpieza en húmedo para eliminar la contaminación adherida al producto.
- Selección y clasificación: se seleccionan las materias primas que cumplen con los requisitos de calidad para obtener un buen producto final y se eliminan las unidades que no cumplen los requisitos (frutos podridos, inmaduros, parasitados...). Se pueden seleccionar también en función de la forma, peso o tamaño, y es posible también la clasificación en función de los estándares de calidad como extra, de primera, de segunda... La selección y clasificación se puede llevar a cabo de forma manual, mecánica o fotométrica.
- Pelado: se elimina la corteza o la piel de los vegetales para que las cualidades organolépticas del producto final mejoren. Dependiendo del producto se utilizan distintas técnicas de pelado como el mecánico, por abrasión, a la llama, químico, térmico...
- Extracción del zumo: se utiliza una gran variedad de técnicas para la obtención de jugos y concentrados, ya que los equipos a menudo están diseñados específicamente para un tipo de vegetal concreto, por lo que el sistema de extracción está íntimamente ligado a la naturaleza de la materia prima. Algunos de los sistemas empleados son los exprimidores, que se ayudan de un cono acanalado que gira para extraer el jugo del fruto que ha sido previamente cortado o el sistema in-line, en el que la fruta se prensa entre dos émbolos.
- Decantación: esta operación no se realiza en todos los zumos, se suele realizar en aquellos zumos que se comercializan con un acabado transparente, como el de uva o manzana. La operación consiste en precipitar y eliminar ciertas sustancias disueltas que pueden dar al zumo un aspecto turbio.
- Tamizado: el zumo es tamizado para eliminar restos de materia vegetal como la corteza.
- Clarificación: esta consiste en la eliminación de pectinas y otras materias que aportan turbidez y dificultan la filtración del zumo.

Diseño de una instalación capaz de procesar 450 L/día de zumo de granada clarificado

- Desaireación: se realiza solo en los zumos procedentes de cítricos y de tomate, para mejorar las propiedades organolépticas y reducir la separación de sólidos en suspensión y la espumación, para ello se aplica el vacío y se eliminan los gases disueltos en el zumo.
- Pasteurización: es un tratamiento térmico que consiste en calentar el zumo durante un tiempo variable a temperaturas de entre 60 y 100°C con el objetivo de mejorar la conservación de este, mediante la inactivación de enzimas y la eliminación de microorganismos.
- Concentración: con el objetivo de mejorar la conservación y así facilitar el transporte y el almacenamiento, se realiza una operación de concentración en la que se elimina la mayor parte del contenido inicial de agua del zumo. Se puede llevar a cabo mediante diferentes métodos como la congelación y separado del hielo, ósmosis inversa o por evaporación del agua, que suele ser la técnica más común.

4.1 LA CLARIFICACIÓN DEL ZUMO DE GRANADA

Como ya se adelantó en el apartado anterior, el objetivo de la clarificación es, por una parte, la eliminación de sustancias que favorecen o causan la turbidez en el zumo y, por otra parte, la prevención de la sedimentación ya sea en operaciones posteriores del procesado o ya en el almacenamiento. En el caso concreto de la granada, la cantidad de pectinas presente es baja, por lo que podría ser filtrado tras la extracción del zumo sin una operación de clarificado, aun así, es importante realizarla para prevenir la turbidez en el almacenamiento, además de mejorar las propiedades organolépticas del zumo (Vardin & Fenercioglu, 2003).

La ventaja que aporta clarificar el zumo de granada, en lo que al sabor se refiere, es la disminución de la astringencia de este, ya que se eliminan parcialmente los taninos que, además de proporcionar el color carmesí a vinos tintos y zumos de granada, son los responsables de la sensación de amargor y sequedad que aparece en la boca (Prommajak et al., 2020).

4.1.1 CLARIFICACIÓN CONVENCIONAL

Como se puede leer en el trabajo de Vergara S. (2014), la clarificación convencional consiste en un tratamiento químico empleando agentes clarificantes directamente en el zumo. Los agentes clarificantes más utilizados en zumos de frutas incluyen la bentonita y la gelatina.

La bentonita resulta útil para estabilizar las proteínas por su fuerte carga eléctrica negativa y la distribución superficial de la misma, pues las proteínas disueltas presentan cargas positivas por lo que es posible la floculación.

Las proteínas presentes de manera natural en los zumos se pueden clasificar en dos grupos según su estabilidad frente a un aumento de temperatura:

- Proteínas termolábiles: son inestables frente a un aumento de la temperatura y resultan fácilmente eliminadas por la bentonita a temperatura ambiente.

- Proteínas termoestables: son estables frente a la acción del calor sobre las que la bentonita no ejerce ninguna acción floculante.

La acción de la bentonita sobre las proteínas se ve influenciada por factores como el pH, a menor sea, mayor será su acción y como la presencia de taninos, que obstaculizan la interacción entre la bentonita y las proteínas.

Es importante tener en cuenta que, según los estudios de Balík (2011), la bentonita tiene un efecto negativo sobre los antocianos, ya que puede disminuir su presencia a menos de la mitad.

La gelatina es una molécula con carga positiva cuando el pH es bajo, como en los zumos, generalmente, y reacciona con los polifenoles cargados negativamente. La cola orgánica de la gelatina, cuando está poco hidrolizada, reacciona rápidamente formando un coloide junto a los taninos voluminoso y estable. El efecto de la gelatina sobre los antocianos es menor al de la bentonita (Molina, 2000).

4.1.2 CLARIFICACIÓN POR MEMBRANAS

Las operaciones de separación por tecnología de membranas consisten en, como su nombre indica, separar uno o más componentes presentes en una fase líquida mediante la utilización de una membrana semipermeable. Así pues, una membrana actúa como una barrera selectiva entre dos fases. La fuerza impulsora por la que se efectúa la transferencia de materia puede ser un gradiente de potencial eléctrico, concentración o presión. La membrana se interpone entre la corriente de alimentación y el permeado, de manera que la corriente que no logra atravesar la membrana, enriquecida respecto a la de alimentación, recibe el nombre de rechazo o concentrado. En la ilustración 3 se puede visualizar el esquema de las corrientes implicadas.

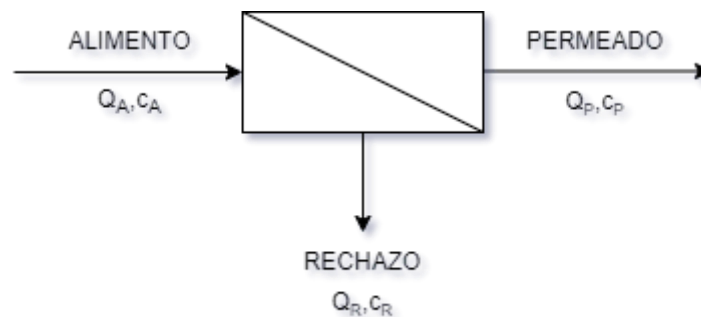


Ilustración 3. Esquema de la separación por membrana. Elaboración propia.

En la industria de los zumos se utilizan diversos procesos de filtración por membranas, mayoritariamente, la microfiltración y la ultrafiltración. Actúan de manera similar, como un tamiz molecular, impidiendo el paso a los solutos de tamaño superior al diámetro del poro. La estructura de las membranas utilizadas en dichos procesos de filtración es rígida y muy ligera, este tipo de membranas se conocen como porosas y la fuerza impulsora que permite la

separación entre las dos corrientes es el gradiente de presión. Dicho gradiente de presión recibe el nombre de presión transmembrana (PTM).

En la tabla 2 se presenta un resumen de las principales características de la microfiltración (MF) y la ultrafiltración (UF):

Tabla 2. Tecnología de membranas y características principales

Proceso	Tamaño de poro (μM)	Gradiente de presión (bar)	Especies retenidas
Microfiltración	> 0.1	Entre 0.1 y 5	Sólidos en suspensión, bacterias...
Ultrafiltración	Entre 0.001 y 0.1	Entre 1 y 10	Polisacáridos, proteínas, taninos, virus...

4.1.3 PRETRATAMIENTO ENZIMÁTICO

Es común ver en el proceso de elaboración de diferentes zumos la utilización de un tratamiento enzimático previo a la filtración por membranas con el objetivo de prevenir la disminución del caudal de filtración por los coloides presentes en el zumo. Por ejemplo, la pectina, un polisacárido estructural de las paredes celulares vegetales, que forma geles y dificulta la clarificación del zumo.

La utilización de este pretratamiento está respaldada por varios estudios como los de Barrosi et al. (2004) y Santin et al. (2007) que sugieren que la hidrólisis enzimática del zumo degrada compuestos de gran tamaño que influyen negativamente en el caudal de filtración, pues pueden terminar colmatando la membrana. La ilustración 4 representa este proceso de degradación.

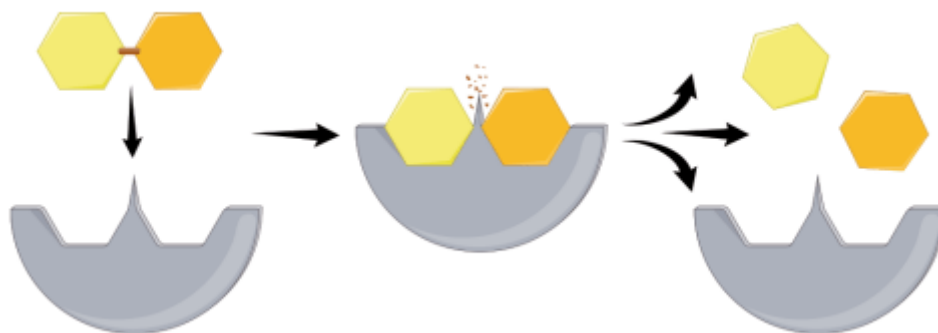


Ilustración 4. Representación de la hidrólisis enzimática (Grupo Fagro, 2020).

En cuanto al zumo de granada en concreto, según la tesis de Vergara (2014), el tratamiento enzimático que mejor preserva el color del zumo y los compuestos bioactivos de interés es el consistente en 150 ppm de Viscozyme® L (Novozymes) y 350 ppm de Fructozym® (Erbslöh) con actividad celulasa y pectinasa respectivamente.

Viscozyme® es una enzima que hidroliza el tejido vegetal, descomponiendo los carbohidratos y liberando las proteínas.

Fructozym® P descompone la estructura de la pectina, que actúa como estabilizador sobre los sedimentos, haciendo que la posterior clarificación y estabilización sea más sencilla.

4.2 PARÁMETROS DE DISEÑO

El comportamiento de una membrana queda determinado por dos parámetros, la selectividad y la densidad de flujo o flux (Mulder, 1996).

La selectividad hace referencia a la capacidad de la membrana para separar diferentes componentes de la corriente de alimentación, esta se expresa mediante la retención (R).

La retención viene dada por la siguiente expresión:

$$R = \frac{c_A - c_P}{c_A} \quad \text{Ec. [1]}$$

Donde c_A hace referencia a la concentración del componente de interés en el alimento y c_P a la concentración del componente de interés en el permeado. En cuanto a las unidades, R es un parámetro adimensional. Sus valores varían entre 0 y 1, R es igual a 0 cuando la separación es inexistente, tanto el disolvente como el soluto que se pretende separar pasan libremente a través de la membrana, por el contrario, cuando R es igual a 1, la separación es ideal y el soluto es retenido completamente.

Otra expresión útil a la hora de trabajar con membranas es el factor de concentración:

$$F_C = \frac{c_R}{c_A} \quad \text{Ec. [2]}$$

Donde c_R es la concentración del componente de interés en el rechazo y c_A la concentración del componente de interés en el alimento. El factor de concentración es adimensional.

El factor de reducción de volumen (FRV) expresa la relación que existe entre el volumen de alimento y el volumen del rechazo, se trata de un factor adimensional.

$$FRV = \frac{V_A}{V_R} \quad \text{Ec. [3]}$$

El factor de conversión o índice de recuperación hace referencia al rendimiento de la membrana, y relaciona el caudal de permeado con el de alimento. El factor de conversión es, también, adimensional.

$$\eta = \frac{Q_P}{Q_A} \quad \text{Ec. [4]}$$

La densidad de flujo o flux (J_p) se define como el volumen de disolución que fluye por la membrana por unidad de área y tiempo. La expresión de la densidad de flujo es la siguiente:

$$J_p = k \cdot \frac{dX}{dx} \quad \text{Ec. [5]}$$

Donde dX/dx es el gradiente de la fuerza impulsora a través del espesor de la membrana y k hace referencia a la permeabilidad intrínseca de la membrana. En cuanto a las unidades, J_p suele expresarse como $L/(m^2 \cdot h)$ y la k como $L/(m^2 \cdot h \cdot \text{bar})$,

La permeabilidad relaciona el flujo de moléculas que atraviesa la membrana con la diferencia de concentración del componente de interés a cada lado de esta, así pues, el parámetro depende de las características intrínsecas de la membrana, de la disolución y de las condiciones de operación. Las unidades de la permeabilidad son las propias de una velocidad, pues hace referencia a la velocidad con la que una molécula atraviesa la membrana.

4.3 ENSUCIAMIENTO Y LIMPIEZA DE MEMBRANAS

A pesar de que los procesos de separación por membranas han visto incrementado su uso de manera notable en las últimas décadas, hay factores que obstaculizan la aplicación de estos, como el ensuciamiento de la membrana, que supone un descenso rápido en el flux de permeado. Esto supone un incremento en la complejidad de las operaciones con membranas, puesto que el sistema debe ser detenido frecuentemente.

El ensuciamiento de membranas se puede clasificar en ensuciamiento reversible e irreversible. Cuando el ensuciamiento es reversible, la membrana puede ser restaurada mediante un protocolo de limpieza adecuado, ya sea físico o químico. En cuanto al ensuciamiento irreversible, la pérdida del flux transmembrana no puede ser recuperado ni hidrodinámica ni químicamente, ya que sucede por la quimisorción y por la obstrucción de los poros (Guo et al., 2012).

El ensuciamiento de membranas es causado por complejas interacciones físicas y químicas entre diferentes constituyentes en el alimento y por la interacción de estos con la superficie de la membrana. El transporte de materia puede suponer la adhesión, acumulación o adsorción de materiales en la superficie de las membranas y sus poros. El estudio previo de Li y Elimelech (2004) demuestra que el ensuciamiento depende de factores como la composición del agua de alimentación, la concentración de los mayores constituyentes, las propiedades químicas del

agua como el pH, las propiedades de la membrana, la temperatura, el modo de operación y las propiedades hidrodinámicas.

En la ilustración 5 se puede apreciar el descenso en el flux de permeado a causa del ensuciamiento de la membrana y como este aumenta tras el protocolo de limpieza, aunque el flux no se recupera totalmente por el ensuciamiento irreversible. Se representa el flux de permeado frente al tiempo cuando el gradiente de concentración es constante.

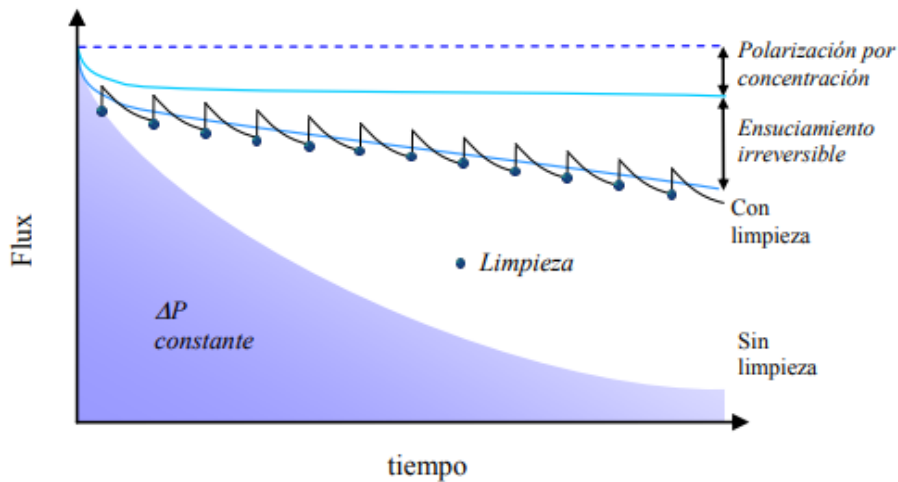


Ilustración 5. Representación gráfica del efecto de la limpieza en el flux frente al tiempo (Morales Gómez, 2016).

Anteriormente se ha mencionado que los fenómenos de ensuciamiento pueden ser reversibles e irreversibles, aunque en la ilustración 5 aparece también el término polarización por concentración. Este término hace referencia a la acumulación de moléculas de soluto en la capa límite, es decir, en las proximidades de la superficie de la membrana. La acumulación de soluto en la capa límite supone un aumento en la concentración de soluto en esa zona respecto a la corriente de alimentación y se genera lo que se conoce como capa gel. La concentración de la capa gel es constante para unos determinados parámetros de operación.

Como se ha expuesto anteriormente, la limpieza de membranas es fundamental, esto implica estudiar y seleccionar el mejor protocolo de limpieza para la actividad que se va a llevar a cabo. Con el objetivo de revertir el ensuciamiento que anteriormente habíamos llamado reversible, se van a utilizar dos tipos de limpieza, la basada en métodos físicos y la basada en métodos químicos.

Los métodos físicos, como la tecnología de ultrasonidos, han sido estudiados durante los últimos años y cuentan con numerosas aplicaciones, como la limpieza de las membranas usadas en el tratamiento de aguas residuales industriales (Cai et al., 2009). El fenómeno de cavitación es el fundamento de esta técnica, ya que al aplicarse los ultrasonidos a un medio líquido se producen ciclos de compresión y expansión, produciendo estos, a su vez, microburbujas que colapsan y forman microchorros que limpian la membrana. La aparición de los microchorros sucede mediante el mecanismo que aparece en la ilustración 6. Los parámetros que determinarán la eficacia de la tecnología de ultrasonidos son la frecuencia y tiempo de aplicación, la distancia

entre la membrana y el transductor y la potencia utilizada (Aema desarrolla una solución para la prevención de ensuciamiento en membranas de MBR mediante ultrasonidos - TecnoAqua, 2020).

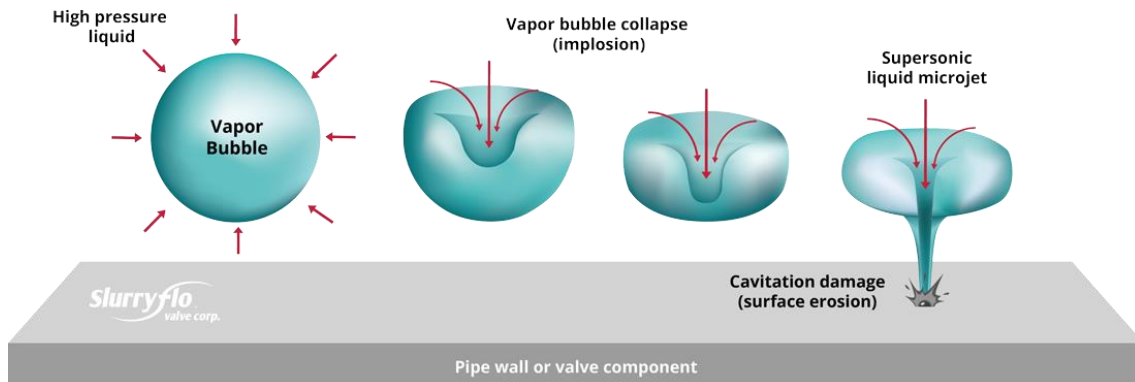


Ilustración 6. Colapso de una burbuja y aparición del microchorro (What Is Valve Cavitation? Solutions for Valve Cavitation in Slurry Service | SlurryFlo Valve Corp., 2021)

En cuanto a los métodos de limpieza química, se utilizan agentes que desprenden y disuelven los contaminantes. Es importante que dichos agentes de limpieza no produzcan efectos adversos en la membrana, por lo que la elección de estos dependerá no solo de los contaminantes a disolver, sino también de la naturaleza de esta.

Los agentes químicos de limpieza se pueden clasificar en cinco grupos: disoluciones alcalinas, ácidas, surfactantes, agentes metálicos quelantes y enzimas (Lin et al., 2010). Además, esta limpieza se puede llevar a cabo de diversas maneras, sumergiendo las membranas sucias en los agentes químicos, añadiendo los químicos a la corriente de alimentación o, incluso, combinando el uso de agentes químicos con una fase de limpieza física para optimizar los resultados.

Según el estudio de Blanpain-Avet et al. (2009), la efectividad de la limpieza mediante agentes químicos depende de parámetros como la temperatura de operación, la presión transmembrana, la velocidad del flujo, el pH, la concentración de los agentes de limpieza y la duración de esta.

4.4 TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS UTILIZADA EN EL CLARIFICADO DE ZUMOS

Tras exponer los principios de la tecnología de membranas, llega el momento de profundizar en las membranas utilizadas en la industria alimentaria, y, más concretamente, en el sector de los zumos, para llegar a seleccionar una compatible con el proceso de clarificación del zumo de granada.

Anteriormente se hizo referencia a la importancia de lograr y mantener unas buenas características organolépticas en el zumo que se desea comercializar. También se comentó que la microfiltración y la ultrafiltración eran los procesos generalmente utilizados en la clarificación de zumos, pues, aunque eliminan las partículas en suspensión que otorgan la turbidez indeseable en un zumo, son capaces de conservar las propiedades nutricionales de cada zumo, además de otras propiedades características como pueden ser el color o el sabor.

Diseño de una instalación capaz de procesar 450 L/día de zumo de granada clarificado

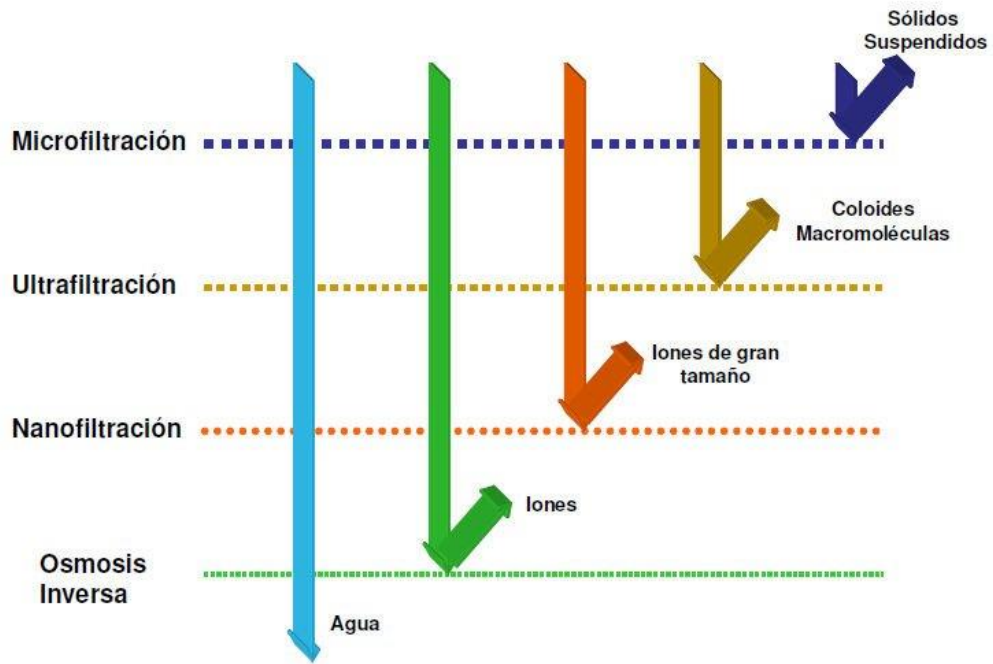


Ilustración 7. Tecnología de membranas y los respectivos rechazos (Condorchem, 2021).

En la ilustración 7 se puede apreciar que diferentes tecnologías de membranas rechazan moléculas de diferente tamaño, por ello, la nanofiltración y la osmosis inversa quedan descartadas para el propósito de clarificar zumos en general, pues las características organolépticas del zumo empeorarían al quedar en el rechazo moléculas relevantes para la elaboración de un buen zumo.

5. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESO

Con el objetivo de obtener un zumo de granada seguro y de calidad, minimizando las pérdidas a nivel nutricional y manteniendo sus propiedades organolépticas, es necesario estudiar las técnicas y etapas del proceso de producción. Conocer la influencia de los diferentes parámetros de las condiciones de operación sobre la calidad final es esencial para obtener un zumo apetecible, pero también para que el proceso resulte rentable económicamente y sea posible desarrollar la actividad.

A continuación, se presenta el diagrama de bloques específico del proceso de producción del zumo de granada propuesto. En el apartado de diseño se explicará la maquinaria necesaria para llevar a cabo cada etapa, así como los parámetros de operación e información más relevante.

Antes de ser recibidas, las granadas pasan por un control de calidad para comprobar que cumplen con el estándar exigido para la obtención de un producto de calidad. En el caso de no ser así, serían devueltas al proveedor.

Si el control de calidad se supera, se reciben y se clasifican para retirar las granadas defectuosas del proceso. Las granadas en buen estado son lavadas, cortadas y descascaradas antes de proceder a la extracción del zumo.

En estas etapas abandonan el proceso dos corrientes, por una parte, el agua residual del lavado, que sería necesario caracterizar para proponer un tratamiento adecuado, aunque sabiendo que en la industria de los transformados vegetales los principales contaminantes en las aguas residuales son la materia orgánica (DQO y DBO₅) y los sólidos en suspensión, es aplicable el uso de pretratamientos y tratamientos primarios para eliminar los sólidos y partículas en suspensión y tratamientos secundarios para reducir la materia orgánica disuelta hasta los niveles requeridos por la legislación. Estos tratamientos se llevarán a cabo en la EDARI (estación depuradora de aguas residuales industriales). La otra corriente que abandona el proceso es la corteza de las granadas, para la que se proponen varias opciones de valorización en el apartado 8.

Tras el descascarado, los arilos avanzan hacia la máquina de extracción, en la que se obtiene un zumo turbio que avanzará hacia el tratamiento enzimático, y, por otra parte, las semillas y la pulpa, para las que se propone una manera de valorización en el apartado 8.

El tratamiento enzimático se lleva a cabo mediante dos enzimas, Viscozyme L y Fructozym Color, que en contacto con el zumo turbio en unas condiciones de temperatura adecuadas y durante un tiempo determinado, mejora el rendimiento de la filtración que se lleva a cabo en la etapa posterior.

Tras la ultrafiltración se obtiene una corriente de concentrado y otra de zumo clarificado, que es a la que se aplicará el control de calidad posterior para ver si se cumplen los requisitos de turbidez y si es necesario recircularlo para volver a filtrarla. La corriente concentrada se puede utilizar en la industria alimentaria para mezclar con otros zumos, por ejemplo.

El zumo clarificado es pasteurizado para reducir el contenido microbiológico a niveles indetectables, dicho nivel de actividad se evalúa en un control de calidad para asegurar que se encuentra en los niveles adecuados para la industria alimentaria. En el caso de que los niveles no se hubiesen reducido, se volvería a llevar a cabo el tratamiento térmico hasta que los valores

Diseño de una instalación capaz de procesar 450 L/día de zumo de granada clarificado

fueran los adecuados. Cuando el zumo pasteurizado supera el control de calidad, está listo para ser envasado y almacenado, a la espera de ser comercializado.

El diagrama de bloques de proceso a diseñar es el que se ve a continuación en la ilustración 8.

Diseño de una instalación capaz de procesar 450 L/día de zumo de granada clarificado

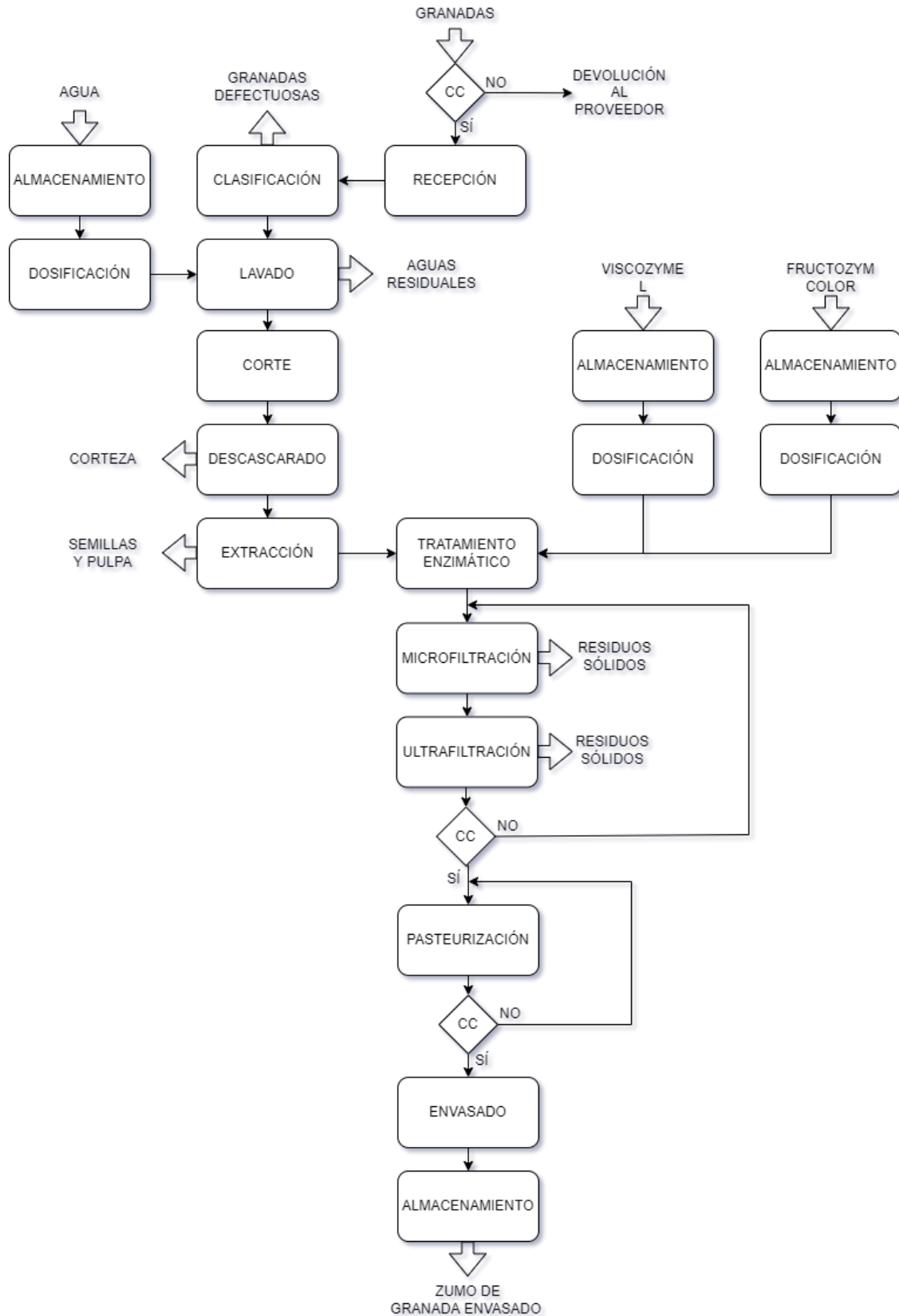


Ilustración 8. Diagrama de bloques del proceso de producción del zumo de granada propuesto. Elaboración propia.

6. ANTECEDENTES

Según el estudio de Lansky y Newman (2007), durante los últimos años las publicaciones relacionadas con la granada han aumentado considerablemente y, como consecuencia, se ha querido revisar si se trata de un producto con valor medicinal, ya que es ahí donde radica el interés en este fruto. Se concluye que, por las acciones fitoquímicas y farmacológicas de los componentes de la granada, existe una amplia gama de aplicaciones para el tratamiento y prevención de enfermedades en las que se cree que la inflamación crónica juega un papel importante.

Diferentes estudios como los de Negi y Jayaprakasha (2003) y Singh et al. (2001) evaluaron también los componentes de interés que se encuentran en la cáscara de la granada, pues en los extractos hechos a partir de la misma se pueden apreciar actividades antioxidantes y antibacteriales.

En cuanto a la producción industrial de zumo de granada, los procesos de clarificación por membranas han sido estudiados por varios autores. Cassano et al. (2011) investigaron la producción de zumo de granada concentrado mediante el uso de tecnología de membranas. El zumo fresco se clarificó mediante membranas de ultrafiltración de fibra hueca y la etapa de concentración se realizó mediante destilación osmótica. Además, evaluaron la productividad de estas etapas y la calidad del zumo obtenido. Se puede encontrar también bibliografía que estudia el rendimiento y ensuciamiento de las membranas de fibra hueca utilizadas para la clarificación del zumo de granada (Cassano et al., 2014). En este artículo se concluye que las membranas de fibra hueca de polisulfona son adecuadas para conservar los compuestos fenólicos en este proceso, y por ello se utilizará dicha tecnología en el diseño de la instalación. Además, se identifican las condiciones de operación que ofrecen un flujo de permeación máximo y un índice de ensuciamiento mínimo, siendo estas una PTM de 60kPa, una temperatura de 25 °C y una velocidad axial de alimentación de más de 4 m/s.

A partir del estudio de Vergara, S. (2014), se obtienen los datos sobre el cóctel enzimático que mejor preserva los compuestos y color del zumo, siendo este tratamiento el consistente en 150 ppm de Viscozyme L y 350 ppm de Fructozym color. En el estudio se colocó el zumo en un tanque que se calentó hasta 25 °C. Posteriormente se añadió el coctel enzimático y se mantuvo en recirculación durante 30 minutos entre 27 y 30 °C. Para el diseño del pretratamiento enzimático del proceso se utiliza dicho cóctel enzimático, en las mismas condiciones.

Una vez el producto ha sido envasado, la temperatura de almacenamiento es uno de los factores más importantes para la conservación del zumo de granada, ya que, según el estudio de Alighourchi y Barzegar (2009), la disminución en el contenido de antocianos es más baja a 4°C que a temperaturas superiores como 20°C. Como se expuso anteriormente, los antocianos forman parte de las moléculas que otorgan el color característico al zumo de granda, por lo que una disminución en su concentración afecta tanto a su aspecto como a su calidad nutricional. El estudio de Vergara, S. (2014) también concluye que la refrigeración a 5°C supone un pardeamiento tres veces menor que a temperatura ambiente y una conservación de los polifenoles presentes en el zumo similares a los presentes inicialmente.

Pérez-Vicente et al. (2004) estudiaron la influencia del material del envase sobre el color del zumo de granada y sus compuestos bioactivos. En los análisis sobre la concentración total de fenoles y de ácido elágico solo se encontraron pequeñas diferencias entre los diferentes

Diseño de una instalación capaz de procesar 450 L/día de zumo de granada clarificado

materiales estudiados. Se concluye que no hay diferencias significativas entre la capacidad antioxidante y los diferentes envases. A pesar de ello, sí que se encuentran diferencias significativas cuando se analiza el nivel de antocianos, pues el zumo en envases Minibrick veía una disminución en la concentración de antocianos y, como resultado, un deterioro en el color debido a que estos envases son permeables al oxígeno.

A modo de resumen, para el diseño de la instalación, los datos que se han tomado de cada autor son los siguientes:

Por las investigaciones de Cassano et al. (2011) y Cassano et al. (2014) se decide que la tecnología de membranas de fibra hueca de polisulfona será la utilizada en el proceso de filtración.

Se toma de la tesis doctoral de Vergara, S. (2014) el cóctel enzimático con mejores resultados para el pretratamiento en la clarificación del zumo de granada (150 ppm de Viscozyme L y 350 ppm de Fructozym color). También la duración del pretratamiento, 30 minutos, y la temperatura a la que se lleva a cabo el mismo, unos 28°C.

Del estudio de Alighourchi y Barzegar (2009) y la tesis de Vergara, S. (2014) se toma la temperatura adecuada para el almacenamiento del zumo de granada envasado, siendo esta de 5°C.

Por las conclusiones obtenidas en el estudio de Pérez-Vicente et al. (2004) se decide envasar el zumo en botellas de plástico PET, evitando así los envases Minibrick.

7. DISEÑO DE LA INSTALACIÓN

En este apartado se presenta la maquinaria necesaria para llevar a cabo la extracción y el procesado del zumo de granada, partiendo del diagrama de bloques expuesto en el apartado 5 y aprovechando la información obtenida en la búsqueda bibliográfica de las investigaciones de diferentes autores, ya descritos en el apartado 6.

Será necesaria una línea de procesado consistente en: una máquina de clasificación, una máquina de lavado, una máquina de pelado, un extractor de zumo, un reactor para tratamiento enzimático, tecnología de membranas para filtración, un pasteurizador y una máquina de envasado.

En la ilustración 9, se puede apreciar de forma general el inicio, duración y fin de cada etapa, ya que no se llevan a cabo todas al mismo tiempo, sino que ocurren de manera sucesiva.

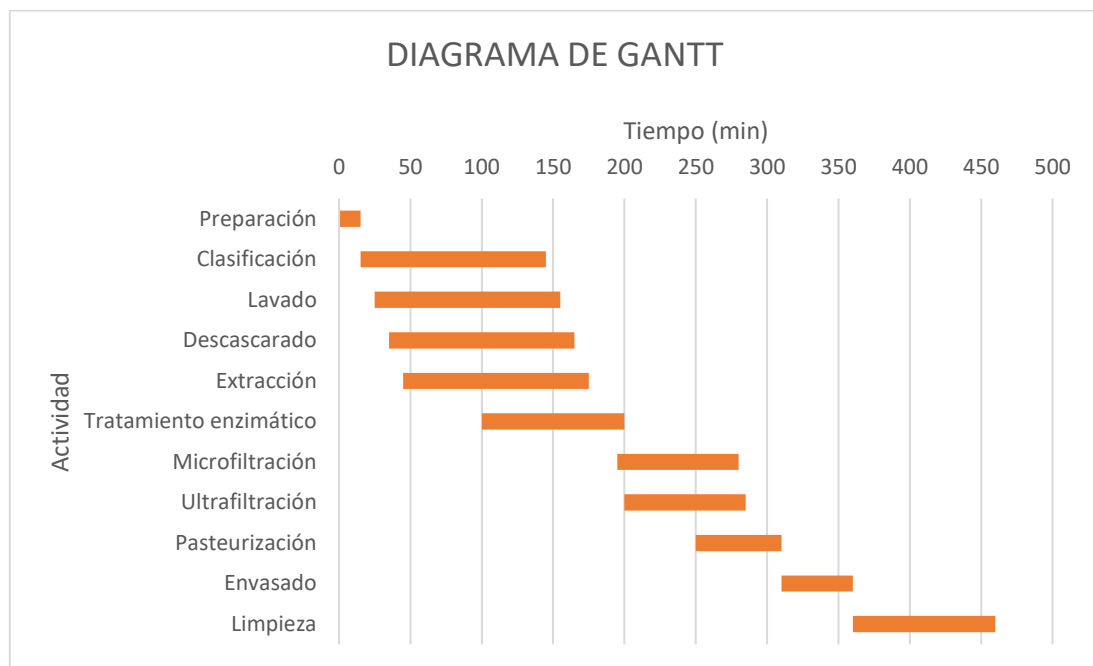


Ilustración 9. Diagrama de Gantt

Al comenzar la jornada laboral, unos 15 minutos se destinan a preparar todo lo necesario para empezar con la producción. Cuando todo está listo, se empieza a clasificar las granadas, y las que superan esta etapa continúan en el proceso, estas serán lavadas, descascaradas y su zumo será extraído, cada una de estas etapas tiene una duración de unas 2 horas. El zumo turbio que se ha extraído empezará a llenar los tanques en los que se llevará a cabo el tratamiento enzimático, y una vez estén llenos, cada lote se someterá al tratamiento durante 30 minutos. Una vez el zumo ha sido tratado, se procede a la filtración de este mediante una etapa de microfiltración e, inmediatamente, otra de ultrafiltración, durante aproximadamente una hora y media. El zumo clarificado avanza hasta la etapa de pasteurización, que durará una hora y después será envasado, para lo que también se destinará una hora. Además, se reservan las dos horas finales para la limpieza y mantenimiento de las membranas y de la instalación en general.

Tras llegar las granadas a la instalación, se realiza un control de calidad para asegurar que el producto reúne las cualidades que se esperan de la materia prima y así obtener un producto

final atractivo a nivel sensorial y comercial. En el caso de que la materia prima supere el control de calidad, esta se descargará y se almacenará a la espera de ser procesada en las siguientes etapas.

7.1 CLASIFICACIÓN

Descartar las granadas dañadas, podridas o inmaduras asegura una buena calidad en el producto final, por lo que una máquina que permita seleccionarlas y apartarlas tendrá un impacto positivo en el zumo. El total de granadas diario a procesar es de 1895 kg.

La máquina seleccionada, visible en la ilustración 10, transporta las frutas mediante la rotación de los rodillos, así pues, las granadas avanzan a la vez que rotan, de manera que los operarios pueden seleccionar las granadas de baja de calidad y descartarlas.



Ilustración 10. Máquina de clasificación AGICO

En cuanto a los aspectos técnicos de la máquina, el material de construcción es acero inoxidable, además, la tabla 3 recoge los datos más importantes acerca de la misma.

Tabla 3. Parámetros técnicos de la máquina de clasificación AGICO

PARÁMETROS TÉCNICOS	
Capacidad (kg/h)	5000
Ancho de transmisión (mm)	700
Largo de transmisión (mm)	4000
Potencia (kW)	1.1
Medidas (mm)	4000 * 850 * 1100

Diseño de una instalación capaz de procesar 450 L/día de zumo de granada clarificado

El proceso es alimentado con un flujo de 880 kg/h de granadas, de las cuales se estima que se descarten un 5% por estar en mal estado, es decir, avanzará a la siguiente etapa un flujo de 836 kg/h (1800kg en total al día). Aproximadamente 44 kg/h (un total de 95 kg de granadas) son descartados en esta etapa.

7.2 LAVADO DE LAS GRANADAS

Tras haber descartado las granadas defectuosas, con el objetivo de eliminar el polvo, suciedad, restos de pesticidas y otras impurezas que hay en la piel de las granadas aptas, se lleva a cabo el lavado en una máquina como la que se puede ver en la ilustración 11.



Ilustración 11. Máquina para la limpieza de la fruta AGICO

La máquina está hecha de acero inoxidable, equipada con cepillos rotatorios y un spray de alta presión para asegurar una limpieza profunda. Los parámetros técnicos se exponen en la tabla 4:

Tabla 4. Parámetros técnicos de la máquina para la limpieza de fruta AGICO

PARÁMETROS TÉCNICOS	
Capacidad (kg/h)	5000
Potencia (kW)	2.2
Dimensiones (mm)	2335 * 1510 * 1325
Dimensiones del tanque de agua (mm)	1000 * 700 * 650
Voltaje (V)	380 / 220

Diseño de una instalación capaz de procesar 450 L/día de zumo de granada clarificado

En la operación de lavado el caudal de granadas que entra y sale es el mismo, 836 kg/h de granadas.

7.3 DESCASCARADO

El mismo proveedor, AGICO, ofrece máquinas diseñadas específicamente para el pelado de granadas, como la de la ilustración 12, cortándolas en cuatro piezas y separando posteriormente los granos de la cáscara.



Ilustración 12. Máquina de pelado y separación de cáscaras

En cuanto a la información sobre la máquina de pelado, se disponen de los siguientes datos:

Tabla 5. Parámetros técnicos de la máquina de pelado

PARÁMETROS TÉCNICOS	
Capacidad (kg/h)	3000
Potencia (kW)	8
Medidas (mm)	1600 * 1200 * 1800

La corteza representa aproximadamente un 55% del peso del fruto, por lo que, al separarla de los arilos, unos 460 kg/h de corteza abandonan la línea de producción. Esto significa que se obtiene una corriente de aproximadamente 376 kg/h de arilos que avanza a la etapa de extracción.

7.4 EXTRACCIÓN

Tras separar la corriente de cáscaras de los arilos, estos se llevan al extractor de zumo, que consiste en un tornillo que los empuja a través de una cavidad que va disminuyendo, a la vez que la presión va aumentando. El extractor AGICO está construido en acero inoxidable. Su estructura cerrada ayuda prevenir la oxidación del zumo y preservar los nutrientes, como se puede ver en la ilustración 13.

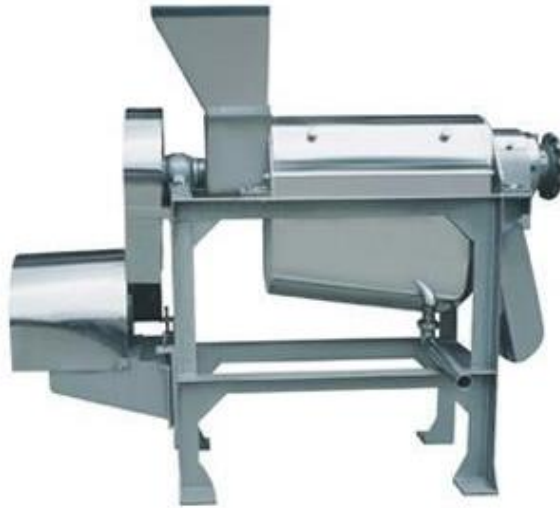


Ilustración 13. Extractor AGICO

Hay diferentes modelos disponibles en el catálogo del proveedor, el seleccionado es el TP-Z5, pues es el modelo que más se adapta al caudal de 376 kg/h que se procesará. Sus parámetros técnicos son los siguientes:

Tabla 6. Parámetros técnicos del extractor TP-Z5

PARÁMETROS TÉCNICOS	
Capacidad (kg/h)	500
Potencia (kW)	1.5
Medidas (mm)	850 * 380 * 850

Un 15% del peso total de la granada corresponde a las semillas (56.4 kg/h), por lo que tras extraer el zumo de los arilos se obtiene un caudal de 320 L/h, pues la densidad del zumo se asemeja a la del agua.

7.5 TRATAMIENTO ENZIMÁTICO

Tras la extracción, se obtiene un zumo de granada turbio y con un contenido bajo en pulpa. Para eliminar esa turbidez, se lleva a cabo, en primer lugar, un pretratamiento enzimático, ya que afecta positivamente al caudal de filtración sin que los compuestos bioactivos y los parámetros de color se vean significativamente influidos.

Como el caudal a tratar es de 600 L/día, se puede calcular la cantidad de enzimas necesarias a diario de la siguiente forma.

Una concentración de 150 ppm de Viscozyme L se conseguirá en un total de 600L con 90 g de Viscozyme L.

$$600 \frac{L}{día} \cdot 150 \frac{mg \text{ de Viscozyme L}}{L} \cdot \frac{1 g}{1000 mg} = 90 \frac{g \text{ de Viscozyme L}}{día}$$

De la misma manera, una concentración de 350 ppm de Fructozym se conseguirá en un total de 600L con 210 g de Fructozym.

$$600 \frac{L}{día} \cdot 350 \frac{mg \text{ de Fructozym}}{L} \cdot \frac{1 g}{1000 mg} = 210 \frac{g \text{ de Fructozym}}{día}$$

Así pues, se dispone de dos pequeños tanques de 2 L en los que se introducen las enzimas, con una válvula se regula la cantidad de cada una que se introduce en el tanque en el que se lleva a cabo el tratamiento enzimático.

Se llevará a cabo el tratamiento enzimático en 3 lotes, como es necesario procesar 600 L en total cada día, cada lote será de 200 L. Así pues, para este volumen, la concentración de enzimas adecuadas se logrará con 30 g de Viscozyme L y 70 g de Fructozym. Con el objetivo de que se lleve a cabo el tratamiento enzimático a temperatura constante, se eligen los reactores con chaqueta térmica y con agitador como el que se muestra en la ilustración 14:



Ilustración 14. Reactor con chaqueta térmica y agitador (Nanjing Bang Win Imp & Exp Co., Ltd.)

Una bomba impulsará el fluido durante las etapas de microfiltración y ultrafiltración. La bomba de 2 tornillos QTS 100 es la seleccionada, ya que es apta para aplicaciones alimentarias, su caudal es regulable y puede manejar líquidos con sólidos en suspensión.

7.6 MICROFILTRACIÓN

Tras abandonar la etapa de tratamiento enzimático, se lleva a cabo la microfiltración con el objetivo de eliminar los sólidos en suspensión que colmatarían las membranas de ultrafiltración, empezando a reducir así la turbidez. Es necesario tener en cuenta que los materiales elegidos deben ser apropiados para la industria alimentaria, en este caso los cartuchos de filtración seleccionados están hechos de polipropileno y son aptos para la industria de las bebidas, como los zumos. La ilustración 15 muestra el detalle de uno de los cartuchos de microfiltración seleccionados.



Ilustración 15. Cartuchos de filtración BECO PROTECT® FS FineStream

La eficacia de retención de las partículas establecidas es de un 99.98%, y hay diferentes tipos de cartuchos en función del tamaño de las partículas que se quieren retener. En este caso, para evitar que los cartuchos se colmaten, se eliminarán los sólidos en suspensión de forma progresiva, haciendo que el flujo atraviese primero un cartucho con tamaño de poro de 20 μm , después uno de 5 μm y, finalmente, un de 0.2 μm .

Tabla 7: Modelo de cartucho y tamaño de poro Beco Protect FS

Modelo	Tamaño de poro (μm)
FS002	0.2
FS050	5
FS200	20

Para el caudal que se va a tratar se precisará de un solo cartucho para cada tamaño de poro. La longitud nominal de los cartuchos seleccionados es de 10" (254mm). El diámetro de los cartuchos es de 70mm y la temperatura máxima de operación de 80°C.

En la ficha técnica del cartucho de 10" que se ha seleccionado, se puede encontrar el siguiente gráfico, representado en la ilustración 16, que muestra una representación del caudal frente a la presión transmembranal. El fluido con el que se ha elaborado el gráfico es agua a 20°C.

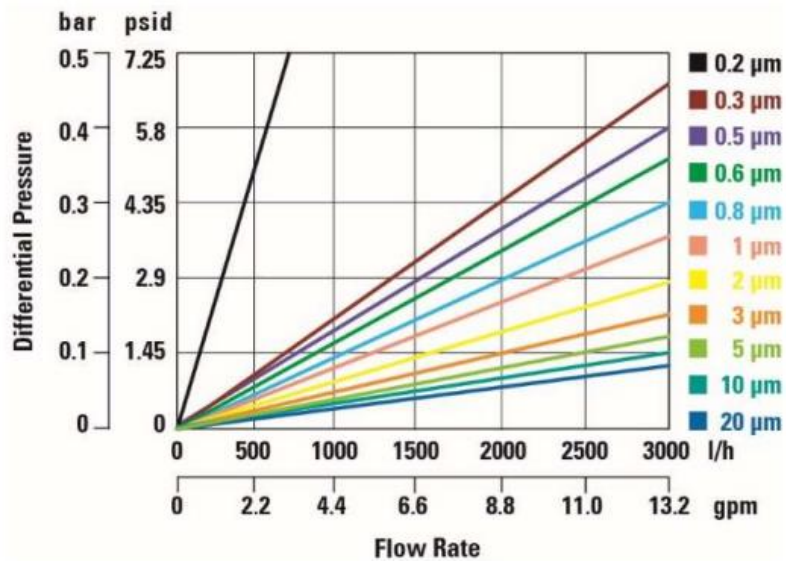


Ilustración 16. Caudal frente a presión diferencial del cartucho Beco Protect FS 10''

Así pues, la presión diferencial necesaria para obtener el caudal que se requiere de 320 L/h es de 0.07 bar aproximadamente.

Tras el uso, los cartuchos se pueden regenerar mediante el uso de agua filtrada para eliminar los depósitos de polisacáridos, proteínas, taninos... Si es necesario eliminar restos más persistentes, también es posible realizar el enjuague con agua caliente a 80 °C. Estos restos no suponen una pérdida de caudal significativa, por lo que se considera que este no varía.

7.7 ULTRAFILTRACIÓN

En cuanto a la tecnología seleccionada para la etapa de ultrafiltración, basando la elección en las experiencias expuestas en el apartado 6, se ha optado por el uso de un cartucho de fibra hueca de polisulfona, el proveedor seleccionado es MegaVision, pues disponen de un producto en su catálogo que se adapta a las necesidades del proceso, siendo este el cartucho "HYPER™ PS" diseñado para la purificación y concentración de líquidos con una turbidez relativamente baja. El cartucho seleccionado se puede ver en la ilustración 17.



Ilustración 17. Cartucho Hyper PS de MegaVision

Además, en la tabla 8 quedan recogidas las especificaciones del cartucho Hyper PS.

Tabla 8. Especificaciones de la membrana de UF

Área activa (m ²)	4
Temperatura de operación (°C)	5 – 45
Rango de PH durante la operación	3-12
Flux de diseño (L/(m ² *h))	60 -120
Presión de operación (MPa)	0.1

Con los datos de flux de diseño y área activa se obtiene el caudal de permeado de la etapa de ultrafiltración.

$$60 \frac{L}{m^2 \cdot h} \cdot 4 m^2 = 240 \frac{L}{h}$$

La conversión que se espera de la etapa de ultrafiltración es de un 75%, así pues, sabiendo que el caudal de permeado es de 240 L/h, el de alimento debe ser de 320 L/h. Ese caudal corresponde al de la etapa de microfiltración.

El caudal de permeado se recoge en un tanque refrigerado a la espera de ser pasteurizado. El concentrado se recoge en otro tanque, ya que se puede ser utilizado para mezclar con otros zumos como se expone en el apartado 8.

Tras terminar con las dos etapas de filtración se lleva a cabo un control de calidad para asegurar que el zumo ha quedado correctamente clarificado y que la turbidez ha sido eliminada.

Diseño de una instalación capaz de procesar 450 L/día de zumo de granada clarificado

Cuando termina la jornada laboral se efectúa la limpieza de la membrana, para ello se hace circular a través de la membrana un caudal de 1.5 L/min de agua destilada durante 20 minutos. Posteriormente se utiliza una disolución de NaClO [4 g/L] con un pH de 10.1, que se recircula durante 60 minutos a una temperatura de 40°C. Para terminar, se enjuaga la membrana durante 20 minutos con agua de red hasta obtener una conductividad constante.

7.8 PASTEURIZACIÓN

Para la etapa de pasteurización se ha seleccionado un pasteurizador de zumos del proveedor Unison Process Solutions, que funciona de manera continua, aplicando una alta temperatura durante un periodo corto de tiempo. La capacidad de este pasteurizador es de un mínimo de 200 L/h y un máximo de 2000 L/h. El equipo se puede ver en la ilustración 18.



Ilustración 18. Pasteurizador HTST Unison

El tamaño del pasteurizador es reducido, siendo sus dimensiones 1.1m * 0.95m * 1.3 m (largo*ancho*alto). El caudal de entrada y de salida es el mismo.

Tras la etapa de pasteurización se lleva a cabo el tercer control de calidad, en el que se evalúa que la cantidad de microorganismos presentes en el zumo es indetectable.

7.9 ENVASADO

La máquina embotelladora que se ha seleccionado, que aparece en la ilustración 19, es una manual de 6 cánulas válida para envasado en vidrio o PET, apta para recipientes de 250 mL a 1L de zumo de fruta, frío o caliente.

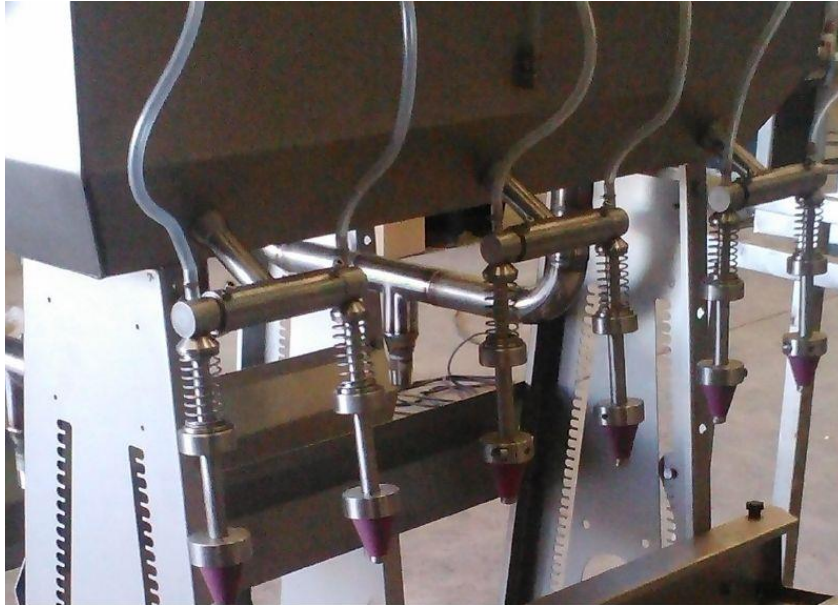


Ilustración 19. Embotelladora Zumex

Las especificaciones de la embotelladora quedan recogidas en la tabla 9.

Tabla 9. Especificaciones de la embotelladora Zumex

Potencia (kW)	2.1
Peso (kg)	40
Dimensiones (m)	0.9 * 0.5 * 1.7

La producción nominal es de 550 L/h, por lo que para embotellar 450 L serán necesarios 49 minutos. Considerando botellas de 0.5 L, se embotellarían 900 al día.

7.10 ALMACENAMIENTO

El almacenamiento se llevará a cabo en una cámara refrigerada a 5 °C y evitando la luz directa para preservar al máximo las cualidades del zumo, como se expuso en el apartado 6. Tres frigoríficos Polar GN de doble puerta con una capacidad de 1200L cada uno, como el que aparece en la ilustración 20, almacenan de manera adecuada el zumo producido en una semana, pues el rango de temperatura de trabajo es de -2°C a 8°C. La capacidad neta de cada uno es de 770L y el consumo energético diario de cada uno es de 1.85 kWh/día, por lo que tres de estos

Diseño de una instalación capaz de procesar 450 L/día de zumo de granada clarificado

refrigeradores tienen una capacidad total de 2310 L y un consumo energético diario de 5.55 kWh/día. Las dimensiones de cada uno son de 1.99 m * 1.34 m * 0.815 m (alto * ancho * profundo).



Ilustración 20. Frigorífico polar GN.

7.11 LIMPIEZA DE LAS INSTALACIONES

A parte de la limpieza de la membrana de ultrafiltración que se ha explicado en el apartado 7.7, es necesario limpiar y desinfectar el resto de las instalaciones, pues en los procesos de la industria alimentaria estas operaciones tienen relación directa con la salud humana. En la industria de los transformados vegetales estas operaciones están formadas por dos acciones, la deterción y la desinfección.

La deterción implica el uso de un detergente, logrando una desinfección parcial, pues parte de la totalidad de los microorganismos son arrastrados a la vez que las capas de suciedad y materia orgánica son eliminadas.

La desinfección implica la eliminación de las formas vegetativas de los microorganismos patógenos de los equipos y superficies de trabajo hasta un nivel que garantice la inocuidad de los productos alimentarios. Para que los desinfectantes cumplan su función es necesario que las superficies en las que actúan estén totalmente limpias.

Para llevar a cabo las operaciones de limpieza de manera adecuada, el agua empleada debe ser potable y sin una dureza alta, en el caso de no ser así, la formación de incrustaciones se vería favorecida y la eficacia de los detergentes se reduciría.

Diseño de una instalación capaz de procesar 450 L/día de zumo de granada clarificado

Las máquinas de selección y de lavado se limpian de forma manual, eliminando restos de suciedad que puedan quedar tras el uso, mediante agua a presión con detergente y posterior aclarado con agua.

La limpieza de la máquina de extracción, del mismo modo que la de corte y descascarado, se lleva a cabo desmontado algunos componentes para asegurar que no quedan residuos de granada dentro que puedan terminar poniéndose en mal estado y contaminando la corriente, además de obstruir la salida. Esta forma de limpieza se denomina COP, de las siglas en inglés “cleaning out of place”, se llama así porque el equipo debe ser retirado del lugar de operación y ser llevado a una estación de limpieza. Requiere del desmantelamiento o desensamblado del aparato.

El pasteurizador y la bomba QTS 100 se limpian en el sitio, este método de limpieza se denomina CIP, por las siglas en inglés de “cleaning in place”. Este protocolo de limpieza automatizada permite limpiar la máquina en el lugar de operación, sin desmantelarla y llevarla a una estación de limpieza. Por el diseño de las máquinas que se limpian en el sitio, que no suele tener zonas muertas en las que se depositen los residuos, las superficies interiores de las máquinas se limpiarán mediante el uso de soluciones de detergentes y agua que se suministran a los equipos desde las unidades CIP que se encuentran en las proximidades.

La máquina de embotellado se limpiará haciendo circular agua por su interior y limpiando manualmente las cánulas que están en contacto con las botellas.

Las máquinas frigoríficas se limpiarán vaciándolas y desinfectándolas de forma manual para asegurar que el producto se conserva en un entorno adecuado para productos alimentarios.

Las aguas residuales que derivan de las operaciones de limpieza pueden contener unos niveles de materia orgánica elevada por la naturaleza de la materia procesada. Además, el uso de soluciones de limpieza puede resultar en pH muy ácidos o básicos, por lo que será necesario el tratamiento de la corriente en una EDARI (estación depuradora de aguas residuales industriales).

Por las operaciones de limpieza y el uso de productos químicos se generan residuos inorgánicos que corresponden a los envases de dichos productos, que deberán ser gestionados de manera adecuada.

8. VALORIZACIÓN DE LOS SUBPRODUCTOS

En este apartado se presentan diferentes estrategias de valorización para los subproductos del proceso con el objetivo de que la generación de restos orgánicos no suponga una incidencia desde el punto de vista ambiental. Dado que los subproductos tienen interés para distintas industrias, se proponen a continuación posibles usos. Además, se planteará la extracción de polifenoles presentes en la cáscara de granada, que se puede ver en la ilustración 21, de forma más concreta.

8.1 VALORIZACIÓN DE LAS CÁSCARAS DE GRANADA

En el estudio de Msaadi et al. (2020), fue evaluado el potencial de pequeñas esferas hechas de cáscara de granada como bioadsorbente para la retirada del tinte azul de metileno en disoluciones acuosas. La cáscara de granada fue transformada en polvo, haciéndola pasar por un tamiz de 80 μm , posteriormente se añadió agua al polvo para hacer una pasta con la que se formaron las esferas. La cinética de adsorción fue investigada en función de la temperatura, el pH de la solución y el tiempo de contacto. La máxima capacidad de adsorción para las esferas fue 15.8 mg/g a 25 °C, además tras actuar como adsorbente se estudia la regeneración, sumergiendo las esferas en ácido clorhídrico 0.1 M y posterior enjuague. El trabajo concluye que, en los países en los que se cultivan granados, este subproducto puede utilizarse en el proceso de filtración del agua. Esto es especialmente interesante porque Asia suroriental, la zona en la que más granados se cultivan, sufre un estrés hídrico considerable, siendo oriente medio la región más vulnerable. Además, algunas regiones de la zona son muy pobres, por lo que la utilización de esferas de cáscara de granada para el tratamiento del agua resulta muy interesante, ya que el coste de implementación de esta técnica es relativamente bajo.

Otro estudio (Buenrostro Figueroa, J. et al., 2017), evaluó el aprovechamiento de las cáscaras de granada como sustrato para la producción de pectinasas. En cuanto a la metodología, las cáscaras fueron pulverizadas hasta llegar a un tamaño de 0.85 mm y se procedió a preparar el medio para la fermentación en medio sólido. Se mezcló la cáscara pulverizada con vermiculita, con unas condiciones de humedad adecuadas y se inoculó con las esporas de *Aspergillus niger* P6. La fermentación fue realizada a 30 °C, se tomó una muestra cada 12h para las evaluaciones pertinentes, y, además, un flujo de aire de 200 mL fue usado durante las 84 horas del experimento. Se concluyó que las cáscaras de granada son adecuadas para la producción de pectinasas, que como se ha expuesto anteriormente, son unas enzimas cuya principal aplicación es mejorar el rendimiento en la producción de zumos y facilitar la clarificación.



Ilustración 21. Cáscaras de granada (Balcony Garden Web, 2022)

También tienen interés biotecnológico los hallazgos de la investigación de Angumeenal y Venkappayya (2013), en los que se evaluó el potencial de la cáscara de granada para la producción de ácido cítrico mediante la fermentación en medio sólido por el hongo *Aspergillus niger* B60. La cantidad máxima de ácido cítrico (306,8 g/kg de cáscara seca) fue obtenida utilizando cáscaras de granada pulverizadas frescas y un pH inicial de 8, después de 8 días de fermentación a 25 °C. La adición de metanol a una concentración de 3% (p/p) aumentó la cantidad de ácido cítrico hasta los 351,5 g/kg de cáscara seca. Se concluyó que las cáscaras de granada son un sustrato útil para la producción comercial de ácido cítrico con bajo costo energético y su utilización puede contribuir a lograr una bioproducción de ácido cítrico ambientalmente sostenible.

En cuanto a la pandemia causada por el conocido coronavirus (SARS-CoV-2), un tema de actualidad, hay varios investigadores que han buscado en la granada una manera de combatir su efecto. Aunque se requiere más investigación, hay bibliografía que muestra su potencial. Por ejemplo, un estudio (Tito et al., 2021) ha evaluado la función como inhibidor del extracto de cáscara de granada de la unión del SARS-CoV-2 al receptor humano ACE2 (in vitro). En el estudio se concluye que el extracto de granada inhibe la actividad de diversas proteínas virales, en particular aquellas involucradas con la entrada del virus a las células y su replicación. El estudio de Suručić et al. (2021) llega a la misma conclusión, resaltando el interés que tienen la punicalagina y la punicalina en dicho efecto. Otro estudio en fase preliminar (Mosa & Mohamed, 2021) también reconoció este efecto inhibidor del extracto de cáscara de granada en la replicación del virus in vitro.

Otro método para valorizar las cáscaras de granada es la extracción de los polifenoles presentes en ellas, ÇAm y Hışıl (2010) estudiaron la extracción de estos mediante agua presurizada. Se encontró que los factores con mayor influencia en la extracción son el tamaño de partícula, la temperatura y el tiempo estático, siendo este último el tiempo en el que la muestra interactúa con el solvente por ciclo de extracción. El contenido fenólico total obtenido por extracción con agua a presión en condiciones óptimas fue similar al obtenido en extracciones convencionales

usando metanol como disolvente, así pues, se trata de una alternativa viable en la que se evita el uso de disolventes peligrosos para la salud. Las condiciones de operación óptimas para llevar a cabo la extracción con agua como disolvente y una presión de 102.1 atm fueron las siguientes: una temperatura de 40°C, un tiempo estático de 5 minutos y unas partículas mayores a 65 micrómetros. En cuanto a los ciclos de extracción, se concluyó que con dos ciclos se extraía el 90% de los fenoles, con tres ciclos el 95% y con cuatro ciclos el 99%, así que en función del objetivo de recuperación y del coste de extracción se seleccionará el número de ciclos adecuado.

8.2 VALORIZACIÓN DE LAS SEMILLAS DE GRANADA

Tras exponer posibles usos y una forma viable de extracción de los polifenoles presentes en la cáscara de granada, se procede además a plantear una manera de valorizar las semillas de la granada, ya que según el estudio de Verardo et al. (2014), el aceite de las semillas de granada está formado mayoritariamente (sobre un 80% de la cantidad total de lípidos) por un conjugado del ácido linoleico, el ácido punícico, cuyo efecto antiinflamatorio ha sido confirmado por varios experimentos in vivo. El contenido de lípidos totales presente en las semillas varía entre un 8 y un 16%. A parte del ácido punícico, otros ácidos grasos mayoritarios presentes son el ácido oleico, linoleico y palmítico. En estudio concluye que estas semillas son fuente de lípidos bioactivos con potencial beneficioso para las actividades fisiológicas, por lo que son viables para su uso en nutrición humana. En la ilustración 22 se puede ver aceite de semilla de granada en cápsulas, junto con las semillas de las que ha sido extraído.



Ilustración 22. Semillas de granada y su aceite (Vitalgrana, 2017).

Para proponer una manera de extraer dicho aceite se toma como referencia el estudio de Liu et al. (2009), en el que se examina la extracción de aceite de semilla de granada mediante el uso de dióxido de carbono como fluido supercrítico. El máximo rendimiento se consiguió con un flujo

Diseño de una instalación capaz de procesar 450 L/día de zumo de granada clarificado

de materia de 156.3 g/kg en seco en las condiciones de presión de 37.9 MPa a 47°C, con un flujo de CO₂ de 21.3 L/h.

8.3 VALORIZACIÓN DEL CONCENTRADO DE ZUMO DE GRANADA

En la etapa de ultrafiltración se obtiene una corriente de concentrado que no se utiliza en el proceso planteado, ya que el objetivo es obtener un zumo clarificado, aunque dicha corriente es perfectamente utilizable para otros procesos de obtención de zumo, por ejemplo, no es extraño ver mezclas de zumos de frutos rojos o de frutos con potencial antioxidante de los cuales la granada forma parte. Así pues, este es el uso que se propone para la corriente de zumo concentrado procedente de la etapa de ultrafiltración.

9. CONCLUSIONES

El objetivo principal del proyecto, diseñar una instalación capaz de procesar un caudal de 450 L/día de zumo de granada clarificado, ha sido llevado a cabo satisfactoriamente. Para llevarlo a cabo se cumplieron los objetivos secundarios que se habían propuesto, como la recopilación de información de fuentes de calidad y el estudio de los procesos de elaboración de diversos tipos de zumo. Además, desarrollar el proyecto sirvió para aplicar y conectar los conocimientos y herramientas obtenidas en diferentes asignaturas, así como a terminar de comprender cuestiones que no se habían abordado durante el curso académico.

El diseño de la instalación se ha llevado a cabo para el procesado de 450 L/día de zumo de granada clarificado, en función de este valor se ha ido calculando el caudal necesario a procesar en cada etapa, hasta llegar a la cantidad de granadas necesaria a la entrada del proceso, siendo esta de 1895 kg/día.

Las granadas son seleccionadas y lavadas para asegurar un producto final de calidad, posteriormente son cortadas y descascaradas, para así separar los arilos de los que se extrae el zumo. El zumo turbio avanza por la instalación hasta llegar a los tanques con camisas térmicas que aseguran que el tratamiento enzimático se lleve a cabo en condiciones de temperatura adecuadas, así el caudal procesado por las membranas será superior, pues los sólidos en suspensión que causan la turbidez ven reducido su tamaño, ensuciando menos las membranas y evitando su colmatación. La microfiltración se lleva a cabo mediante tres cartuchos con diferentes tamaños de poro, que retiran de forma progresiva los sólidos más grandes y protegen así la membrana de ultrafiltración, que termina produciendo un zumo clarificado y estable. El zumo clarificado es pasteurizado y envasado para asegurar que el producto es seguro para el consumo humano y su vida útil aumenta, haciendo de él un producto conveniente.

Durante el proceso diseñado se producen corrientes de residuos que, tras proponer usos y opciones de valoración para los mismos se transforman en subproductos que no solo tienen valor a nivel industrial, sino que su uso también ayuda a reducir la cantidad de materias primas utilizadas para otras actividades, por lo que se avanza hacia modelos de industria con residuo cero y se reduce el impacto ambiental de la actividad.

Tras realizar el estudio y diseño de las instalaciones, en función del objetivo establecido, se ha evidenciado que el caudal a procesar elegido podría haber sido superior, pues ya que el desembolso económico para llevar a cabo la instalación es grande, aumentar la producción podría suponer un menor tiempo de retorno de la inversión. En la mayoría de las etapas, las máquinas seleccionadas pueden trabajar con caudales mayores, por lo que ya están listas para este aumento en la producción. Bien es cierto que en las etapas de microfiltración y ultrafiltración sería necesario añadir más cartuchos en serie, la cantidad vendría determinada por el nuevo caudal a procesar. Además, la máquina embotelladora manual podría ser sustituida por una automática para aumentar el número de botellas que son llenadas por unidad de tiempo y, consecuentemente, el volumen de zumo de granada que es embotellado a diario.

10. BIBLIOGRAFÍA

7 Amazing Pomegranate Peel Uses in the Garden. (2022, Enero 12). Balcony Garden Web. <https://balconygardenweb.com/pomegranate-peel-uses-in-the-garden/>

Aema desarrolla una solución para la prevención de ensuciamiento en membranas de MBR mediante ultrasonidos - TecnoAqua. (2020, Diciembre 10). Tecnoaqua. Retrieved November 30, 2021, from <https://www.tecnoaqua.es/noticias/20201210/aema-proyecto-ultraclean-solucion-ensuciamiento-membranas-ultrasonidos#.YaZa5tDMLIU>

Alighourchi, H., & Barzegar, M. (2009). Some physicochemical characteristics and degradation kinetic of anthocyanin of reconstituted pomegranate juice during storage. *Journal of Food Engineering*, 90(2), 179–185. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.06.019>

Angumeenal, A., & Venkappayya, D. (2013). An overview of citric acid production. *LWT - Food Science and Technology*, 50(2), 367–370. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.05.016>

Balík, J. (2011). Effect of bentonite clarification on concentration of anthocyanins and colour intensity of red and rosé wines. *Horticultural Science*, 30(No. 4), 135–141. <https://doi.org/10.17221/3875-hortsci>

Barrosi, S. T. D., Mendes, E. S., & Peres, L. (2004). Influence of depectinization in the ultrafiltration of West Indian cherry (*Malpighia glabra* L.) and pineapple (*Ananas comosus* (L.) Meer) juices. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 24(2), 194–201. <https://doi.org/10.1590/s0101-20612004000200006>

Blanpain-Avet, P., Migdal, J., & Bénézech, T. (2009). Chemical cleaning of a tubular ceramic microfiltration membrane fouled with a whey protein concentrate suspension—Characterization of hydraulic and chemical cleanliness. *Journal of Membrane Science*, 337(1–2), 153–174. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2009.03.033>

Borredá Borrell, S. (2020). *DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN Y CLARIFICACIÓN DE ZUMO DE GRANADA UTILIZANDO TÉCNICAS DE MEMBRANA (MF/UF). TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA.*

Buenrostro Figueroa, J. & Sepúlveda, L. & Ascacio-Valdés, J. & Aguilar, C. & Huerta Ochoa, S. & Prado, L. (2017). CÁSCARA DE GRANADA COMO SOPORTE PARA LA PRODUCCIÓN DE PECTINASAS.

Cai, M., Wang, S., Zheng, Y., & Liang, H. (2009). Effects of ultrasound on ultrafiltration of *Radix astragalus* extract and cleaning of fouled membrane. *Separation and Purification Technology*, 68(3), 351–356. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2009.06.013>

Çam, M., & Hışıl, Y. (2010). Pressurised water extraction of polyphenols from pomegranate peels. *Food Chemistry*, 123(3), 878–885. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.05.011>

Cassano, A., Conidi, C., & Drioli, E. (2011). Clarification and concentration of pomegranate juice (*Punica granatum* L.) using membrane processes. *Journal of Food Engineering*, 107(3–4), 366–373. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.07.002>

Cassano, A., Conidi, C., & Tasselli, F. (2014). Clarification of pomegranate juice (*Punica Granatum*L.) by hollow fibre membranes: analyses of membrane fouling and performance.

Journal of Chemical Technology & Biotechnology, 90(5), 859–866.
<https://doi.org/10.1002/jctb.4381>

Condorchem. (2021). *Filtración* [Ilustración]. Recuperada de <https://condorchem.com/wp-content/uploads/2021/04/filtracion.jpg>

Fane, A. G., Wang, R., & Jia, Y. (2010). Membrane Technology: Past, Present and Future. *Membrane and Desalination Technologies*, 1–45. https://doi.org/10.1007/978-1-59745-278-6_1

Geles. (2019, 29 agosto). *La granada: propiedades y valor nutricional*. Natural Castello. <https://www.naturalcastello.com/es/la-granada-fruta-propiedades/>

La granada: ¿una fruta cualquiera? (2015, 23 noviembre). Sociedad Amigos Real Jardín Botánico Córdoba. <http://amigosbotanicocordoba.es/la-granada-un-super-alimento/>

Granada fruta, punicalagina antioxidante. (2019, 21 marzo). Zumo de granada. <https://zumodegranada.com/fruta-granada/granada-fruta-punicalagina-antioxidante/>

El granado, símbolo de amor y fecundidad en oriente. (2020, 7 octubre). Etnobotánica. <http://www.etnobotanica.net/el-granado-simbolo-de-amor-y-fecundidad-en-oriente/>

Guo, W., Ngo, H. H., & Li, J. (2012). A mini-review on membrane fouling. *Bioresource Technology*, 122, 27–34. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.04.089>

Lansky, E. P., & Newman, R. A. (2007). Punica granatum (pomegranate) and its potential for prevention and treatment of inflammation and cancer. *Journal of Ethnopharmacology*, 109(2), 177–206. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2006.09.006>

Li, Q., & Elimelech, M. (2004). Organic Fouling and Chemical Cleaning of Nanofiltration Membranes: Measurements and Mechanisms. *Environmental Science & Technology*, 38(17), 4683–4693. <https://doi.org/10.1021/es0354162>

Lin, J. C. T., Lee, D. J., & Huang, C. (2010). Membrane Fouling Mitigation: Membrane Cleaning. *Separation Science and Technology*, 45(7), 858–872. <https://doi.org/10.1080/01496391003666940>

Liu, G., Xu, X., Hao, Q., & Gao, Y. (2009). Supercritical CO₂ extraction optimization of pomegranate (*Punica granatum* L.) seed oil using response surface methodology. *LWT - Food Science and Technology*, 42(9), 1491–1495. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.04.011>

Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico. (2006). *Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España del sector de los transformados vegetales*. Recuperado de <http://prtr-es.es/Data/images/Gu%C3%ADa%20MTD%20en%20Espa%C3%B1a%20Transformados%20Vegetales-1F078444C914B509.pdf>

Molina, R., 2000. Teoría de la clarificación de mostos y vinos y sus aplicaciones prácticas. AMV Ediciones. Mundi-Prensa. Madrid, España, 317.

Morales Gómez, R. (2016). *DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN PARA LA CLARIFICACIÓN DE ZUMO DE PIÑA MEDIANTE ULTRAFILTRACIÓN. APLICACIÓN A UNA PRODUCCIÓN DE 0.5 m³ /día. TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA.*

- Mosa, A. F., & Mohamed, M. A. E. (2021). Potential Effect of Pomegranate Peels Extract (*Punica Granatum*.) against Covid-19 Virus. *Research Square*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-474809/v1>
- Msaadi, R., Sassi, W., Hihn, J. Y., Ammar, S., & Chehimi, M. (2020). Valorization of Pomegranate Peel Balls as Bioadsorbents of Dyes in Aqueous Media. *ChemRxiv*. <https://doi.org/10.26434/chemrxiv.13117691.v1>
- Mulder, M. (1996). *Basic Principles of Membrane Technology, 2nd Ed* (Second 2nd Edition). Kluwer Academic Publishers.
- Negi, P., & Jayaprakasha, G. (2003). Antioxidant and Antibacterial Activities of *Punica granatum* Peel Extracts. *Journal of Food Science*, 68(4), 1473–1477. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb09669.x>
- Palanca, M. A. (2017). *Punica granatum* [Ilustración]. *Ilustraciencia*. <http://www.blog.ilustraciencia.info/2017/04/punica-granatum-m-luisa-palanca.html>
- Parlamento Europeo. (2012). *DIRECTIVA 2012/12/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32012L0012>
- Pérez-Vicente, A., Serrano, P., Abellán, P., & García-Viguera, C. (2004). Influence of packaging material on pomegranate juice colour and bioactive compounds, during storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84(7), 639–644. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1721>
- Prommajak, T., Leksawasdi, N., & Rattanapanone, N. (2020). Tannins in Fruit Juices and their Removal. *Chiang Mai University Journal of Natural Sciences*, 19(1), 76–90. <https://doi.org/10.12982/cmujns.2020.0006>
- Las propiedades organolépticas de los zumos, factor determinante en la compra*. (2012). <http://www.qcom.es>. http://www.qcom.es/alimentacion/noviembre-2012/las-propiedades-organolepticas-de-los-zumos--factor-determinante-en-la-compra_23880_2493_25146_0_1_in.html
- Santin, M. M., Treichel, H., Valduga, E., Cabral, L. M., & di Luccio, M. (2007). Evaluation of enzymatic treatment of peach juice using response surface methodology. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(3), 507–512. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3114>
- Semillas de la granada: Ricas en Omega 5*. (2019, January 17). Vitalgrana. <https://www.vitalgrana.com/blog/las-propiedades-de-las-semillas-de-granada.html>
- Singh, R. P., Chidambara Murthy, K. N., & Jayaprakasha, G. K. (2001). Studies on the Antioxidant Activity of Pomegranate (*Punica granatum*) Peel and Seed Extracts Using in Vitro Models. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(1), 81–86. <https://doi.org/10.1021/jf010865b>
- Suručić, R., Travar, M., Petković, M., Tubić, B., Stojiljković, M. P., Grabež, M., Šavikin, K., Zdunić, G., & Škrbić, R. (2021). Pomegranate peel extract polyphenols attenuate the SARS-CoV-2 S-glycoprotein binding ability to ACE2 Receptor: In silico and in vitro studies. *Bioorganic Chemistry*, 114, 105145. <https://doi.org/10.1016/j.bioorg.2021.105145>
- Tecnología de Hidrólisis Enzimática, fuente de Aminoácidos altamente asimilables por las plantas*. (2020, December 7). El blog de Fagro. Artículos y noticias sobre agricultura. Recuperado de <https://blogdefagro.com/2020/12/07/tecnologia-de-hidrolisis-enzimatica-fuente-de-aminoacidos-altamente-asimilables-por-las-plantas/>

Diseño de una instalación capaz de procesar 450 L/día de zumo de granada clarificado

Tito, A., Colantuono, A., Pirone, L., Pedone, E., Intartaglia, D., Giamundo, G., Conte, I., Vitaglione, P., & Apone, F. (2021). Pomegranate Peel Extract as an Inhibitor of SARS-CoV-2 Spike Binding to Human ACE2 Receptor (in vitro): A Promising Source of Novel Antiviral Drugs. *Frontiers in Chemistry*, 9. <https://doi.org/10.3389/fchem.2021.638187>

Vardin, H., & Fenercioglu, H. (2003). Study on the development of pomegranate juice processing technology: Clarification of pomegranate juice. *Nahrung/Food*, 47(5), 300–303. <https://doi.org/10.1002/food.200390070>

Verardo, V., Garcia-Salas, P., Baldi, E., Segura-Carretero, A., Fernandez-Gutierrez, A., & Caboni, M. F. (2014). Pomegranate seeds as a source of nutraceutical oil naturally rich in bioactive lipids. *Food Research International*, 65, 445–452. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.04.044>

Vergara Gómez, S. (2014). Estrategias tecnológicas para optimizar la producción y la vida útil de zumo de granada. Universidad Miguel Hernández, Elche, España. Recuperado de <http://dspace.umh.es/handle/11000/1548>

What is Valve Cavitation? Solutions for Valve Cavitation in Slurry Service | SlurryFlo Valve Corp. (2021). SlurryFlo Valve Corp. <https://www.slurryflo.com/cavitation>

DOCUMENTO II. PRESUPUESTO

1. INTRODUCCIÓN

Con el objetivo de conocer los costes de la producción del zumo de granada se tienen en cuenta los costes de las materias primas, maquinaria, mano de obra y productos de limpieza. Estos costes se calculan de forma anual, por lo que los costes de materias primas, reactivos, mano de obra y productos de limpieza serán los necesarios para desarrollar la actividad en un año natural.

Para realizar los cálculos de la forma más precisa posible, es necesario tener en cuenta que un año natural tiene 365 días, pero no todos ellos son laborables. Suponiendo que la empresa desarrolla su actividad productiva 5 días a la semana, de lunes a viernes, los días laborables se reducen a 261 días. Además, hay que tener en cuenta los días festivos, que generalmente son unos 12, aunque pueden coincidir con los días de fin de semana, por lo que a efectos de cálculos se considerarán 255 días laborables.

Los cuadros de precios se van a exponer en tres secciones de la siguiente manera: precios de materias primas y reactivos, precios de materiales, maquinaria y repuestos y precios de mano de obra. Posteriormente se recopila toda la información en una tabla en la que aparece el total del coste de la actividad.

2. CUADRO DE MATERIAS PRIMAS Y REACTIVOS

2.1 MATERIAS PRIMAS

Como cada día se utilizan unos 1895 kilogramos de granada para producir zumo y sabiendo que al año hay 255 días laborables:

$$1895 \frac{kg}{día} \cdot 255 \text{ días} = 483225 \text{ kg}$$

Son necesarios 483225 kg de granadas al año para realizar la actividad durante un año. En la tabla 10 se recoge el presupuesto anual para materias primas.

Tabla 10. Presupuesto materias primas

Cantidad	Unidad	Concepto	Precio (€/ud)	Importe (€)
96645	ud	5 kg de granada	2.85	275438.25
		Precio total		275438.25

2.2 REACTIVOS

En la etapa del tratamiento enzimático que se lleva a cabo antes de la filtración se utilizan dos enzimas diferentes, Viscozyme L y Fructozym. Cada día son necesarios 90 g de Vizcozyme L y 210 g de Fructozym, teniendo en cuenta los 255 días laborables, cada año se necesitan 22.95 kg de Viscozyme L y 53.55 kg de Fructozym.

$$90 \frac{g \text{ de Viscozyme L}}{día} \cdot 255 \text{ días} = 22950 \text{ g de Viscozyme L}$$

$$210 \frac{g \text{ de Fructozym}}{día} \cdot 255 \text{ días} = 53550 \text{ g de Fructozym}$$

Para limpiar los tanques en los que se lleva a cabo el tratamiento enzimático y otras estaciones de trabajo se utiliza un detergente industrial. Asumiendo que se usan 20 L diarios, se utilizan 5100 L al año.

Para la limpieza de membranas se necesita una solución de NaClO, suponiendo que son necesarios 25 L al día de dicha disolución al 4% en peso, se utilizan 6375 L al año. Como la disolución de NaClO seleccionada tiene una concentración del 12% en peso, los litros necesarios son menores (3 veces menos).

Diseño de una instalación capaz de procesar 450 L/día de zumo de granada clarificado

En la tabla 11 se recoge el presupuesto anual de los reactivos.

Tabla 11. Presupuesto de los reactivos

Cantidad	Unidad	Concepto	Precio (€/ud)	Importe (€)
46	ud	500 g Viscozyme L	250	11500
54	ud	1 kg Fructozym	70	3780
510	ud	Detergente industrial 10 L	6.5	3315
2125	ud	25 L NaClO 12%	24.84	52785
		Precio total		71380

3. CUADRO DE MATERIALES, MAQUINARIA Y REPUESTOS

Todos los materiales, equipos y repuestos se tienen en cuenta en este tercer apartado.

3.1 MATERIALES Y MAQUINARIA

Todas las máquinas que se eligieron en el apartado 7, correspondiente al diseño de la instalación, se tienen en cuenta en la siguiente tabla, además de otros materiales necesarios para el funcionamiento de la instalación. En la tabla 12 se puede ver el presupuesto anual de materiales y maquinaria.

Tabla 12. Presupuesto de materiales y maquinaria

Cantidad	Unidad	Concepto	Precio (€/ud)	Importe (€)
1	ud	Máquina de clasificación	2500	2500
1	ud	Máquina de lavado	4750	4750
1	ud	Máquina de corte y descascarado	1345	1345
1	ud	Elevador	450	450
1	ud	Máquina de extracción	1175	1175
2	ud	Tanque tratamiento enzimático	1575	3150
4	ud	Tanque 2L	120	480
1	ud	Cartucho MF 20 µm	35	35
1	ud	Cartucho MF 5 µm	48	48
1	ud	Cartucho MF 0.2 µm	60	60
1	ud	Membrana fibra hueca	250	250
1	ud	Pasteurizador	4300	4300
1	ud	Máquina de envasado	2365	2365
3	ud	Cámara refrigerada	2020	6060
4	ud	Bomba centrífuga	750	3000
1	ud	Bomba de 2 tornillos	820	820
25	ud	Válvula	200	5000
1	ud	Válvula reguladora de caudal	230	230
1	ud	Electroválvula	280	280
9	ud	Válvula de 3 vías	250	2250
1	ud	Tanque 300 L	1200	1200
4	ud	Tanque 100 L	640	2560
2	ud	Rotámetro	160	320
8	ud	Termómetro	120	960

Diseño de una instalación capaz de procesar 450 L/día de zumo de granada clarificado

4	ud	Agitador	230	920
3	ud	Manómetro	70	210
2	ud	pHmetro	85	170
		Precio total		44888

3.2 REPUESTOS

Con el objetivo de evitar la detención de la actividad por el fallo o avería de una máquina o equipo, se tiene repuestos en la instalación que serán utilizados en estos casos y repuestos cuando proceda. En la tabla 13 se puede ver el presupuesto anual para repuestos de la instalación.

Tabla 13. Presupuesto para repuestos

Cantidad	Unidad	Concepto	Precio (€/ud)	Importe (€)
1	ud	Membrana fibra hueca	250	250
2	ud	pHmetro	85	170
2	ud	Manómetro	70	140
2	ud	Válvula de 3 vías	250	500
2	ud	Válvula	200	400
1	ud	Rotámetro	160	160
2	ud	Termómetro	120	240
2	ud	Bomba centrífuga	750	1500
1	ud	Cartucho MF 20 µm	35	35
1	ud	Cartucho MF 5 µm	48	48
1	ud	Cartucho MF 0.2 µm	60	60
1	ud	Bomba de 2 tornillos	820	820
		Precio total		4323

4. CUADRO DE PRECIOS DE MANO DE OBRA

Aquí se incluyen los salarios de los trabajadores que aportan su fuerza de trabajo al proceso productivo del zumo. Tres operarios se encargan de actividades como retirar las granadas en mal estado, revisar el nivel de los tanques y rellenarlos si es necesario, embotellar el zumo, almacenar el zumo embotellado, limpiar...

$$4 \text{ operarios} \cdot 8 \frac{h}{\text{día}} \cdot 255 \frac{\text{días}}{\text{año}} = 8160 \frac{h}{\text{año}}$$

Además, un ingeniero o ingeniera química se encargará de los controles de calidad y de comprobar que la instalación funciona correctamente.

$$1 \text{ ingeniero/a} \cdot 8 \frac{h}{\text{día}} \cdot 255 \frac{\text{días}}{\text{año}} = 2040 \frac{h}{\text{año}}$$

El presupuesto anual de la mano de obra queda recogido en la tabla 14.

Tabla 14. Presupuesto de mano de obra

Cantidad	Unidad	Concepto	Precio (€/ud)	Importe (€)
8160	h	Operarios	12	97920
2040	h	Ingeniero/a químico/a	25	51000
		Precio total		148920

5. COSTE TOTAL

La suma del precio total de las tablas anteriores supone el presupuesto total de ejecución material, como se ve en la tabla 15, posteriormente se tendrán en cuenta los gastos generales, el beneficio industrial y el IVA para obtener el presupuesto total de inversión.

Tabla 15. Presupuesto de ejecución material

Capítulo	Concepto	Importe (€)
2.1	Materias primas	275438.25
2.2	Reactivos	71380
3.1	Materiales y maquinaria	44888
3.2	Repuestos	4323
4	Mano de obra	148920
	Precio total de ejecución material	544949.25

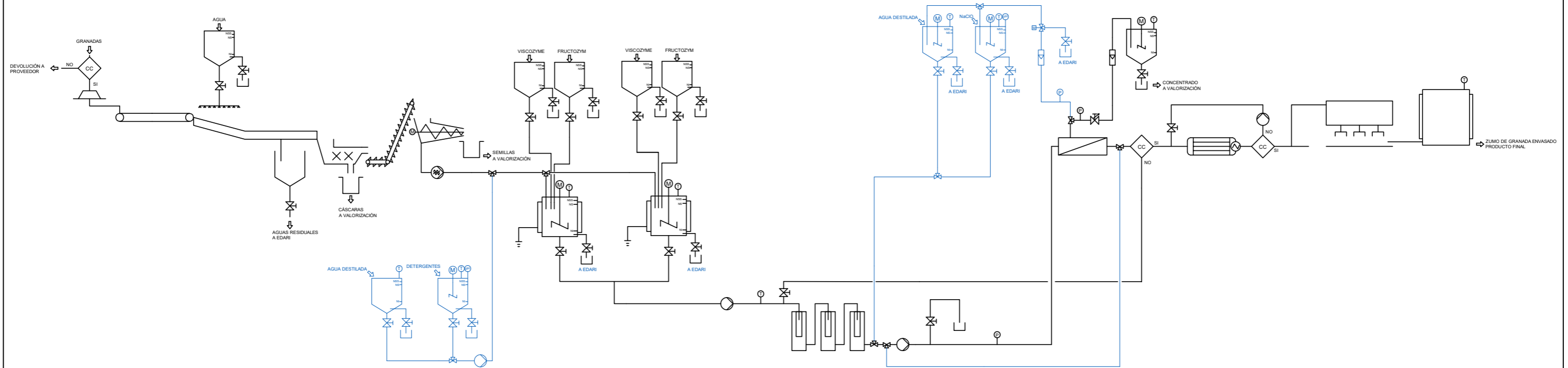
Así pues, en presupuesto total de inversión, calculado en la tabla 16, asciende a:



Tabla 16. Presupuesto total de inversión

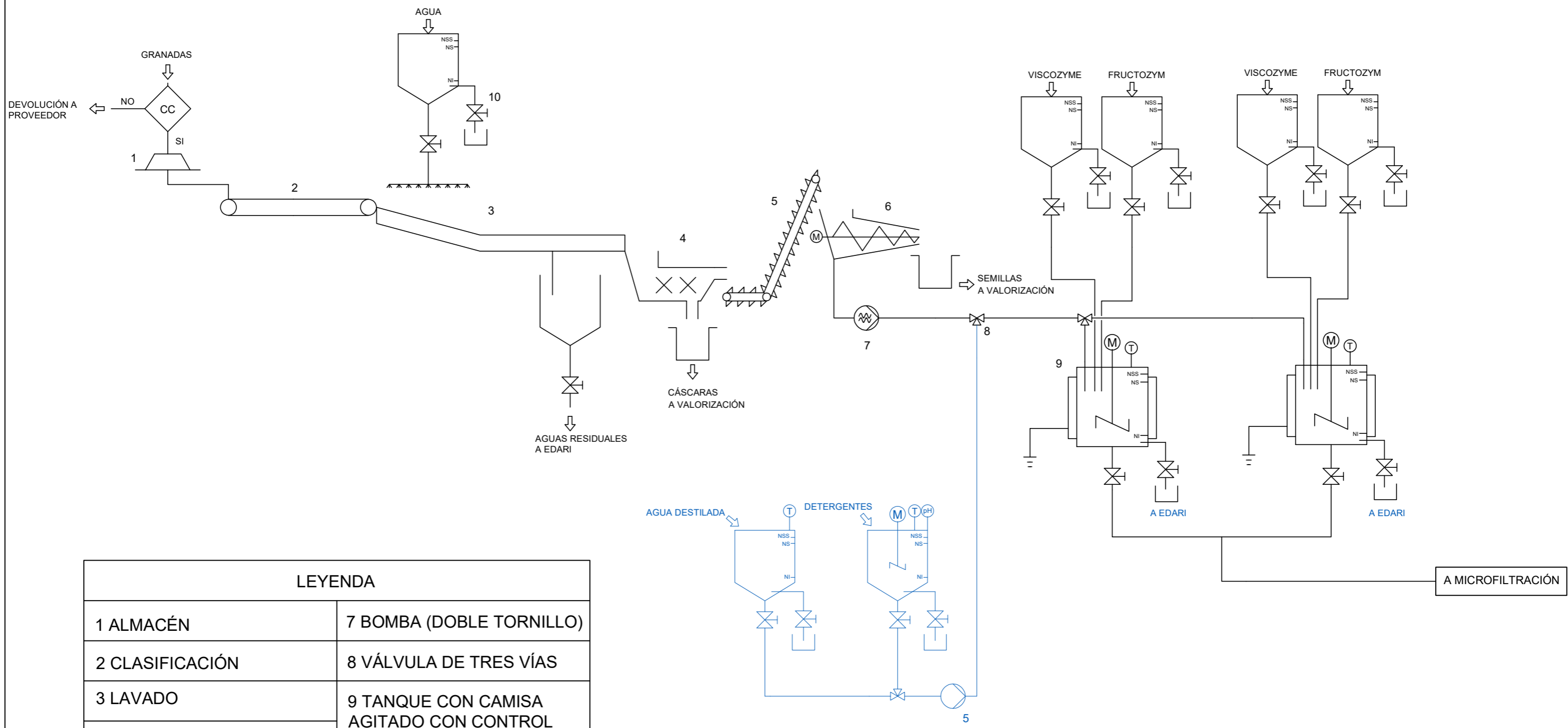
Concepto	Importe (€)
13% gastos generales	70843.40
6% beneficio industrial	32696.96
Suma (gastos generales + beneficio industrial + precio total ejecución material)	648489.61
21% IVA	136182.82
Presupuesto total inversión	784672.43

El presupuesto total de inversión (IVA incluido) asciende a la cantidad de SETECIENTOS OCHENTA Y CUATRO MIL SEISCIENTOS SETENTA Y DOS euros con CUARENTA Y TRES céntimos.

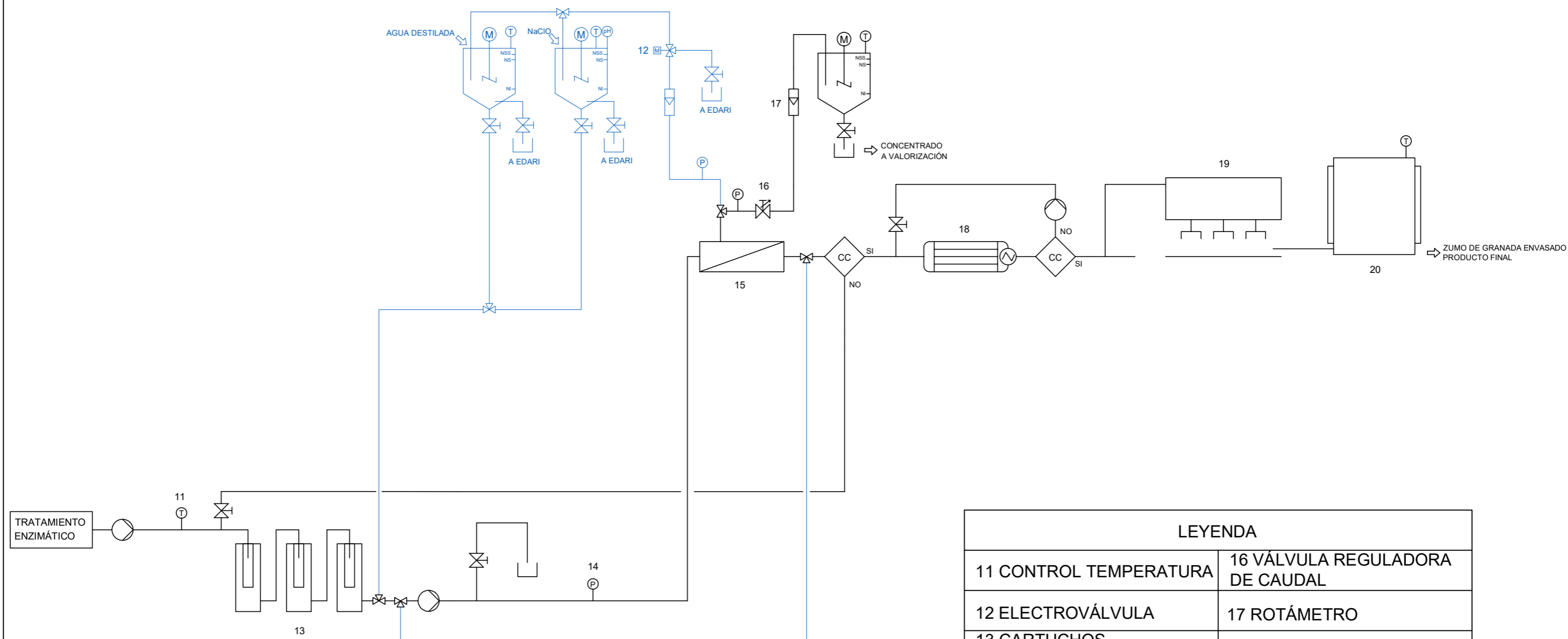
DOCUMENTO III. PLANOS



LEYENDA	
	INSTALACIÓN PRINCIPAL
	INSTALACIÓN DE LIMPIEZA



LEYENDA	
1 ALMACÉN	7 BOMBA (DOBLE TORNILLO)
2 CLASIFICACIÓN	8 VÁLVULA DE TRES VÍAS
3 LAVADO	9 TANQUE CON CAMISA AGITADO CON CONTROL DE TEMPERATURA
4 CORTE Y DESCASCARADO	10 VÁLVULA
5 ELEVADOR	11 BOMBA
6 EXTRACTOR DE ZUMO	



LEYENDA	
11 CONTROL TEMPERATURA	16 VÁLVULA REGULADORA DE CAUDAL
12 ELECTROVÁLVULA	17 ROTÁMETRO
13 CARTUCHOS MICROFILTRACIÓN	18 PASTEURIZADOR
14 CONTROL PRESIÓN	19 EMBOTELLADORA
15 MEMBRANA ULTRAFILTRACIÓN	20 CÁMARA REFRIGERADA PARA ALMACENAMIENTO

