



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ETSIAMN

MÁSTER EN INGENIERÍA AGRONÓMICA

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**VIABILIDAD ECONÓMICA DE PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DE  
FRUTA EN POLVO EN FUNCIÓN DEL PROCESO**

PRESENTA

**MIGUEL ÁNGEL CASANOVA GONZÁLEZ**

DIRECTORAS ACADÉMICAS

Dr. NURIA MARTÍNEZ NAVARRETE

Dr. M. LORELO FENOLLOSA RIBERA

VALENCIA, JUNIO 2016

**TITULO:** Viabilidad económica de producción industrial de fruta en polvo en función del proceso.

## **RESUMEN**

La fruta en polvo puede ser una alternativa para promover su consumo entre la población. Algunas ventajas de este formato son la mucha mayor estabilidad de producto y la mayor comodidad de su manejo, en relación con su mayor facilidad de transporte y almacenamiento. La obtención de fruta en polvo puede ser por diferentes técnicas, entre las que se han seleccionado para este estudio, la liofilización y la atomización. La elección de una u otra técnica debe contemplar aspectos de calidad del producto y también su coste. Ambos procesos proporcionan productos en polvo de muy alta calidad. En el caso concreto de la fruta en polvo, estudios previos han puesto de manifiesto una mejor calidad del producto liofilizado. No obstante, no se dispone de ningún estudio económico que compare la rentabilidad económica y el coste de producción industrial de fruta en polvo por ambos procesos. Por ello, éste es el objetivo que se propone para este trabajo. Desde el punto de vista técnico, las diferencias más importantes entre ambos procesos radican en que para la liofilización se requiere la congelación previa del puré de la fruta y la posterior sublimación del hielo formado en una etapa que normalmente se realiza a baja presión. Por su parte, para la atomización se requiere una etapa previa de licuado de la fruta que, por su composición, ofrece un rendimiento muy bajo de producto en polvo. Desde un punto de vista económico, tendrá que considerarse, para cada uno de los procesos, el cálculo de la inversión inicial necesaria y los costes tanto fijos como variables. A partir de esta información se procederá al estudio de la viabilidad económica de cada proceso. Además, se pretende estimar un precio mínimo de venta del producto dependiendo del formato de envasado.

**Palabras clave:** liofilización, atomización, rentabilidad económica, costes de producción.

**Autor:** Miguel Ángel Casanova González

**Localidad y fecha:** 14/04/2016

**Tutor:** Nuria Martínez Navarrete, M. Loreto Fenollosa Ribera.

**TITULO:** Economic feasibility of industrial production of fruit powder depending on the process.

## **SUMMARY**

The fruit powder can be an alternative to promote consumption among the population. Some advantages of this format are much greater product stability and convenience of handling, relative to its ease of transportation and storage. Obtaining fruit powder can be by various techniques, including those selected for this study were, lyophilization or atomization. The choice of one or another technique should include aspects of product quality and cost. Both processes provide powders of very high quality. In the case of fruit powder, previous studies have shown a better quality of lyophilized product. However, there are no any economic study comparing the profitability and cost of industrial production of powdered fruit for both processes. Therefore, this is the objective proposed for this work. From the technical point of view, the most important differences between the two processes are that prior to lyophilization freezing fruit puree and subsequent sublimation of ice formed on a stage which is usually done at low pressure is required. Meanwhile, for atomization a previous stage of fruit smoothie is required and also the composition of the liquid, this process offers a very low yield of powder. From an economic point of view, it will be considered for each of the processes, the calculation of the initial investment required and both fixed and variable costs. From this information we will proceed to study the economic viability of each process. In addition, it is intended to estimate a minimum selling price depending on the product packaging format.

**Key words:** lyophilization, atomization, profitability , production costs.

**Author:** Miguel Ángel Casanova González

**Place and date:** 14/04/2016

**Tutor:** Nuria Martínez Navarrete, M. Loreto Fenollosa Ribera.

En primer lugar quisiera mencionar a mis directoras: Nuria Martínez Navarrete y Maria Loreto Fenollosa Ribera, porque sin ellas ni sin Francisco Javier Ribal Sanchis y Maria Del Mar Camacho Vidal, este trabajo no hubiera sido posible. Porque durante todo este tiempo han estado cuando les he necesitado.

Y mas allá del trabajo fin de máster, a mis amigos. A todos, por la paciencia, por los ánimos, por las risas y por aguantarme en esos momentos de estrés total. A mi familia y mi pareja por estar siempre ahí. Por escucharme aunque suene a chino, por apoyarme, por aguantarme, por ser como sois.

Por último, queremos agradecer la ayuda recibida por parte del Ministerio de Economía y Competitividad, a través del proyecto AGL 2012-39103, que ha permitido la realización de la parte experimental que ha sido el origen de este trabajo.

## **INDICE**

1. INTRODUCCION .....	8
2. OBJETIVO .....	12
3. MATERIAL Y METODOS .....	12
3.1 Procesos considerados para la obtención de fruta en polvo. ....	12
3.2 Cuantificación de la inversión inicial .....	13
3.3 Análisis de costes de producción.....	14
3.3.1 Costes Variables.....	14
3.3.1.1 Materia prima.....	14
3.3.1.2 Gastos de personal .....	15
3.3.1.3 Coste eléctrico .....	15
3.3.1.4 Gestión de subproductos .....	16
3.3.2 Costes fijos.....	16
3.3.2.1 Mantenimiento.....	16
3.3.2.2 Amortización.....	16
3.4 Herramientas para el análisis de la inversión.....	16
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	17
4.1 Selección de la maquinaria para cada etapa del proceso .....	17
4.1.1 Peladora.....	18
4.1.2 Trituradora.....	18
4.1.3 Licuadora .....	18
4.1.4 Mezcladora .....	19
4.1.5 Liofilizador .....	19
4.1.6 Atomizador .....	20
4.1.7 Envasadora .....	20
4.2 Costes .....	20

4.2.1	Materia prima .....	20
4.2.2	Cálculo de la maquinaria.....	21
4.2.3	Coste eléctrico .....	23
4.2.4	Amortización.....	25
4.2.5	Subproductos.....	26
4.3	Análisis estático .....	26
4.4	Variación del precio estático con la vida útil.....	28
4.5	Análisis dinámico .....	29
5.	CONCLUSIONES .....	30
6.	RECOMENDACIONES .....	31
7.	BIBLIOGRAFIA .....	31
8.	ANEXOS .....	33
8.1	Anexo 1.....	33
8.2	Anexo 2.....	34

## INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Figura 1: Diagrama de flujo de los procesos de liofilización y atomización. F.B.: fibra de bambú. G.A.: goma arábica.....	13
Tabla 1: Datos referentes a la producción de zumo de frutas en España y en la Comunidad Valenciana (CV). .....	14
Tabla 2. Composición de las muestras antes de liofilizar y atomizar. ....	15
Tabla 3: Características técnicas y precio de la maquinaria.....	17
Tabla 4: Necesidades diarias de materias primas (kg/día).....	21
Tabla 5: Coste anual de la materia prima (€/año).....	21
Tabla 6: Inversión, uso y costes de la maquinaria en la atomización y de la liofilización.....	22
Tabla 9: Calculo del consumo eléctrico anual. ....	24

Tabla 10: Amortización de la maquinaria. ....	25
Tabla 11: Costes de los subproductos .....	26
Tabla 12: Costes totales (€/año) y análisis estático (€/ud). ....	27
Figura 2. Porcentaje que representa cada uno de los costes calculados respecto al total para el producto liofilizado(izquierda) y atomizado (derecha). Fuente: Elaboración propia.....	27
Tabla 14: VAN y TIR. ....	29

## 1. INTRODUCCION

Las frutas y todos aquellos productos de ellas derivados, son alimentos básicos y de gran interés en la nutrición humana. El beneficio de su consumo para la salud parece estar relacionado con la presencia de diversos compuestos bioactivos, entre los que se encuentran los fitoquímicos, algunas vitaminas y la fibra. Los fitoquímicos son un grupo de sustancias que, aunque no tienen una función nutricional claramente definida, pueden tener un impacto significativo en el curso de algunas enfermedades y ser indispensables a largo plazo para nuestra salud (Habauzit et al., 2014). La función de las sustancias bioactivas parece estar relacionada con su capacidad antioxidante y la consecuente ayuda a la prevención de padecer distintos tipos de cáncer, enfermedades cerebrovasculares y cardiovasculares e incluso de la enfermedad de Alzheimer (Martínez-Navarrete et al., 2008). Sin embargo, las frutas tienen dos grandes problemas que limitan su disponibilidad: su estacionalidad y su corta vida útil. De hecho, en los últimos años el consumo de fruta ha disminuido paulatinamente. Es por ello que, desde diferentes sectores, incluida la Administración, se está haciendo un esfuerzo en promover el consumo de fruta. Con este objetivo, son muchos los productos procesados a base de fruta que existen actualmente en el mercado.

El mercado de los zumos representa un 14% del total del sector de alimentación y bebidas y supone alrededor del 2,2% del total del PIB español. Sin embargo, también se ha observado un descenso paulatino del consumo de zumos. Así, por ejemplo, en el año 2009 el consumo total de zumo en España fue de 510.970 t, mientras que en 2014 este consumo fue de 491.437 t (Ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente). Esto puede responder a un cambio en los hábitos alimenticios de la sociedad y también a que la industria alimentaria se enfrenta a un consumidor cada vez más exigente, que demanda alimentos seguros, pero, además, de muy alta calidad sensorial, saludables y de fácil manejo. Actualmente la industria proporciona zumos esterilizados y zumos refrigerados. Mientras que los primeros han sufrido un procesamiento térmico severo, con el objetivo de alargar su vida útil, los zumos refrigerados no llevan asociado en su proceso de producción, tales tratamientos. Comparándolos con los zumos recién exprimidos, una mayor intensidad del tratamiento térmico se refleja en una mayor vida útil de los productos, pero también en una peor calidad de los mismos, no sólo sensorial sino también desde el punto de vista del contenido y funcionalidad de las sustancias bioactivas. Quizás es por esto por lo que, mientras que el consumo total de zumos en España ha disminuido un 3,8% en los últimos 5 años, la mayor pérdida entre ellos (27%) se localiza en los zumos concentrados. En cambio, en este mismo periodo, el consumo de zumos refrigerados ha aumentado un 26,3%, pasando de ser de 43.523 t en 2009 a 54.968,8 t en 2014. Esta diferente evolución del consumo de ambos tipos de zumo parece ir en consonancia con el cambio de tendencia por parte de la población hacia una alimentación más sana, a pesar de la corta vida útil.



Teniendo en cuenta estos antecedentes, parece oportuno pensar en la posibilidad de proponer un proceso que aúne ambos aspectos, de manera que se pueda ofertar al mercado un zumo de gran estabilidad y calidad. Desde este punto de vista, una posibilidad sería eliminar el agua de la fruta al máximo, hasta obtener un producto en polvo, de estabilidad máxima, para su rehidratación en el momento de ser consumido como zumo. La fruta en polvo contaría además con las ventajas de logística, en relación con su transporte y almacenamiento. Sin embargo, para que este formato pueda tener éxito, es necesario asegurar, no sólo su calidad, sino también la rentabilidad económica.

La obtención de fruta en polvo de muy alta calidad puede ser por técnicas de liofilización o atomización. La liofilización se basa en la deshidratación por sublimación de un producto congelado, proceso que se realiza en condiciones de vacío. Debido a la ausencia de agua líquida en el producto obtenido y a las bajas temperaturas a las que se realiza el proceso, el producto final ofrece buen sabor, aroma, un alto valor nutritivo y una muy buena capacidad de rehidratación (Ratti, 2013). La atomización es una técnica de secado que se basa en pulverizar un líquido contra una corriente de aire caliente. De esta manera se elimina el agua del líquido pulverizado. Las altas temperaturas que utiliza esta técnica podrían ser un problema desde el punto de vista de su efecto sobre diversos compuestos termolábiles y volátiles, de alto valor funcional y sensorial, respectivamente. Sin embargo, los tiempos de proceso son muy cortos, lo que contribuye a que estas pérdidas sean mínimas (Patel y Cheng, 2005). En ambos casos, el producto en polvo obtenido gozará de gran estabilidad microbiológica, química y bioquímica. No obstante, podría presentar problemas físicos relacionados con la transición vítrea de su matriz amorfa en relación con el desarrollo, en estado gomoso, de fenómenos como la pegajosidad y el colapso estructural (Roos, 1995, Ahmed y Ramaswamy, 2006, Wang y Langrish, 2009). Para evitar este problema, es frecuente la incorporación de solutos de alto peso molecular, como coadyuvantes del proceso y/o estabilizantes del producto (Mosquera et al., 2010). En ese contexto, el equipo investigador implicado en este estudio, ha trabajado en la línea de obtención de fruta en polvo por liofilización y por atomización (Proyecto AGL2012-39103). Los resultados obtenidos han permitido optimizar la formulación para la obtención de pomelo en polvo por ambos procesos, considerando aspectos de calidad física, nutricional, funcional e incluso de rendimiento (Agudelo et al., 2016).

Sin embargo, desde el punto de vista de la viabilidad de nuevos productos, parece fundamental tener en cuenta el coste para el consumidor. A grandes rasgos, la liofilización se ofrece como una técnica cara, considerando el gasto energético de la congelación y de la etapa de vacío propia de la sublimación, ambas de larga duración. Por eso tradicionalmente se ha utilizado para la elaboración de productos de alto valor añadido como café o leche en polvo. Sin embargo, aspectos de conveniencia, cambios

de estilo de vida y producción de alimentos de calidad mejorada pueden dar oportunidades crecientes a la liofilización para la obtención de productos de fruta en polvo de alta calidad. Como aspectos más positivos de esta técnica están el que se puede aprovechar toda la parte comestible de la fruta y el alto rendimiento en solutos de esta operación, muy próximo al 100 %. En el caso de la atomización, que en principio parece ser energéticamente más barata, hay que partir de un licuado de la fruta, lo que supone, además de un coste adicional, la generación de un subproducto que habrá que procesar de alguna forma. Además, con este subproducto se eliminan parte de los componentes nutritivos y funcionales de la fruta, lo que afecta a la calidad del producto final obtenido (Agudelo et al., 2016). Por otra parte, el desarrollo de los fenómenos de pegajosidad durante el secado, hace que, en este caso, el producto quede pegado a las boquillas del atomizador y a las paredes del equipo, lo que dificulta el proceso y disminuye en gran medida su rendimiento. Por todo ello, parece necesario un estudio económico de ambos procesos enfocados a la obtención de fruta en polvo, lo que ha sido el objetivo de este trabajo.

Los costes de producción son los gastos necesarios para mantener una línea de procesado o producción en funcionamiento. En una compañía estándar, la diferencia entre el ingreso (por ventas y otras entradas) y el coste de producción indica el beneficio bruto. Esto significa que el destino económico de una empresa está asociado con el ingreso y el coste de producción de los bienes vendidos. El coste de producción tiene dos características opuestas. La primera es que para producir bienes uno debe gastar; esto significa generar un coste. La segunda característica es que los costes deberían ser mantenidos tan bajos como sea posible y eliminados los innecesarios. Esto no significa el corte o la eliminación de los costes indiscriminadamente. Los costes de producción pueden dividirse en dos grandes categorías: costes directos o variables y los costes indirectos, también llamados fijos. Un coste variable es aquel que se modifica de acuerdo a variaciones del volumen de producción o nivel de actividad. Es decir, si el nivel de actividad decrece, estos costes decrecen, mientras que, si el nivel de actividad aumenta, también lo hace esta clase de costes. Salvo en casos de cambios estructurales, en las unidades económicas, los costes variables tienden a tener un comportamiento lineal, lo que les confiere la característica de poseer un valor promedio por unidad que tiende a ser constante. Todos aquellos costes que no son considerados variables, son fijos. Esta distinción es esencial para ser usada en las herramientas de decisiones basadas en costes.

En el caso que nos ocupa, los principales costes variables son la materia prima, los gastos de personal, el coste eléctrico y los subproductos generados. Entre las materias primas hay que considerar todos los productos que se adicionan en el proceso de fabricación. En los gastos de personal hay que considerar los sueldos de los obreros y/o empleados cuyos esfuerzos están directamente asociados al producto elaborado.

También los costes de la gerencia, la dirección y administración de la empresa. Por su parte, un subproducto es un producto secundario. También se llama subproducto al residuo de un proceso al que se le puede sacar una segunda utilidad. No es un desecho porque no se lo elimina, sino que se lo usa para otro proceso o se puede vender obteniendo un beneficio. En cualquier caso, su gestión puede suponer un coste variable a considerar.

Los costes fijos son aquellos costes que no son sensibles a pequeños cambios en los niveles de actividad de una empresa, sino que permanecen invariables ante esos cambios. A los costes fijos se les suele relacionar con la estructura productiva y por eso suelen ser llamados también costes de estructura y se utilizan en la elaboración de informes sobre el grado de uso de esa estructura. El principal coste fijo es la amortización de la maquinaria; que es la depreciación o disminución en su valor a lo largo del tiempo. La mayoría de los bienes van perdiendo valor a medida que crecen en antigüedad. Los bienes de producción comprados recientemente, tienen la ventaja de contar con las últimas mejoras y operan con menos riesgo de roturas o necesidad de reparaciones. Excepto para posibles valores de antigüedad, el equipo de producción gradualmente se transforma en menos valioso con el uso. Esta pérdida en valor se reconoce en la práctica contable como un gasto de operación. En lugar de cargar el precio de compra completo de un nuevo bien como un gasto de una sola vez, la forma de operar es distribuir sobre la vida del bien su coste de compra en los registros contables. Este concepto de amortización puede parecer en desacuerdo con el flujo de caja real para una transacción particular, pero para todas las transacciones tomadas colectivamente provee una representación realista del consumo de capital en estados de beneficio y pérdida. Comúnmente son cuatro los métodos de depreciación que se utilizan: línea recta, porcentaje fijo, fondo de amortización y suma de dígitos anuales. No obstante, en las siguientes referencias se describen otros métodos de cálculo de depreciación (Riggs, 1977; Barish y Kaplan, 1978; Happel y Jordan, 1981). Todos los métodos se basan estrictamente sobre el tiempo. O sea, un bien usado todos los días tiene la misma carga de depreciación que uno usado una sola vez por año.

En cuanto a las herramientas disponibles para el análisis de la inversión, las hay estáticas y dinámicas. El análisis estático son los ingresos menos los costes de una empresa, sin tener en cuenta el tiempo; toma como base la situación en un momento dado. El análisis estático se usa para el cálculo del precio mínimo, es decir, el precio del producto para el cual los ingresos menos los gastos son cero. Con esto se obtiene un precio donde no hay ganancias. Sin embargo, en un proyecto empresarial es muy importante analizar su posible rentabilidad y sobre todo si es viable o no. Cuando se forma una empresa hay que invertir un capital y se espera obtener una rentabilidad a lo largo de los años. Esta rentabilidad debe ser mayor, al menos, que una inversión con poco riesgo (letras del Estado). Dos parámetros muy usados a la hora de calcular la

viabilidad de un proyecto son el VAN (Valor Actual Neto) y la TIR (Tasa Interna de Retorno), que permiten un análisis dinámico. Ambos conceptos se basan en lo mismo y es la estimación de los flujos de caja que tenga la empresa. Simplificando, esto respondería a ingresos menos gastos netos. A los flujos de caja hay que recortarles una tasa relacionada con el interés que podríamos haber obtenido, es decir, actualizar los ingresos futuros a la fecha actual. Si a este valor le descontamos la inversión inicial, tenemos el VAN del proyecto. Si por ejemplo hacemos una estimación de los ingresos de nuestra empresa durante cinco años, para que el proyecto sea rentable el VAN tendrá que ser superior a cero, lo que significará que recuperaremos la inversión inicial y tendremos más capital que si lo hubiéramos puesto a renta fija. Otra forma de calcular lo mismo es utilizando la TIR, que sería el tipo de interés en el que el VAN se hace cero. Si la TIR es alta, estamos ante un proyecto empresarial rentable, que supone un retorno de la inversión equiparable a unos tipos de interés altos que posiblemente no se encuentren en el mercado. Sin embargo, si la TIR es baja, posiblemente podríamos encontrar otro destino para nuestro dinero.

## 2. OBJETIVO

El objetivo de este trabajo ha sido comparar la viabilidad económica de la liofilización y la atomización para la obtención de fruta en polvo que pueda ser utilizada, entre otras cosas, para su reconstitución con agua y consumo como un zumo de fruta de alta calidad.

## 3. MATERIAL Y METODOS

### 3.1 Procesos considerados para la obtención de fruta en polvo.

Los procesos industriales considerados en este estudio para la obtención de fruta en polvo han sido la liofilización y la atomización. La Figura 1 muestra el diagrama de flujo general de ambos procesos. La selección de la maquinaria necesaria para cada una de las etapas se ha hecho en base al volumen de producción estimado (apartado 3.2), a sus características técnicas y a su precio.

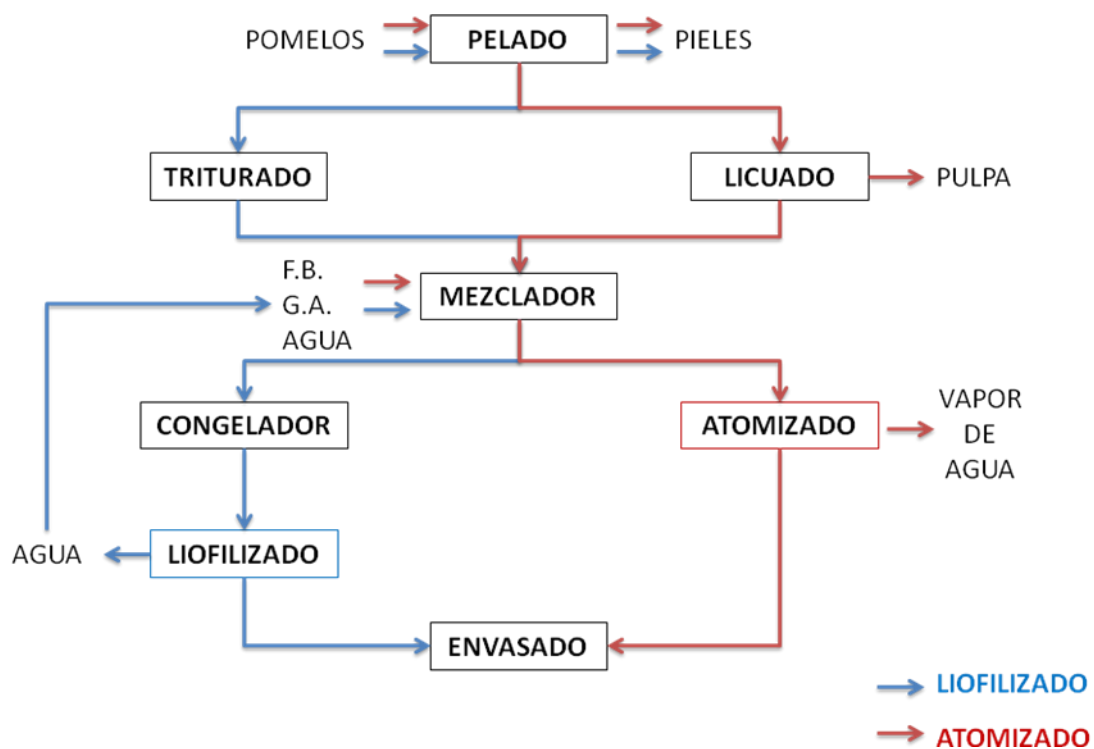


Figura 1: Diagrama de flujo de los procesos de liofilización y atomización. F.B.: fibra de bambú. G.A.: goma arábica.

### 3.2 Cuantificación de la inversión inicial

Para la cuantificación de la inversión inicial se ha tenido en cuenta la maquinaria que se ha de utilizar en cada uno de los dos procesos, tanto en la liofilización como en la atomización, según las operaciones que se muestran en la Fig.1. Para la elección de dicha maquinaria, en primera instancia, se consideró un volumen de producción igual a la producción media de zumo refrigerado de una empresa de la Comunidad Valenciana (CV) entre los años 2009 y 2014 (Tabla 1), teniendo en cuenta que el número de empresas productoras de zumo en la CV en 2015 fueron 64 (416 en España). Con toda esta información, el volumen anual de zumo refrigerado calculado que tendría que producir cada empresa, si todas las empresas produjeran este tipo de zumo, sería 79 t en la CV (122 t en España). Sin embargo, como se comenta en los resultados, dado que de los atomizadores disponibles en el mercado el que más se ajustaba a este volumen permitía obtener un 10% más de zumo, la producción estimada se incrementó en un 10 %.

Tabla 1: Datos referentes a la producción de zumo de frutas en España y en la Comunidad Valenciana (CV).

AÑOS	ZUMO REFRIGERADO (t)		ZUMO TOTAL (t)		VALOR (miles de euros)		(%)( <sup>1</sup> )		Producción media (t) ( <sup>2</sup> )	
	España	CV	España	CV	España	CV	España	CV	España	CV
2009	43.523	4.236	510.970	57.286	73.665	7.078	9	7	104,62	66,20
2010	45.608	4.607	519.593	60.273	66.262	6.259	9	8	109,64	71,98
2011	52.917	5.250	573.743	62.033	65.066	6.558	9	8	127,21	82,04
2012	54.490	5.407	537.491	58.585	65.889	7.013	10	9	130,99	84,49
2013	52.902	5.593	504.212	55.450	64.535	7.017	10	10	127,17	87,40
2014	54.968	5.171	491.437	50.821	62.970	6.146	11	10	132,14	80,80

(<sup>1</sup>) (%): porcentaje de zumo refrigerado respecto al total. (<sup>2</sup>) Volumen de zumo refrigerado que tendría que producir cada empresa si todas las empresas produjeran este tipo de zumo.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente.

A partir de la producción media de zumo refrigerado establecida (87 t/año), se calculó la cantidad de muestra a procesar, en cada caso, para obtener la cantidad de producto en polvo necesario que, tras su rehidratación, permita obtener esa cantidad de zumo. Este cálculo inicial se hizo a partir de datos obtenidos a nivel de laboratorio (Casanova, 2014). Con este dato se dimensionaron todos los equipos necesarios para el procesado (Fig. 1). Se contactó con diferentes empresas fabricantes de todos los equipos, y por precio, se seleccionaron las más económicas para calcular la inversión inicial en maquinaria.

### 3.3 Análisis de costes de producción

Se ha calculado los diferentes costes de producción, tanto los variables como los fijos.

#### 3.3.1 Costes Variables

Los costes variables dependen de la cantidad producida, por ello engloban: la materia prima, gasto de personal, coste eléctrico y los subproductos.

##### 3.3.1.1 Materia prima

Para el cálculo de los costes de la materia prima no se ha considerado el precio a comercio, ni el precio en campo, sino el precio de compra al por mayor. El precio de los coadyuvantes se consiguió de un proveedor concreto.

Para los cálculos del coste de la materia prima se ha considerado que el producto va a obtenerse a partir de pomelo al que se añade goma arábica (GA) y de fibra de bambú (FB) para facilitar el proceso y/o estabilizar el producto en polvo obtenido y agua, en su caso. La atomización requiere partir de un producto suficientemente fluido, en este caso obtenido del licuado del pomelo. Para la liofilización se puede trabajar con la

materia prima en cualquier forma. En este estudio se ha considerado la liofilización del puré de la fruta obtenida después de su pelado y trituración. La formulación, tanto del licuado como del triturado, responde a los resultados obtenidos en estudios previos, en los que ésta fue optimizada con el fin de obtener el producto en polvo con la mejor calidad física y mayor valor funcional (Agudelo et al., 2016). Ésta se muestra en la Tabla 2. Para calcular la inversión en materia prima se ha tenido en cuenta, cuando estuvo disponible, el rendimiento de cada uno de los equipos seleccionados para las diferentes etapas de cada proceso.

Tabla 2. Composición de las muestras antes de liofilizar y atomizar.

	Xw	GA	FB
LIOFILIZADO	90	4,2	0,6
ATOMIZADO	190	4	2

Xw: g agua/100gpomelo+solutos; FB: fibra de bambú (g/100g pomelo). GA: goma arábica (g/100g pomelo).

### 3.3.1.2 Gastos de personal

Se han considerado los sueldos de los obreros y/o empleados cuyos esfuerzos están directamente asociados al producto elaborado. También los costes de la gerencia, la dirección y administración de la empresa. Para ello se ha considerado el valor promedio de los gastos de personal respecto al gasto total en materia prima de las empresas del sector, según la base de datos *Sistema de análisis de balances ibéricos* (SABI). Para ello se han extraído, de las cuentas de resultados anuales de las 4 principales empresas del sector, los gastos de personal y el coste en materia prima de cada empresa. Con estos datos se ha calculado la media del ratio gastos de personal respecto al coste de la materia prima. Este ratio se ha aplicado al coste en materia prima calculado en nuestro caso para obtener el gasto de personal.

### 3.3.1.3 Coste eléctrico

Con el volumen de producción de zumo estimado, se calculó la cantidad necesaria de cada una de las máquinas y el tiempo de funcionamiento. Con ello se estimó el consumo de energía eléctrica (kWh). Para establecer el coste de la energía eléctrica, al tratarse de energía comprada, se ha considerado tanto el consumo eléctrico como la potencia contratada. En el primer caso se ha tenido en cuenta el consumo de cada máquina y el precio del kWh, dependiendo del día de la semana y de la hora del día en que la máquina está en funcionamiento. Como algunos de los equipos trabajan las 24 h, se ha tarifado en horas punta, valle y llano, según el caso. La potencia contratada dependerá del tipo y número de las máquinas.

#### **3.3.1.4 Gestión de subproductos**

En el producto atomizado como subproductos se generan pieles de pomelo, pulpa y el agua eliminada de la fruta. En el liofilizado solamente pieles y agua. El volumen de subproductos generado se ha calculado a partir de los rendimientos de las etapas correspondientes y de la cantidad de producto procesado. Para gestionar estos subproductos, en nuestro caso, se ha asumido que las pieles y la pulpa se venden a otra empresa. Para calcular el beneficio que supone su venta, se ha conseguido el precio unitario de compra de los subproductos generados, según diversas industrias del sector consultadas, teniendo en cuenta el volumen de subproductos generado. En el caso del agua, se ha considerado el coste de su vertido, por m<sup>3</sup>, más los cánones correspondientes.

### **3.3.2 Costes fijos**

Los costes fijos son aquellos independientes de la cantidad producida, por ello se componen en este caso de los epígrafes de mantenimiento y amortización.

#### **3.3.2.1 Mantenimiento**

Como se dispone de información del sector y del porcentaje que representan los costes de mantenimiento en estas empresas (SABI), que es de un el 10% del coste total de la maquinaria, en este caso se ha asumido que los costes de mantenimiento también representan ese 10% en cada una de las dos tecnologías.

#### **3.3.2.2 Amortización**

La depreciación en el tiempo de la maquinaria se ha calculado de acuerdo al método de la línea recta que consiste en dividir el valor de adquisición de la maquinaria entre la vida útil según la información técnica de la misma. De esta forma tenemos un porcentaje fijo de depreciación anual para cada máquina.

### **3.4 Herramientas para el análisis de la inversión**

Para el cálculo del precio mínimo del producto se ha realizado un análisis estático, contraponiendo los ingresos y los gastos e igualando el beneficio a cero. Por otra parte, para el cálculo del precio que proporcione una mínima rentabilidad, se ha realizado un análisis dinámico. Para ello se ha utilizado una tasa de descuento calculada como la suma de una tasa libre de riesgo más una prima de riesgo. Como tasa libre de riesgo se ha tomado la media de la rentabilidad de las obligaciones a 10 años, en el mercado primario, emitidas por el estado español en 2016. Esta tasa libre de riesgo asciende a 1,6%. Como prima de riesgo se ha considerado 5,5%. Ambos datos se han obtenido de un estudio realizado en 2015 sobre 41 países (Fernandez et al., 2015). Por tanto, la tasa de descuento es del 7,1%.



## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Selección de la maquinaria para cada etapa del proceso

Para el cálculo de la maquinaria, como ya se ha dicho, se ha establecido el equivalente a un volumen de producción de zumo de 87 t.

Teniendo en cuenta este volumen de producción de zumo, así como las características técnicas y el precio de cada una de las máquinas disponibles, las que se seleccionaron para el cálculo de la inversión correspondiente a cada etapa de cada proceso se describen en la Tabla 3. Como se describe en los apartados siguientes, teniendo en cuenta el rendimiento de cada una de estas máquinas, el volumen de polvo obtenido por liofilización, a partir de esa cantidad de zumo, sería 26.551 kg al año. Con la liofilización el rendimiento en solutos es del 100 %, mientras que con la atomización hay pérdidas. Por eso, en el caso del atomizador se ha fijado el mismo volumen de producción de polvo, que sería el que permitiría obtener las 87 t de zumo. Esa cantidad de polvo es también la que se ha utilizado para dimensionar la envasadora.

Tabla 3: Características técnicas y precio de la maquinaria.

	MARCA	MODELO	Rendimiento <sup>(1)</sup>	Potencia <sup>(2)</sup>	Precio (€)	Dimensiones <sup>(3)</sup>
Peladora	ACEUS	ACS-MP	360	0,6	20.000	1750*750*1450
Trituradora	SHUANGFA	SF-1.5	1500	1,5	8.000	900*350*650
Licuada	SHUANGFA	SF-0.5	1500	1,1	5.000	900*350*650
Mezcladora	KILOTECH	HWT	1200	2,3	3.000	690*480*700
Liofilizador	CUDDON	FD600	25	95	450.000	7860*2310*2270
Atomizador	GEA	VSD/F-50-R	140	26	1.240.000	13400*6900*11700
Envasadora	APT	BD-420	32,04	15	20.000	6100*1070*1700
			272,89			

<sup>(1)</sup>kg de producto procesado / hora de funcionamiento; <sup>(2)</sup>kW consumidos; <sup>(3)</sup> largo\*ancho\*alto (mm).

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de las casas comerciales.

#### 4.1.1 Peladora

Los equipos responsables del pelado son complejas máquinas que dejan totalmente limpia la superficie del alimento. Existen métodos mecánicos, como el pelado por abrasión, donde el alimento entra en contacto con una sustancia abrasiva (carborundo) y arranca la piel directamente. También puede hacerse mediante un sistema de cuchillas que cortan y arrancan la piel del vegetal. Por este método suelen pelarse los cítricos ya que su piel es suficientemente gruesa. Otros métodos son los químicos o el térmico, como el pelado por vapor, aunque pocos vegetales resisten las elevadas temperaturas que se alcanzan en este caso. En este estudio se ha seleccionado una peladora de cuchillas, con alimentación automática. Con ella, cada pomelo se inserta en un cilindro que gira a elevadas revoluciones y una cuchilla se aproxima a él, de forma que se elimina la piel con un rendimiento muy elevado. En la peladora seleccionada (Tabla 3) se pueden procesar del orden de 1000-1100 pomelos a la hora.

#### 4.1.2 Trituradora

La trituradora seleccionada ha sido un molino de martillos de eje vertical, con una tolva para lograr una alimentación en continuo que tarda 0,8 segundos en procesar un pomelo, lo que nos da un rendimiento de 1500 kg/h, como se puede observar en la tabla 3. Con esta máquina, el proceso de triturado se basa en hacer pasar los pomelos ya pelados por un molino de martillos con un tamaño de luz determinado. De esta forma, hasta que el pomelo no es disgregado en partículas de un tamaño de luz inferior a la luz del tamiz, en nuestro caso <1,25 mm, éste no consigue penetrar el tamiz (Jensen et al., 2000). El proceso de triturado no genera residuos pues los martillos del molino disgregan las partículas hasta conseguir el tamaño adecuado.

#### 4.1.3 Licuadora

Licuar no es más que separar la fibra y la pulpa de frutas y verduras o, dicho de una forma más sencilla, obtener su jugo, desechando su fibra. Existen dos formas diferentes de licuar, que dependen a su vez de las licuadoras que existen en el mercado. Las hay que extraen el jugo por centrifugación, lo que significa que primero trituran la fruta y después hacen girar el líquido a través de un filtro de malla a gran velocidad. Se trata de un proceso muy rápido que, sin embargo, produce una pequeña oxidación. También hay licuadoras masticadoras, que descomponen la pulpa de las frutas y hortalizas más despacio, lo que provoca menos oxidación y preserva una mayor cantidad de enzimas, vitaminas y fibra. Trituran y después prensan. En nuestro caso se ha optado por una licuadora centrifuga (Tabla 3), pues tiene un rendimiento mucho mayor y el proceso es tan corto (0,8 s/pomelo) que la oxidación es mínima.

Por otro lado, sí que hay que decir que con el licuado se genera un subproducto en forma de pulpa de pomelo. En este caso, según las características técnicas del equipo

seleccionado, por cada kilo de fruta que entra en la licuadora se obtiene 0,383 kilos de pulpa y 0,617 kilos de licuado. El subproducto obtenido en este caso se ha supuesto que se comercializa.

#### 4.1.4 Mezcladora

En esta etapa se incorpora al triturado o al licuado, dependiendo si estamos en el proceso de liofilización o atomización respectivamente, los solutos y el agua en las proporciones establecidas (Tabla 1). La mezcladora escogida (Tabla 3) es una de eje horizontal, de paletas, para obtener una mejor homogeneización del producto. Con ella, además de girar el eje de las paletas, gira el tambor, consiguiendo de esta forma que la homogenización sea completa.

#### 4.1.5 Liofilizador

La liofilización es un proceso en el que se congela el producto y posteriormente se introduce en una cámara de vacío para poder realizar la eliminación del agua por sublimación. De esta manera, el agua se transforma desde el estado sólido al gaseoso sin pasar por el estado líquido. Los liofilizadores se clasifican por el método utilizado para el suministro calórico que son la conducción y la radiación. De cada tipo existen versiones de funcionamiento discontinuo y continuo. Por conducción están los liofilizadores de contacto, en los que el producto es colocado en bandejas compartimentadas que descansan sobre placas calefactoras, y otros en los que entre el producto y las placas calefactoras existe una malla metálica. En el primer caso, el proceso es más lento ya que el calor se transmite por conducción tan sólo por una cara del producto. En el segundo caso, la transferencia de calor es más rápida que a través de placas continuas y el vapor se elimina de la superficie del producto con mayor facilidad, lo que reduce el tiempo de liofilización. Sin embargo, estos últimos no pueden usarse cuando se trata de muestras fluidas. En cuanto a los de suministro calórico por radiación, se trata de un sistema de calentamiento más uniforme que por conducción, ya que las irregularidades de la superficie del alimento influyen menos sobre la velocidad de transferencia calórica. Sin embargo, el producto ha de ser distribuido en bandejas en capas de poco grosor. Por las características de la muestra a procesar y el volumen de producción estimado, en este caso se ha escogido un liofilizador de bandejas con transmisión de calor por conducción (Tabla 3).

#### 4.1.6 Atomizador

El proceso se caracteriza por pulverizar el fluido dentro de una cámara sometida a una corriente controlada de aire caliente. Existen diversas maneras de producir la energía necesaria en la atomización y ello ha originado que existan diferentes tipos de atomizadores. Los más comunes usan energía centrífuga, ó energía cinética de presión, aunque existen atomizadores que utilizan energía vibratoria o energía sónica. En este caso se ha escogido un atomizador centrífugo (Tabla 3).

De los atomizadores disponibles en el mercado, el que más se ajustaba al volumen de producción inicialmente previsto, el que permitiría obtener las 87 t de zumo que en promedio produce cada empresa de zumo refrigerado de la CV, en realidad permitiría obtener un 10 % más de zumo. Por este motivo, los cálculos se han realizado para una producción estimada de zumo incrementada en un 10 %. De obviar esta consideración, se estaría sobre dimensionando el atomizador, con lo que los costes unitarios serian superiores. Para no discriminar de ese modo, se ha aumentado la producción al máximo de la maquinaria.

#### 4.1.7 Envasadora

El envasado de los alimentos es una técnica fundamental para conservar la calidad de los alimentos, reducir al mínimo su deterioro y limitar el uso de aditivos. La selección del mejor envase va a depender de las características del producto a envasar y de su vida útil. En este caso, al tratarse de un producto en polvo con muy baja humedad, pero muy higroscópico y con una elevada cantidad de compuestos bioactivos, se ha seleccionado un envasado al vacío en un material de alta impermeabilidad al vapor de agua y opaco que, al no permitir el paso del agua ni de la luz, impedirá la humectación y la destrucción de compuestos fotosensibles como la vitamina C. Las características de la envasadora seleccionada, especial para productos en polvo, se pueden observar en la tabla 3. En cuanto al formato, decir que la envasadora seleccionada permite realizar diversos formatos. En este caso se ha decidido realizar formatos mono dosis de 44,5 g de polvo y formato para la hostelería de 379 g de polvo. Estos tamaños equivalen, el mono dosis, a un vaso de zumo de 125 cm<sup>3</sup> y el formato para la hostelería a 1100 cm<sup>3</sup>.

### 4.2 Costes

#### 4.2.1 Materia prima

El consumo de materia prima, ya sean pomelos, FB, GA o agua, se ha calculado para conseguir las 87 t de zumo a partir de la rehidratación de 26.551 kg de polvo obtenido por liofilización o por atomización con las máquinas seleccionadas (apartado 4.1). Partiendo de los rendimientos de cada máquina se ha determinado la cantidad de

materia prima necesaria y su coste, tal como muestran las tablas 4 y 5. El precio asumido de las materias primas, según datos comerciales, ha sido de 0,73 €/kg pomelo, 78,9 €/kg GA, 2,5 €/kg/FB y 0,0025 €/kg agua.

Tabla 4: Necesidades diarias de materias primas (kg/día)

	Pomelos	GA	FB	Agua
LIOFILIZADO	654,1	20,60	2,94	147
ATOMIZADO	3885	57,03	28,52	1425,8

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la tabla 2.

Tabla 5: Coste anual de la materia prima (€/año).

	Pomelos	GA	FB	Agua	Total
LIOFILIZADO	174.281,76	593.207,37	2.685,85	134,29	770.309,27
ATOMIZADO	1.035.088,26	1.641.998,13	26.020,51	1.301,03	2.704.407,92

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la lonja de cítricos y empresas del sector.

Si se analiza la tabla 5 se puede ver como los costes de la materia prima son muy diferentes entre los dos procesos considerados. Esto hace que los costes totales de la materia prima en la atomización sean 3,5 veces superiores que en la liofilización. Esto es debido a que la atomización tiene un rendimiento mucho menor que la liofilización, por la necesidad de licuar el producto previo a atomizarlo y por las pérdidas que se producen en el propio atomizador. Parte del producto en polvo queda adherido a las paredes del atomizador y a la boquilla del mismo. En el caso de las frutas, esta cantidad es especialmente alta por la composición de las mismas (Mosquera et al., 2010). Si se analiza cada tecnología por separado encontramos que en la liofilización el 77% de los costes de la materia prima se deben a la goma arábica, el 22% al coste de los pomelos y solamente un 1% a la fibra de bambú y al agua, en proporción 20:1. Por otro lado, en la atomización, los costes de la goma arábica suponen el 60% y el de los pomelos el 38%, siendo un 2% los costes de la fibra de bambú y del agua. Así, los costes en pomelos en la atomización son 6 veces los costes en pomelos en la liofilización.

#### 4.2.2 Cálculo de la maquinaria

Para cada proceso, atomización o liofilización, se ha calculado el coste total en maquinaria, teniendo en cuenta el número de máquinas necesarias según el tiempo de funcionamiento de cada una de ellas y su precio (Tabla 6).

En el momento de seleccionar la maquinaria, se ha contactado con diferentes casas comerciales y los precios conseguidos son precios de mercado reales. Las horas de trabajo de cada máquina han sido calculadas para liofilizar 825 kg de producto al día o y para atomizar 5397 kg de producto al día, que son las cantidades que permitirían obtener los 73 kg de producto en polvo al día, según la producción estimada de 26551kg de polvo al año. Una vez conocida la materia prima a procesar por cada máquina y el rendimiento que nos proporciona el catálogo, se puede calcular las horas de trabajo diarias de cada máquina. El número de máquinas, una vez calculadas las horas de trabajo, se obtienen dividiendo las horas de trabajo entre las horas del día. Si el resultado es menor que uno es que la maquina no está trabajando al 100% de su capacidad. Aunque en este caso las maquinas trabajan muy por debajo de su capacidad, eso es debido a que en el mercado no existen maquinas más pequeñas o a que éstas serían la mejor opción. La única operación donde se requeriría de dos maquinas es para la etapa de liofilización. Esto se debe, no tanto al número de horas de trabajo, que también está al máximo, sino al propio proceso de la liofilización. Este proceso requiere de 24 horas de funcionamiento para sublimar el agua de manera correcta. Por ello se han considerado dos liofilizadores trabajando en paralelo para poder cargar uno, ponerlo en funcionamiento y mientras sublima el agua el otro desescarcha y se carga para empezar las siguientes 24 horas. De esta forma se puede funcionar prácticamente en continuo.

Tabla 6: Inversión, uso y costes de la maquinaria en la atomización y de la liofilización.

		CONSUMO	Nº MAQUINAS	PRECIO UNITARIO (€)	TIEMPO DE TRABAJO (h/día)	INVERSIÓN TOTAL
LIOFILIZADO	Peladora	1,01	1	20.000	1,816	955.000 €
	Trituradora	2,53	1	8.000	0,327	
	Mezcladora	3,87	1	3.000	0,551	
	Congelador	0,76	1	4.000	13,225	
	Liofilizador	160	2	450.000	23,541	
	Envasadora	25,27	1	20.000	1,135 <sup>(1)</sup>	
25,27		0,133 <sup>(2)</sup>				
ATOMIZADO	Peladora	1,01	1	20.000	10,790	1.288.000 €
	Licuada	1,85	1	5.000	0,950	
	Mezcladora	3,87	1	3.000	2,376	
	Atomizador	43,8	1	1.240.000	20,368	
	Envasadora	25,27	1	20.000	1,139 <sup>(1)</sup>	
					0,133 <sup>(2)</sup>	

<sup>(1)</sup> Tiempo de trabajo en el formato mono-dosis. <sup>(2)</sup> Tiempo de trabajo en el formato HORECA.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos reales de casas comerciales.

En la tabla 6 se puede observar cómo la inversión inicial en maquinaria es 1,4 veces superior en el atomizado que, en el liofilizado, aún cuando en el liofilizado se usa un congelador y se requieren dos liofilizadores trabajando en paralelo casi en continuo. El atomizador supone el 96% y los 2 liofilizadores el 94% de la inversión total en maquinaria en el proceso de atomización y liofilización, respectivamente. De esta forma se puede afirmar que ambas máquinas son las limitantes en cada uno de los procesos.

#### 4.2.3 Coste eléctrico

El coste eléctrico suele ser uno de los mayores costes en estos tipos de industria. Para calcular los costes eléctricos totales, es necesario calcular por un lado los costes del término de energía, que son los atribuibles al consumo eléctrico de las máquinas en funcionamiento, y por otro el término de potencia que sería imputable a la potencia que es necesaria contratar para el funcionamiento de las máquinas. Para el cálculo del término de energía, es necesario conocer el consumo de las máquinas, las horas de funcionamiento, el número de máquinas y el precio del kW. Para calcular el término de potencia, hay que conocer la potencia de cada máquina y el número de máquinas. Para estos cálculos se ha buscado una tarifa eléctrica acorde a nuestras necesidades. Dicha tarifa tiene diferente precio del kWh según sea entre semana o fin de semana y diferente precio según las horas del día. Esto puede observarse en las tablas 7 y 8, dependiendo de la potencia contratada en las franjas horarias valle, llano o punta.

Tabla 7: Precio del kw del término de potencia y del término de energía.

POTENCIA CONTRATADA	PUNTA	LLANO	VALLE
TÉRMINO DE POTENCIA (€/kW AÑO)	42,203054	25,601311	18,211416
TÉRMINO DE ENERGÍA (€/kWh)	0,166463	0,132892	0,098364

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Iberdrola.

Tabla 8: Horas diarias que pueden tarifarse en las diferentes franjas horarias.

	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
VALLE	8	8	8	8	8	18	18
LLANO	10	10	10	10	10	6	6
PUNTA	6	6	6	6	6	0	0

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Iberdrola.

Para el cálculo del coste eléctrico se ha considerado el consumo de las diferentes máquinas seleccionadas, teniendo en cuenta el número de máquinas necesarias en cada etapa y las horas de trabajo de cada máquina (Tabla 6), así como la potencia (Tabla 3). En la tabla 9 se muestra el coste eléctrico, calculado a partir de esta información y de la tarifa eléctrica (Tablas 7 y 8).

Tabla 9: Calculo del consumo eléctrico anual.

		CONSUMO ANUAL T.E. (€)	CONSUMO ANUAL T.P. (€)	CONSUMO ANUAL (€)	CONSUMO TOTAL ANUAL (€)
LIOFILIZADO	Peladora	65,88	18,39	84,27	354.861,65
	Trituradora	29,71	46,07	75,78	
	Mezcladora	76,57	70,48	147,05	
	Congelador	396,63	19,46	416,09	
	Liofilizador	168.604,47	7.429,15	352.067,24	
	Envasadora	1.029,89	460,20	1.490,10 <sup>(1)</sup>	
		120,92	460,20	581,12 <sup>(2)</sup>	
ATOMIZADO	Peladora	416,68	25,86	442,54	41.955,41
	Licuada	63,13	33,69	96,83	
	Mezcladora	330,17	70,48	400,65	
	Atomizador	36.906,75	2.033,34	38.940,09	
	Envasadora	1.033,56	460,20	1.493,76 <sup>(1)</sup>	
			121,35	460,20	

Consumo: kw consumidos por hora de funcionamiento; T.E.: término de energía; T.P.: término de potencia. <sup>(1)</sup> Consumo anual en el formato mono-dosis. <sup>(2)</sup> Consumo anual en el formato HORECA. Fuente: Elaboración propia a partir de datos reales de casas comerciales.

Como se puede ver en la tabla 9, para calcular los costes eléctricos totales, es necesario calcular por un lado los costes del término de energía, que son los atribuibles al consumo eléctrico de las máquinas en funcionamiento, y por otro el término de potencia que sería imputable a la potencia que es necesaria contratar para el funcionamiento de las máquinas.

De los costes eléctricos totales anuales del liofilizado, que ascienden a 354.861,65 €, el 95% corresponde al término eléctrico y el 5% el término de potencia. Cabe destacar que, de ese coste total, el coste eléctrico del liofilizador supone el 99,2%. Por lo que podemos afirmar que la máquina más demandante y la que mayor peso tiene respecto del coste eléctrico es el liofilizador. Si nos fijamos en el atomizado, los costes eléctricos totales anuales ascienden a 41.955,41 €. De ellos, el término de energía supone el 92% mientras que el término de potencia supone el 8%. En este caso, el coste eléctrico del



atomizador supone el 93% del total por lo que, también en este caso, el atomizador es la maquina más demandante en energía. Al comparar los costes eléctricos de ambos procesos, se puede afirmar que el proceso de liofilizado tiene un consumo anual 8,5 veces superior al del atomizado.

#### 4.2.4 Amortización

La amortización es un término económico referido a la distribución en el tiempo de un valor duradero. El coeficiente lineal máximo, es el porcentaje máximo, reglado contablemente, que se permite amortizar anualmente, que es del 12 %. La amortización anual se ha calculado a partir del cociente entre el precio de la maquinaria (Tabla 3) y la vida útil (Tabla 10). Como vida útil se ha considerado la especificada en las características técnicas de cada máquina, excepto en el caso del liofilizador y del atomizador que, al no disponer de datos al respecto, se ha tomado la vida útil contable, 18 años según lo dispuesto en la Ley 27/2014, de 27 de noviembre, del Impuesto sobre Sociedades. No obstante, en el anexo 2 se expone como afectaría la variación de esta vida útil al precio final del producto. Por su parte, el coeficiente lineal real es el porcentaje que supone la amortización respecto al valor de la máquina.

Tabla 10: Amortización de la maquinaria.

TECNOLOGIA USADA	MAQUINARIA	VIDA UTIL	AMORTIZACION ANUAL	COEFICIENTE LINEAL REAL (%)	TOTAL
LIOFILIZADO	Peladora	10	2.000,00€	10,00	55.266,7€
	Trituradora	10	800,00 €	10,00	
	Mezcladora	10	300,00 €	10,00	
	Congelador	8	500,00 €	12,50	
	Liofilizador	18	50.000,00€	11,11	
	Envasadora	12	1.666,67€	8,33	
ATOMIZADO	Peladora	10	2.000,00€	10,00	73.355 €
	Licuada	10	500,00 €	10,00	
	Mezcladora	10	300,00 €	10,00	
	Atomizador	18	68.888,89€	5,56	
	Envasadora	12	1.666,67€	8,33	

Fuente: Elaboración propia a partir de datos propios y del plan general contable.

Observando la tabla 10, puede verse como la amortización del atomizado es 1,3 veces superior que la del liofilizado. Esto es por el mayor coste de la maquinaria en la técnica de atomizado que en la de liofilizado. A su vez se puede observar, de nuevo, como las máquinas que mayor coste en amortización tienen son el liofilizador y el atomizador,

con un peso del 90% y 93% del total respectivamente, debido al mucho mayor coste de adquisición de dichos equipos.

#### 4.2.5 Subproductos

Los pomelos se pelan en ambos procesos y, además, en la atomización se licúa, con la consiguiente generación de subproductos que pueden ser aprovechados por otras empresas si deciden comprarlos para obtener cierto rendimiento de estos. En este caso se ha considerado que las pieles y la pulpa se pueden vender a 0,015 y 0,025 €/kg, respectivamente, según el precio medio proporcionado por diversas empresas del sector. Teniendo en cuenta el volumen de estos subproductos generado, su venta proporcionaría los ingresos que se observan en la Tabla 11. Así, lo único que causaría un coste real sería el vertido del agua que, entre el coste por litro de verter el agua a la red de saneamiento y los cánones, ascendería, en el caso del liofilizado, a 236,3 € y en el atomizado a 1.115,59 €. Con todo esto se puede decir que realmente no hay un coste en los subproductos, sino un ingreso que, en el caso del atomizado, es 26 veces superior al ingreso que se obtiene de la gestión de los subproductos en el liofilizado.

Tabla 11: Costes de los subproductos

	Pieles	Pulpa	Agua	TOTAL
LIOFILIZADO	- 895,28 €	-	236,30 €	- 658,98 €
ATOMIZADO	- 5.317,23 €	- 13.575,92 €	1.115,59 €	- 17.777,56 €

Fuente: Elaboración propia a partir de cálculos de los rendimientos obtenidos en trabajos anteriores (Agudelo et al., 2016), de las máquinas seleccionadas y precios reales de empresas compradoras.

#### 4.3 Análisis estático

En este apartado se indica el precio de venta necesario de cada producto para cubrir los costes, con un beneficio 0 (Tabla 12). Para el cálculo del coste total se han de tener en cuenta los costes de materia prima, eléctrico, amortización y subproductos explicados pormenorizadamente en los apartados 4.2 a 4.5, así como los gastos de personal y de mantenimiento. Por su parte, el gasto de mantenimiento es un 10% de la inversión inicial, lo que se traduce en 97.500,00 € en el liofilizado y 130.800,00 € en el atomizado (1,34 veces superior). En cuanto a los gastos de personal, éstos son 375.015,54 €, 2,4 veces los costes de personal en el liofilizado, que son 153.641,94 €.

Tabla 12: Costes totales (€/año) y análisis estático (€/ud).

	COSTE TOTAL	PRECIO ESTATICO MONODOSIS	PRECIO ESTATICO HORECA
LIOFILIZADO	1.430.920 €	2,40 €	17,97 €
ATOMIZADO	3.307.756 €	5,54 €	41,55 €

Fuente: Elaboración propia a partir de cálculos propios.

Como puede observarse en la tabla 12, el coste total anual de la técnica de liofilizado es menor que el de la técnica de atomizado. Concretamente el atomizado es 2,3 veces superior que el liofilizado. Como ya se ha comentado, el motivo del mayor coste del producto en polvo obtenido por atomización radica en el bajo rendimiento de este proceso cuando se trabaja con fruta, lo que hace que el coste de la materia prima para obtener la misma cantidad de producto en polvo que por atomización sea 3,5 veces superior. También los gastos de mantenimiento y amortización en el atomizado es 1,34 y 1,32 veces, respectivamente, los del liofilizado, también por la mayor inversión inicial en maquinaria. Incluso los gastos de personal en el atomizado son 2,4 veces los del liofilizado. Lo único que no sucede de esta forma, es en el coste eléctrico, que en el atomizado 8,5 veces menor que en el liofilizado. En la Figura 2 se puede apreciar el porcentaje que representa cada coste sobre el total.

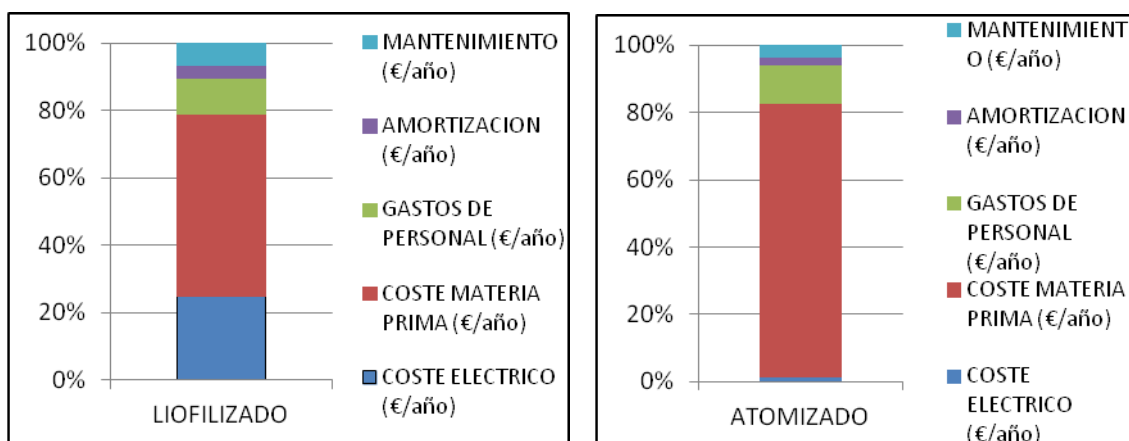


Figura 2. Porcentaje que representa cada uno de los costes calculados respecto al total para el producto liofilizado (izquierda) y atomizado (derecha). Fuente: Elaboración propia.

Según se muestra en la Figura 2, el coste eléctrico en la liofilización supone un 24% del total mientras que en la atomización apenas alcanza el 2%. Esta gran diferencia se debe a la necesidad de generar vacío en el liofilizador y por el tiempo de funcionamiento por gramo de producto fresco. En cuanto al mantenimiento, la amortización de la maquinaria y los gastos de personal no hay prácticamente diferencias entre los procesos sumando en los dos, entorno a un 21%-19%. No obstante, la mayor de las diferencias se encuentra en el coste de la materia prima. La cual en el liofilizado supone un 60% del coste total mientras que en el atomizado supone un 80% del coste total.

En la Tabla 12 aparece calculado el precio estático en los dos formatos en que se va a envasar el producto en polvo. Para el cálculo de este precio, se ha calculado el número de envases de cada tamaño que se producen envasando la producción de polvo, a saber, 73 kg cada día en cada una de las dos tecnologías. Esta producción se envasa en dos formatos, uno de 158 cm<sup>3</sup>, el llamado mono dosis, donde se envasan 44,5 g de producto en polvo. Por otra parte, tenemos también el envase dedicado al canal HORECA, que es de 1.183 cm<sup>3</sup> y en él se envasan 333,5 g de producto en polvo. El canal HORECA se compone de hoteles, restaurantes y catering. Para dar servicio a este segmento del mercado se envasa en un formato mayor. Con la envasadora seleccionada tenemos anualmente una producción de 596.641 unidades del formato mono dosis y 79.612 unidades del formato HORECA. Una vez calculado el número de unidades que se producen y los costes totales anuales de cada tecnología, se obtiene el precio estático, aquél que iguala el beneficio nulo y sólo cubre los gastos (Tabla 12). Al producir la misma cantidad de producto en polvo por las dos tecnologías, o lo que es lo mismo, las mismas unidades en cada uno de los dos formatos, pero al ser el coste total mayor en el atomizado, el precio del producto final en el atomizado es 2,31 veces superior que el precio del liofilizado.

#### 4.4 Variación del precio estático con la vida útil.

Hasta el momento se ha supuesto una vida útil de 18 años para los principales equipos en las dos técnicas. En el presente apartado se procede a estudiar la variación del precio estático en función de la variación de la vida útil de estos equipos. Si bien es cierto que se les ha supuesto una vida útil de 18 años, vida útil contable, los fabricantes recomendaban una vida útil de 16 a 24 años, según el plan de mantenimiento y la materia prima usada, así como las horas de funcionamiento. Este estudio se puede apreciar con más detalle en el anexo 1, donde se puede observar cómo, al variar la vida útil del atomizador y del liofilizador, varía la amortización y el precio. Si se comienza por el liofilizado, hay que decir que se ha cogido un intervalo de vidas útiles muy amplio, desde 12 hasta 24 años. Esto resulta en una variación en

cuanto al valor de la amortización anual bastante amplio, pues el liofilizador supone el 90% del valor de la amortización. Mientras que con una vida útil del liofilizador de 12 años, el valor de la amortización anual es de 80.266,67 €, con una vida útil del liofilizador de 24 años, el valor de la amortización anual desciende a 42.766,67 €. Esto supone 37.500,00 € menos. O lo que es lo mismo una disminución del 47%. En el caso del atomizado, el atomizador supone un 93% de los costes totales de amortización. De esta forma con una vida útil del atomizador de 12 años, la amortización asciende a 107.800,00 €. Mientras que, si la vida útil se fija en 24 años, el coste de la amortización asciende a 56.133,33 € solamente. Esta variación supone 51.666,67€ menos. O lo que es lo mismo, una disminución del 48%.

Aunque en los dos casos anteriores, pueda apreciarse una sustancial disminución del coste de amortización de casi el 50%, se ha escogido como vida útil 18 años. Esto se ha hecho así, por una parte, por estar dentro del rango recomendado por el fabricante y, por otra, porque es un valor conservador en ese rango. Con esto quiero decir que al escoger una vida útil baja no se obtiene un precio de venta del producto en polvo bajo, sino más bien se aumenta al precio, aunque poco, pues aumenta el valor de la amortización anual. Si escogiésemos una vida útil muy elevada, el precio disminuiría, aunque si luego la vida útil fuese menor, la rentabilidad desaparecería. En el anexo también puede observarse como varía el precio del producto con la vida útil, yendo en el caso del liofilizado desde 2,44 € con 12 años de vida útil, a 2,38 € con una vida útil de 24 años, lo que no supone un cambio significativo. En el atomizado el precio varía de 2,49 € a 2,40€ que, aunque mayor, siendo baja comparado con la variación en la amortización. Con todo esto lo que se concluye es que la variación en la vida útil de los equipos principales tiene una importancia relativa en la variación del precio del producto. Por tanto, queda justificado que la vida útil considerada en el presente trabajo es correcta y funcional.

#### 4.5 Análisis dinámico

En este punto se ha realizado un estudio dinámico, VAN y TIR (Tabla 14).

Tabla 14: VAN y TIR.

ANALISIS DE LA RENTABILIDAD (VAN - TIR) LIOFILIZACION		
VAN	0	0
TIR	7%	
PLAZO REC	25 años	
ANALISIS DE LA RENTABILIDAD (VAN - TIR) ATOMIZACION		
VAN	0	-0
TIR	7%	

PLAZO REC	25 años
-----------	---------

Fuente: Elaboración propia a partir de cálculos.

En esta tabla 14 puede verse como se han calculado el VAN y la TIR tanto para la liofilización como para la atomización. La forma de calcular esto y todos los pagos ordinarios, puede verse en el anexo 2. Dichos pagos son el resultado de considerar: pago de inversión, pagos de personal, pago de materia prima, pago eléctrico, mantenimiento y generales. Los generales son un 15% de la suma de los demás gastos, que es la media de gastos generales de las empresas estudiadas del sector. En el anexo 2 también se han calculado los pagos extraordinarios, que son las renovaciones en maquinaria previstas en un principio. Como puede observarse en el anexo 2, los cobros extraordinarios que se dan al vender la maquinaria obsoleta se suponen, como es habitual, en un 5%, del valor de la maquina nueva. Por último están los cobros ordinarios, que son las entradas de capital por la venta del producto. A partir de los cobros y los pagos se calculan los diferentes flujos de caja. Dichos flujos de caja son la base a partir de la cual se determinan el valor del VAN y de la TIR. En este caso, al buscar el precio mínimo, se ha considerado la hipótesis de VAN nulo, con un TIR del 7%. O lo que es lo mismo, buscar el precio para obtener una rentabilidad del 7%. Con todo esto hay que decir que el precio con el cual obtenemos una rentabilidad del 7% es:

- Para el liofilizado en mono-dosis el precio es de 2,84 € la unidad y en formato HORECA el precio es de 21,25 € la unidad.
- Para el atomizado en mono-dosis el precio es de 6,13 € la unidad y en formato HORECA el precio es de 45,95 € la unidad.

Los resultados de este apartado permiten confirmar que existen grandes diferencias de precio entre el polvo obtenido por atomización y por liofilización, siendo el del primero 2,16 veces superior al precio del segundo.

## 5. CONCLUSIONES

Se ha constatado que el pomelo en polvo conseguido por liofilización y por atomización es un producto de alto valor añadido. No obstante, el producto liofilizado podría tener un precio 2,16 veces inferior al atomizado. Esta conclusión, que parece contradecir la información disponible a este respecto, se debe a las peculiaridades de la fruta que, por su composición, disminuyen enormemente el rendimiento de la atomización. Así, aunque los costes eléctricos son 8,5 veces superiores en el caso de la liofilización, tanto el coste en materia prima, como la inversión inicial en maquinaria, los gastos de personal, mantenimiento y amortización son superiores en el caso de la atomización. Las partidas con mayor repercusión en el coste del producto obtenido

por ambos procesos son la materia prima, fundamentalmente debido a la goma arábica utilizada como coadyuvante del proceso, y, en el caso del producto liofilizado, el consumo eléctrico.

## 6. RECOMENDACIONES

La fruta en polvo, al tratarse de un producto de alto valor añadido, podría tener un público diana entre aquellas personas que, directa o indirectamente, son exigentes en el valor nutritivo y en la comodidad de uso de los alimentos, como puedan ser los deportistas, los niños o las personas mayores. Por ello, se recomienda realizar un estudio de mercado para conocer la aceptabilidad de este producto por parte de los consumidores y estimar un precio de venta. Por otra parte, los resultados obtenidos de este estudio permiten recomendar que, si se quieren disminuir los costes de producción para aumentar la rentabilidad de ambos productos, se estudie la posibilidad de sustituir la goma arábica por otro soluto con menor coste y, que, en el caso de la atomización, permita aumentar el rendimiento evitando al máximo el desarrollo de fenómenos de pegajosidad del polvo obtenido. También sería oportuno considerar la posibilidad de mejorar el proceso de liofilización, en relación con las condiciones presión-temperatura que se le fijan, para acortar el tiempo y así disminuir el coste eléctrico de este proceso.

## 7. BIBLIOGRAFIA

Agudelo, C., Igual, M., Camacho, M.M.; Martínez-Navarrete, N. 2016. Effect of process technology on the nutritional, functional and physical quality of grapefruit powder. *Food Science and Technology International* (En prensa).

Ahmed, J.; Ramaswamy, H.S. 2006. Physico-chemical properties of commercial date pastes (*Phoenix dactylifera*). *Journal of Food Engineering*, 76:348-352.

Casanova, M.A. 2014. Estudio de viabilidad para la comercialización de fruta en polvo. Trabajo Final de Grado E.T.S.I.A.M.N., UPV.

Fernandez, P.; Ortiz, A.; Acin, I. F. 2015. Discount Rate (Risk-Free Rate and Market Risk Premium) used for 41 countries in 2015: a survey. 1, 3-20.

Habauzit, V.; Milenkovic, D.; Morand, C. (2014). Vascular protective effects of fruit polyphenols. *Polyphenols in Human Health and Disease*, 1, 875-893.

Martínez-Navarrete, N.; Camacho, M.M.; Martínez-Lahuerta, J.J. 2008. Los compuestos bioactivos de las frutas y sus efectos en la salud. *Actividad Dietética*, 2, 64-68.

Mosquera Mosquera, L. H. 2010. Influencia de la humedad y de la adición de solutos (maltodextrina o goma arábica) en las propiedades fisicoquímicas de borjón y fresa en polvo. Tesis Doctoral, UPV.

Patel, K.C.: Chen, X.D. 2005. Prediction of spray-dried product quality using two simple drying kinetics models, *Journal of Food Process Engineering*, 28(6), 567- 594.

Proyecto AGL2012-39103. Efecto del procesado en la calidad del pomelo en polvo y en la biodisponibilidad de sus componentes funcionales. Proyecto financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad y desarrollado en el Departamento de Tecnología de Alimentos de la UPV. Duración: Enero 2013 – Diciembre 2015.

Ratti, C. 2013. Freeze drying for food powder production. In: *Handbook of Food Powders*. B. Bhandari, N. Bansal, M. Zhang and P. Schuck (Eds.). Woodhead Publishing.

Roos Y. 1995. Characterization of Food Polymers Using State Diagrams. *J. Food Eng.* 24(3), 339-360.

Wang S, Langrish T. 2009. A review of process simulations and the use of additives in spray drying. *Food Research International* 42: 13-25.



## 8. ANEXOS

### 8.1 Anexo 1. Variación del precio estático del producto en polvo y de los costes de amortización en función de la vida útil del liofilizador y del atomizador

VIDA UTIL LIOFILIZADOR(AÑOS)	AMORTIZACION (€/año)	PRECIO ESTATICO MONODOSIS (€/ud)	PRECIO ESTATICO HORECA (€/ud)
12	80.266,67 €	2,44 €	18,28 €
13	74.497,44 €	2,43 €	18,20 €
14	69.552,38 €	2,42 €	18,14 €
15	65.266,67 €	2,42 €	18,09 €
16	61.516,67 €	2,41 €	18,04 €
17	58.207,84 €	2,40 €	18,00 €
18	55.266,67 €	2,40 €	17,96 €
19	52.635,09 €	2,39 €	17,93 €
20	50.266,67 €	2,39 €	17,90 €
21	48.123,81 €	2,39 €	17,87 €
22	46.175,76 €	2,38 €	17,85 €
23	44.397,10 €	2,38 €	17,83 €
24	42.766,67 €	2,38 €	17,81 €
VIDA UTIL ATOMIZADOR(AÑOS)	AMORTIZACION (€/año)	PRECIO ESTATICO MONODOSIS (€/ud)	PRECIO ESTATICO HORECA (€/ud)
12	107.800,00 €	2,49 €	18,62 €
13	99.851,28 €	2,47 €	18,52 €
14	93.038,10 €	2,46 €	18,44 €
15	87.133,33 €	2,45 €	18,36 €
16	81.966,67 €	2,44 €	18,30 €
17	77.407,84 €	2,44 €	18,24 €
18	73.355,56 €	2,43 €	18,19 €
19	69.729,82 €	2,42 €	18,14 €
20	66.466,67 €	2,42 €	18,10 €
21	63.514,29 €	2,41 €	18,07 €
22	60.830,30 €	2,41 €	18,03 €
23	58.379,71 €	2,40 €	18,00 €
24	56.133,33 €	2,40 €	17,97 €

## 8.2 Anexo 2. Análisis dinámico VAN y TIR

ANALISIS DE LA RENTABILIDAD (VAN - TIR) LIOFILIZACION					
AÑO	PAGOS ord	PAGOS ext	COBROS ord	COBROS ext	FLUJO ACU
				5%	
0	975.000,00 €			- €	- 975.000,00 €
1	1.582.759,78 €		1.692.051,45 €	- €	- 872.953,62 €
2	1.582.759,78 €		1.692.051,45 €	- €	- 777.672,23 €
3	1.582.759,78 €		1.692.051,45 €	- €	- 688.707,33 €
4	1.582.759,78 €		1.692.051,45 €	- €	- 605.640,21 €
5	1.582.759,78 €		1.692.051,45 €	- €	- 528.079,87 €
6	1.582.759,78 €		1.692.051,45 €	- €	- 455.661,25 €
7	1.582.759,78 €		1.692.051,45 €	- €	- 388.043,49 €
8	1.582.759,78 €	4.000,00 €	1.692.051,45 €	200,00 €	- 327.103,50 €
9	1.582.759,78 €		1.692.051,45 €	- €	- 268.153,77 €
10	1.582.759,78 €	31.000,00 €	1.692.051,45 €	1.550,00 €	- 227.943,69 €
11	1.582.759,78 €		1.692.051,45 €	- €	- 176.550,82 €
12	1.582.759,78 €	20.000,00 €	1.692.051,45 €	1.000,00 €	- 136.907,13 €
13	1.582.759,78 €		1.692.051,45 €	- €	- 92.102,40 €
14	1.582.759,78 €		1.692.051,45 €	- €	- 50.267,91 €
15	1.582.759,78 €		1.692.051,45 €	- €	- 11.206,76 €
16	1.582.759,78 €	4.000,00 €	1.692.051,45 €	200,00 €	23.996,80 €
17	1.582.759,78 €		1.692.051,45 €	- €	58.050,64 €
18	1.582.759,78 €	900.000,00 €	1.692.051,45 €	45.000,00 €	- 158.898,79 €
19	1.582.759,78 €		1.692.051,45 €	- €	- 129.210,37 €
20	1.582.759,78 €	31.000,00 €	1.692.051,45 €	1.550,00 €	- 108.959,66 €
21	1.582.759,78 €		1.692.051,45 €	- €	- 83.077,05 €
22	1.582.759,78 €		1.692.051,45 €	- €	- 58.910,27 €
23	1.582.759,78 €		1.692.051,45 €	- €	- 36.345,59 €
24	1.582.759,78 €	24.000,00 €	1.692.051,45 €	1.200,00 €	- 19.672,08 €
25	1.582.759,78 €		1.692.051,45 €	- €	0,00 €
			VAN	0	0
			TIR	7%	
			PLAZO REC	25	

ANALISIS DE LA RENTABILIDAD (VAN - TIR) ATOMIZACION					
AÑO	PAGOS ord	PAGOS ext	COBROS ord	COBROS ext	FLUJO ACU
				5%	
0	1.308.000,00 €			- €	- 1.308.000,00 €
1	3.740.005,70 €		3.659.210,19 €	- €	- 1.383.439,32 €
2	3.740.005,70 €		3.659.210,19 €	- €	- 1.453.877,53 €
3	3.740.005,70 €		3.659.210,19 €	- €	- 1.519.646,16 €
4	3.740.005,70 €		3.659.210,19 €	- €	- 1.581.054,79 €

5	3.740.005,70 €		3.659.210,19 €	- €	- 1.638.392,44 €
6	3.740.005,70 €		3.659.210,19 €	- €	- 1.691.928,99 €
7	3.740.005,70 €		3.659.210,19 €	- €	- 1.741.916,44 €
8	3.740.005,70 €		3.659.210,19 €	- €	- 1.788.590,06 €
9	3.740.005,70 €		3.659.210,19 €	- €	- 1.832.169,53 €
10	3.740.005,70 €	28.000,00 €	3.659.210,19 €	1.400,00 €	- 1.886.256,35 €
11	3.740.005,70 €		3.659.210,19 €	- €	- 1.924.249,30 €
12	3.740.005,70 €	20.000,00 €	3.659.210,19 €	1.000,00 €	- 1.968.065,77 €
13	3.740.005,70 €		3.659.210,19 €	- €	- 2.001.188,35 €
14	3.740.005,70 €		3.659.210,19 €	- €	- 2.032.115,13 €
15	3.740.005,70 €		3.659.210,19 €	- €	- 2.060.991,67 €
16	3.740.005,70 €		3.659.210,19 €	- €	- 2.087.953,89 €
17	3.740.005,70 €		3.659.210,19 €	- €	- 2.113.128,70 €
18	3.740.005,70 €	1.240.000,00 €	3.659.210,19 €	62.000,00 €	- 2.479.350,94 €
19	3.740.005,70 €		3.659.210,19 €	- €	- 2.501.298,55 €
20	3.740.005,70 €	28.000,00 €	3.659.210,19 €	1.400,00 €	- 2.528.537,90 €
21	3.740.005,70 €		3.659.210,19 €	- €	- 2.547.672,02 €
22	3.740.005,70 €		3.659.210,19 €	- €	- 2.565.537,67 €
23	3.740.005,70 €		3.659.210,19 €	- €	- 2.582.218,95 €
24	3.740.005,70 €	20.000,00 €	3.659.210,19 €	1.000,00 €	- 2.601.457,12 €
25	3.740.005,70 €		3.659.210,19 €	- €	- 2.616.000,00 €
			VAN	0	-0
			TIR	7%	
			PLAZO REC	25	

