



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

Estudio y propuestas de mejora para la adaptación de la
línea de fabricación de cosmética a detergencia en una
industria del sector químico.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Química

AUTOR/A: Monferrer Ferrando, Lucía

Tutor/a: García Fayos, Beatriz

Cotutor/a externo: Ferrer Vives, Ana

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024

RESUMEN

La empresa perteneciente al sector químico, fabrica productos de detergencia y una variedad más reducida de productos de cosmética. Durante la pandemia del COVID-19, la empresa instaló una nueva línea de cosmética destinada a la fabricación de gel hidroalcohólico.

Actualmente la demanda del gel hidroalcohólico ha disminuido considerablemente por lo que la empresa plantea la necesidad de transformar la línea de fabricación de cosmética a detergencia, adaptando la producción al volumen de demanda actual de los productos que fabrica. En el presente Trabajo Fin de Grado (TFG), se efectuará el estudio de dicho cambio para establecer las diferencias a nivel de instalación y modo de trabajo entre cosmética y detergencia y así determinar las nuevas necesidades de la línea en cuanto a equipamiento y personal asociado.

Por otra parte, se llevarán a cabo propuestas de mejora de los productos de detergencia que se fabricarán en la línea, una vez realizado dicho cambio. En concreto, el estudio de mejora se realizará para un único producto, el gel lavavajillas. Se estima que el volumen de producción sea 41698,8 L al día, es decir, 57915 botellas por día. Las mejoras englobarán cambios en las propiedades fisicoquímicas y composición del producto que permitan obtener un producto final más competitivo, así como una reducción de los tiempos de fabricación.

Finalmente se realizará un estudio económico que avale la viabilidad del cambio de la línea de cosmética a detergencia en la empresa.

Palabras clave: Cosmética; detergencia; propiedades fisicoquímicas; composición; tiempo de fabricación

RESUM

L'empresa pertanyent al sector químic, fabrica productes detergents i una varietat més reduïda de productes de cosmètica. Durant la pandèmia del COVID-19, l'empresa va instal·lar una nova línia de cosmètica destinada a la fabricació de gel hidroalcohòlic.

Actualment la demanda del gel hidroalcohòlic ha disminuït considerablement pel que l'empresa planteja la necessitat de transformar la línia de fabricació de cosmètica a detergència, adaptant la producció al volum de demanda actual dels productes que fabrica. En el present Treball Fi de Grau (TFG), s'efectuarà l'estudi d'este canvi per a establir les diferències a nivell d'instal·lació i mode de treball entre cosmètica i detergència i així determinar les noves necessitats de la línia quant a equipament i personal associat.

D'altra banda, es duran a terme propostes de millora dels productes detergents que es fabricaran en la línia, una vegada fet este canvi. En concret, l'estudi de millora es realitzarà per a un únic producte, el gel rentavaixelles. S'estima que el volum de producció siga 41698,8 L al dia, és a dir, 57915 botelles per dia. Les millores englobaran canvis en les propietats fisicoquímiques i composició del producte que permeten obtindre un producte final més competitiu així com una reducció dels temps de fabricació.

Finalment es realitzarà un estudi econòmic que avale la viabilitat del canvi de la línia de cosmètica a detergència en l'empresa.

Paraules clau: Cosmètica; detergència; propietats fisicoquímiques; composició; temps de fabricació

SUMMARY

The chemical company manufactures detergency products and a smaller variety of cosmetic products. During the COVID-19 pandemic, the company installed a new cosmetics line for the manufacture of hydroalcoholic gel.

Currently, the demand for hydroalcoholic gel has decreased considerably, so the company proposes the need to transform the manufacturing line from cosmetics to detergency, adapting production to the current volume of demand for the products it manufactures. In this Bachelor Science Degree Project, the study of this change will be carried out to establish the differences at the level of installation and way of working between cosmetics and detergency and thus determine the new needs of the line in terms of equipment and associated personnel.

On the other hand, proposals will be made to improve the detergency products that will be manufactured on the line, once this change has been made. Specifically, the improvement study will be carried out for a single product, dishwashing gel. It is estimated that the production volume of the gel is 41698.8 L per day, in other words 57915 bottles per day. The improvements will include changes in the physicochemical properties and composition of the product that will allow a more competitive final product to be obtained, as well as a reduction in manufacturing times.

Finally, an economic study will be realized to support the viability of changing the line from cosmetics to detergency in the company.

Key Words: Cosmetics; detergency; physicochemical properties; composition; manufacturing time

ÍNDICE

DOCUMENTOS CONTENIDOS EN EL TFG

- Memoria descriptiva
- Presupuesto
- Anexos

MEMORIA DESCRIPTIVA

ÍNDICE DE LA MEMORIA DESCRIPTIVA

CAPÍTULO 1. MOTIVACIÓN Y JUSTIFICACIÓN	10
1.1. Motivación y justificación técnica.....	10
1.2. Motivación y justificación académica.....	10
1.3. Contribución a los Objetivos de Desarrollo Sostenible.....	11
CAPÍTULO 2. OBJETIVOS	13
CAPÍTULO 3. INTRODUCCIÓN	14
3.1. El sector químico en España: situación actual.....	14
3.2. Descripción del subsector de detergencia y cosmética.....	14
3.3. Principales problemáticas y retos del sector químico.....	16
CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA	20
4.1. Estudio del proceso de fabricación actual de cosmética y del proceso de fabricación de detergencia.....	20
4.2. Diseño de la nueva línea de detergencia.....	20
4.2.1. Estimación de producción de gel lavavajillas.....	21
4.2.2. Selección de equipos para la nueva línea de detergencia.....	22
4.2.3. Modificaciones para la distribución en planta.....	22
4.3. Puesta en marcha y optimización del proceso de fabricación del gel lavavajillas.....	23
4.3.1. Problemáticas del proceso de fabricación del gel lavavajillas anteriores.....	23
4.3.2. Análisis del proceso de fabricación inicial de gel lavavajillas.....	23
4.3.3. Verificación de las propuestas de mejora del proceso de fabricación del gel lavavajillas	25
CAPÍTULO 5. RESULTADOS	27
5.1. Estudio del proceso de fabricación actual de cosmética y del proceso de fabricación de detergencia.....	27
5.1.1. Descripción del proceso de fabricación de gel hidroalcohólico en la línea de cosmética	27
5.1.2. Descripción del proceso de fabricación de gel lavavajillas en la línea de detergencia.	33
5.2. Diseño de la nueva línea de detergencia.....	36
5.2.1. Estimación de la producción de gel lavavajillas.....	36
5.3.2. Selección de equipos para la nueva línea de detergencia.....	40
5.2.3. Modificación de la distribución en planta.....	44
5.3. Puesta en marcha y optimización del proceso de fabricación del gel lavavajillas.....	45
5.3.1. Problemáticas del proceso de fabricación del gel lavavajillas anteriores.....	45

5.3.2. Análisis del proceso de fabricación inicial de gel lavavajillas en la nueva línea de detergencia	46
5.3.3. Verificación de las propuestas de mejora del proceso de fabricación del gel lavavajillas inicial 52	
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES	57
CAPÍTULO 7. BIBLIOGRAFÍA	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Logo de los ODS.....	11
Figura 2. Logo del ODS 9 Industria, innovación e infraestructura.	11
Figura 3. Evolución del crecimiento industrial del sector químico y la emisión de CO ₂	17
Figura 4. Ejemplo de envase utilizado en productos de detergencia.	18
Figura 5. Diagrama de bloques etapas de la metodología.....	20
Figura 6. Aspiración de polvos del depósito exterior PM1.	29
Figura 7. Agitador vertical y de fondo depósito exterior PM1.	29
Figura 8. Boca de hombre de los reactores.	30
Figura 9. Agitador vertical tipo doble flujo del reactor.....	30
Figura 10. Agitador de fondo tipo disco dispersador del reactor.	31
Figura 11. Deflectores del reactor.	31
Figura 12. Toma muestras de los reactores.....	31
Figura 13. Diagrama de bloques del proceso de producción del gel hidroalcohólico.....	32
Figura 14. Bolas de limpieza de los reactores.....	32
Figura 15. Diagrama de Gantt de la evolución semanal de la producción de gel lavavajillas en la nueva línea de detergencia.....	35
Figura 16. Diagrama de bloques proceso de fabricación del gel lavavajillas.....	35
Figura 17. Bomba paso positivo aditivos reactor.....	42
Figura 18. Agitador vertical tipo hélice marina.....	43
Figura 19. Bolas de limpieza depósito exterior PM2.	44
Figura 20. Diagrama analítico proceso inicial fabricación gel lavavajillas operario 1.....	47
Figura 21. Diagrama analítico proceso inicial fabricación gel lavavajillas operario 1.....	48
Figura 22. Diagrama analítico proceso inicial de fabricación gel lavavajillas Operario 2.	49
Figura 23. Diagrama analítico proceso mejorado de fabricación gel lavavajillas operario 1.....	53
Figura 24 . Diagrama analítico proceso mejorado de fabricación gel lavavajillas operario 1.....	54
Figura 25. Diagrama analítico proceso mejorado de fabricación gel lavavajillas operario 2.	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Plantilla diagrama analítico.	24
Tabla 2. Estimación tiempo proceso de fabricación gel lavavajillas en la nueva línea de detergencia.	37
Tabla 3. Estimación tiempo proceso de fabricación gel lavavajillas en la nueva línea de detergencia.	38
Tabla 4. Comparación producción gel lavavajillas línea actual y nueva línea de detergencia.	39
Tabla 5. Equipos para la adaptación de la línea de cosmética a detergencia.....	40
Tabla 6. Evolución temporal incorporación espesante en el gel lavavajillas.....	51

Tabla 7. Propiedades fisicoquímicas finales gel lavavajillas modificando paso adicción sal orgánica.	51
Tabla 8. Evolución pH paso intermedio del proceso de gel lavavajillas.....	52
Tabla 9. Resultado control final del gel lavavajillas con el proceso de fabricación mejorado.....	56

CAPÍTULO 1. MOTIVACIÓN Y JUSTIFICACIÓN

1.1. Motivación y Justificación Técnica

En el contexto de prácticas en empresa en una compañía del sector químico dedicada a la detergencia y cosmética, se observa un bajo rendimiento de una de las líneas de producción orientada a la fabricación de productos hidroalcohólicos. Dicha línea se instaló durante los últimos meses de 2020 debido al alto volumen de demanda de gel hidroalcohólico a causa de la pandemia del COVID-19, sin embargo, con el paso del tiempo, la demanda de dicho producto disminuyó drásticamente y la línea entró prácticamente en desuso. Simultáneamente la empresa aumentó la variedad de oferta de productos de detergencia y el número de clientes de estos. Debido a esta situación, se barajaron diferentes opciones para replantear la línea de producción y se concluyó plantear una adaptación de la línea de producción del gel hidroalcohólico a la producción de productos de detergencia proponiendo en primer lugar la fabricación de gel lavavajillas con una producción estimada de 42000 L/día de este producto.

El cambio de la instalación de cosmética a detergencia supone un mayor rendimiento de ésta ya que el volumen de venta y variedad de productos de detergencia es superior al de cosmética. La adaptación de la línea permitirá reutilizar parte de los equipos, así como rentabilizar la inversión realizada en 2020, permitiendo la fabricación de nuevos productos, reutilizar equipos en desuso y aumentar los ingresos de la empresa.

1.2. Motivación y Justificación Académica

El presente Trabajo de Fin de Grado (TFG) representa la formación completa en el Grado en Ingeniería Química. Mediante este trabajo se evalúa que el alumno ha adquirido los conocimientos y competencias necesarias para obtener su titulación como Graduado en Ingeniería Química por la Universitat Politècnica de València.

En cuanto al carácter académico del TFG al realizar el estudio del cambio de la línea de cosmética a detergencia se consigue conocer en detalle las necesidades y forma de trabajar de ambos procesos, conocimientos relacionados con la asignatura de Procesos industriales de Ingeniería Química cursada durante el Grado. En la misma línea se logra entender en profundidad el funcionamiento y las propiedades de diversos tipos de equipos como reactores, agitadores o diferentes tipos de bombas conocimientos relacionados con la asignatura de Máquinas de fluidos.

Asimismo, al trabajar en la posterior mejora de los productos de detergencia a fabricar en la línea tras el cambio se adquieren nociones relacionadas con las propiedades de las diferentes sustancias químicas, las relaciones entre las mismas, las propiedades fisicoquímicas tanto de las materias primas como del producto terminado y la importancia del procedimiento de fabricación, así como la influencia de ciertos parámetros como por ejemplo el tipo y tiempo de agitación. Estas tareas están relacionadas con los diversos conocimientos adquiridos en las diferentes asignaturas de Experimentación en Ingeniería Química (I, II y III) cursadas durante el Grado.

Finalmente, al trabajar en la mejora de tiempos del proceso de fabricación de los productos de detergencia es posible aplicar en la vida real las diversas filosofías y técnicas con ese fin estudiadas en la asignatura de Organización de empresas y Sistemas de Producción.

1.3. Contribución a los Objetivos de Desarrollo Sostenible

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), son las metas establecidas por las Naciones Unidas en 2015 con la finalidad de proteger el planeta y mejorar las condiciones de vida de las personas a nivel mundial para 2030. El conjunto lo forman 17 ODS, los cuales tienen sus propios objetivos y tratan áreas muy diversas tales como la educación, la salud, la igualdad de género, la utilización del agua y la energía, el desarrollo de la industria o la paz mundial. La Figura 1 muestra el logo de promoción de los ODS.



Figura 1. Logo de los ODS.

El presente TFG contribuye al ODS 9 Industria, Innovación e Infraestructura, cuyo logo se muestra en la Figura 2. Este objetivo pretende promover una industrialización inclusiva y sostenible que establezca soluciones permanentes ante los desafíos económicos y ambientales actuales.



Figura 2. Logo del ODS 9 Industria, innovación e infraestructura.

Para ello, las metas que marca el ODS 9 son:

- Construir infraestructuras seguras, duraderas, resistentes y de alta calidad para fomentar el crecimiento económico y mejorar la calidad de vida de las personas.
- Fomentar una industrialización inclusiva y sostenible y, para 2030, incrementar notablemente la aportación de la industria al empleo y al PIB, considerando las circunstancias de cada país, y duplicar esta aportación en las naciones menos desarrolladas.
- Ampliar el acceso de las pequeñas y otras empresas, especialmente en los países en desarrollo, a servicios financieros, como créditos accesibles, e integrarlas en las cadenas de valor y los mercados.
- Para 2030, actualizar la infraestructura y transformar las industrias para que sean sostenibles, utilizando los recursos de manera más eficiente y fomentando el uso de tecnologías y procesos industriales limpios y ambientalmente responsables, asegurando que todos los países actúen según sus capacidades.

- Incrementar la investigación científica y mejorar la capacidad tecnológica en los sectores industriales de todos los países, especialmente en los países en desarrollo, promoviendo la innovación y aumentando considerablemente, para 2030, el número de personas dedicadas a la investigación y desarrollo, así como los gastos en investigación y desarrollo del sector público y privado.
- Apoyar el desarrollo de infraestructuras sostenibles y resilientes en los países en desarrollo mediante un aumento del apoyo financiero, tecnológico y técnico a los países africanos, los menos adelantados, en desarrollo sin litoral y los pequeños estados insulares en desarrollo.
- Fomentar el desarrollo de tecnologías, la investigación y la innovación nacionales en los países en desarrollo, garantizando un entorno normativo favorable a la diversificación industrial y la valorización de productos básicos, entre otras medidas.
- Ampliar considerablemente el acceso a las tecnologías de la información y las comunicaciones y trabajar para proporcionar acceso universal y asequible a Internet en los países menos adelantados para 2020.

En concreto, el presente TFG contribuye a conseguir las metas marcadas en el ODS 9 al fomentar una industrialización más sostenible. La empresa reutiliza equipos de los que dispone evitando la compra de unos nuevos lo cual supondría la utilización de gran cantidad de materia prima para su fabricación. Además, con la reutilización de estos equipos se logra dar una nueva función a la línea cosmética ya existente evitando que los equipos actuales acaben deteriorándose y acaben convirtiéndose en residuos. Además, la modificación propuesta en este estudio de la línea de cosmética para convertirla en detergencia, aumenta la producción de artículos en la misma. Esto hace que aumente el nivel de ventas de la empresa y con ello se aumenta el número de puestos de trabajo asociados a la línea y se contribuye en mayor medida al PIB nacional.

CAPÍTULO 2. OBJETIVOS

El presente TFG tiene como objetivo principal estudiar el proceso de adaptación de una línea de cosmética a detergencia de una industria del sector químico. Asimismo se pretende realizar propuestas de mejora del proceso de fabricación.

Para conseguir dicho objetivo principal se marcan una serie de objetivos secundarios:

- Estudiar el proceso de fabricación de cosmética y detergencia
- Diseñar la nueva línea de producción de detergencia
- Optimizar los tiempos de producción de la nueva línea de fabricación de detergencia
- Mejorar la formulación del nuevo producto fabricado de detergencia para obtener un producto de mayor calidad

CAPÍTULO 3. INTRODUCCIÓN

El presente TFG se va a llevar a cabo en una empresa del sector químico. Su actividad se centra en la fabricación de productos detergentes como friegasuelos, lejías, limpia hogares y en la fabricación de productos cosméticos de parafarmacia como agua oxigenada, quitaesmaltes o jabón de manos. A continuación, se profundiza en la descripción del sector químico y de los subsectores a los que pertenece la empresa.

3.1 El sector químico en España: situación actual

El sector químico es el segundo contribuyente más importante al Producto Industrial Bruto de España (PIB). En el año 2023 su aportación fue de un 6,1% lo que se traduce en una cifra de negocio de 82.493 millones de euros (FeiQue, 2024). Además, es el segundo sector de la economía española en cuanto a exportaciones, siendo el valor de las mismas en 2023 de 59.603 millones de euros (FeiQue, 2024).

Por otra parte, cabe destacar que el sector químico empleó en 2023 un 5,5% de la población activa asalariada nacional, de los cuales el 94% disponen de contratos indefinidos (FeiQue, 2024). Además, el gasto anual en formación por trabajador supera a la media industrial. La media industrial se situó en 110,5 euros por trabajador en 2022 (INE, 2023) y en el sector químico fue de 183 euros (FeiQue, 2024) por trabajador en el mismo año.

Existen diversos motivos por los cuales el sector químico está firmemente posicionado como uno de los más relevantes de la industria nacional. En primer lugar, se entiende como sector químico toda actividad que se ocupe de extraer y procesar materias primas para transformálas en productos mediante procedimientos químicos (Economipedia, 2020) lo cual hace que el abanico de subsectores englobados en el mismo sea muy amplio. Algunos de estas ramas son química básica, fabricación de pinturas, barnices y revestimientos similares, fabricación de productos básicos de química orgánica, fabricación de jabones, detergentes y otros artículos de limpieza y abrillantamiento o fabricación de perfumes y cosméticos.

En segundo lugar, otro de los motivos del posicionamiento del sector es la gran inversión que realiza en I+D+i, un total de 2.000 millones de euros en 2023 (FeiQue, 2024), lo cual se traduce en el crecimiento de la industria química al mejorar los procesos ya existentes y ampliar la gama de productos ofertados.

3.2 Descripción del subsector de detergencia y cosmética

El sector químico en España lo forman según los datos más recientes publicados 3.579 empresas (Ministerio de Industria y Turismo, 2023), de las cuales el 33,7% pertenecen a los subsectores de detergencia y cosmética. La producción de estos subsectores supone el 17,8% del total del sector químico (Ministerio de Industria y Turismo, 2023) y las exportaciones representan el 18,1% de las totales del sector (Ministerio de Industria y Turismo, 2023). Con estos datos, el subsector de detergencia situó su cifra de negocio en el 6,1% respecto al peso total del sector químico en 2023 (FeiQue, 2024) y el subsector de cosmética en el 9,6% (FeiQue, 2024).

Un detergente, según se define en el Real Decreto 770/1999 como: “todo producto cuya composición ha sido especialmente estudiada para colaborar al desarrollo de los fenómenos de

detergencia y que se basa en componentes esenciales (agentes tensoactivos) y, generalmente, componentes complementarios (coadyuvantes, reforzantes, cargas, aditivos y otros componentes accesorios)” (España, 1999).

Entre las diferentes materias primas que componen un producto detergente los más importantes son los tensoactivos. Son moléculas orgánicas con una parte hidrófoba y otra hidrófila que modifican la tensión superficial de las demás sustancias con las que están en contacto de forma que permiten que el producto detergente penetre mejor en los materiales. Su uso marcó un antes y un después en la industria porque mejoró exponencialmente la eficacia de los procesos de limpieza desde su descubrimiento en el siglo XX (Canal Uned, 2010). También supuso una mejora del proceso de limpieza la incorporación de enzimas a los productos detergentes.

En cuanto al proceso de limpieza en sí, los detergentes contribuyen al mismo mediante tres procesos principalmente:

- Disolución de restos de los materiales tratados
- Degradación de restos orgánicos mediante enzimas
- Oxidación de manchas de las superficies, principalmente permiten modificar el color de las mismas

Luego, la eficacia del proceso de limpieza depende de cuatro factores:

- La concentración de detergente, la relación general es a mayor concentración mayor eficacia sin pasar el punto de saturación
- El tiempo de contacto, de forma que a mayor tiempo mayor eficacia
- La temperatura del proceso, son directamente proporcionales a mayor temperatura mayor eficacia
- La acción mecánica, aplicando presión (frotar, chorros a presión, etc.) se consigue mayor eficacia

Por otro lado, un cosmético, según se define en el Real Decreto 85/2018 es: “toda sustancia o mezcla destinada a ser puesta en contacto con las partes superficiales del cuerpo humano (epidermis, sistema piloso y capilar, uñas, labios y órganos genitales externos) o con los dientes y las mucosas bucales, con el fin exclusivo o principal de limpiarlos, perfumarlos, modificar su aspecto, protegerlos, mantenerlos en buen estado o corregir los olores corporales” (España, 2018). En base a esta definición los tipos de productos cosméticos son jabones, champús, cremas fáciles, desodorantes, dentífricos, perfumes y todo tipo de maquillaje (bases de maquillaje, coloretes, lápices de ojos, etc.)

Los productos cosméticos se han utilizado con fines estéticos e higiénicos desde la época de la civilización egipcia, aunque la aparición de las grandes empresas de este sector surgió en el siglo XX. Estos productos están compuestos por una gran variedad de sustancias químicas, entre ellas destaca la importancia de los extractos obtenidos a partir de multitud de plantas.

Con el paso de los años la variedad de sustancias químicas descubiertas y utilizadas en cosmética ha aumentado exponencialmente. Paralelamente ha aumentado el conocimiento sobre los efectos de estas en la salud, llegando a la conclusión de que procedencia natural no implica seguro y a partir de esta se ha ido registrando el uso de las mismas. Actualmente, Europa cuenta con la legislación más restrictiva en cuanto al uso de sustancias químicas en los cosméticos recogida en el Reglamento (CE) 1223/2009 del Parlamento Europeo (Parlamento Europeo, 2009). En España, los productos cosméticos del mercado deben cumplir con el Real Decreto 85/2018 donde queda definido entre otros aspectos las autoridades competentes en materia de productos cosméticos, la lengua

nacional de etiquetado de productos cosméticos o las actividades de fabricación de productos cosméticos (España, 2018).

Por otro lado, cabe destacar el papel crucial del sector de la detergencia y del sector de la cosmética durante la pandemia del COVID-19 sufrida a escala mundial en 2020. Esta paralizó la mayoría de los sectores industriales, sin embargo, provocó un aumento considerable en el volumen de ventas de ambos.

Los productos desinfectantes de superficies (detergencia) como por ejemplo los limpia hogares desinfectantes y de higiene personal (considerados cosméticos) como por ejemplo los geles hidroalcohólicos, fueron clave para la prevención y contención de contagios de COVID-19 porque conseguían inactivar el virus y con ello evitaban la proliferación de este por contacto. Los productos detergentes desinfectantes que consiguieron una alta eficacia contra el virus fueron aquellos que contaban en su composición con un porcentaje de etanol de entre el 62 y el 71%, de hipoclorito sódico en un 0,1% o de peróxido de hidrógeno en un 0,5% (J. León y E. Abad-Corpa, 2020). En cuanto a los productos cosméticos desinfectantes se utilizaron aquellos con un alto porcentaje de diferentes alcoholes en su composición únicamente.

Debido a la importancia de estos productos en la lucha contra el COVID-19, las empresas del sector de detergentes y cosmético pasaron a ser imprescindibles y no cesaron su actividad en ningún momento. Este hecho se ve reflejado en el crecimiento del 19,7% de la cifra de negocios del sector químico entre 2020 y 2021 (Feique, 2022) y en el aumento del 2% en cuanto a empleos directos del sector en los primeros nueve meses del 2020 (Feique, 2020).

3.3. Principales problemáticas y retos del sector químico

Actualmente una de las principales preocupaciones de la industria, incluida en la misma el sector químico, es el cuidado y la protección del medio ambiente. Para trabajar en este ámbito la Unión Europea aprobó en 2020 el Pacto Verde Europeo en el cual se marcaron varias iniciativas con el objetivo de hacer un uso eficiente de los recursos y seguir siendo competitiva (Comisión Europea, 2023). Para ello se plantearon los siguientes retos:

- Emisiones netas de gases de efecto invernadero nula en 2050
- Desvincular el crecimiento económico del uso de recursos
- Igualar la evolución para que no haya personas ni lugares que se queden atrás

Aplicado el Pacto Verde a la industria se pretende trabajar en cuatro puntos principalmente. En primer lugar, conseguir un marco regulador previsible y simplificado lo cual se traduce en legislación sencilla y rápida que asegure el abastecimiento de materias primas y el uso de energía renovables de bajo coste a las empresas. Otro de los puntos clave es lograr un acceso más rápido a la financiación para la implantación de tecnologías limpias. El tercer tema fundamental es la mejora de las capacidades necesarias, se trabajará para, simultáneamente a la aplicación de nuevas tecnologías, se forme y capacite a los trabajadores para su uso. Finalmente, se trabajará para facilitar el comercio abierto y justo creando una red de acuerdos de libre comercio de la Unión Europea.

En cuanto al sector químico, concretamente del subsector de detergencia, la Asociación Internacional de Jabones, Detergentes y Productos de mantenimiento (A.I.S.E) emitió una propuesta de buenas prácticas en el desarrollo sostenible basándose en el Plan de Acción de Economía Circular de la UE (Comisión Europea, 2020). La aplicación de estas prácticas ya está dando resultado, en primer lugar, la emisión de gases de efecto invernadero ya se habían reducido en un 41,9% en 2022 respecto

a las de 2005 (Feique, 2024). En la misma línea, el consumo de energía también se había reducido en un 42% en 2022 respecto a 2005 (Feique, 2024). Siguiendo con la no emisión de gases de efecto invernadero se ha conseguido desvincular el crecimiento industrial de la emisión de CO₂, tal y como se observa en la Figura 3.



Figura 3. Evolución del crecimiento industrial del sector químico y la emisión de CO₂. Fuente: Tomado de KPI Performance report 2023 (p. 3), por AISE, 2023.

El gráfico representa la producción del sector químico (Production index) con respecto a 2006 en comparación con la emisión de CO₂ (CO₂ index) y el consumo de energía (Energy index).

El sector de los detergentes ha crecido desde 2006 mientras que las emisiones de CO₂ y el consumo de energía han disminuido. En 2022 la productividad del sector se sitúa en un 28% más que en 2006 (AISE, 2023) sin embargo las emisiones de CO₂ y el consumo de energía en 2022 se han reducido en un 25% con respecto a 2006 (AISE, 2023).

Pese a los buenos resultados obtenidos hasta el momento las empresas del sector deben seguir investigando, desarrollando y poniendo en funcionamiento nuevas tecnologías y procedimientos de trabajo para lograr el objetivo marcado para 2050 de emisiones nulas por la Unión Europea.

Un segundo punto problemático desde el punto de vista medioambiental para el sector detergente y cosmético es el uso de plástico utilizado en el envasado de los productos. La figura 4 muestra un envase de producto detergente. El uso de plásticos se extiende a nivel mundial hasta el punto de que en 2019 se utilizaron 460 millones de toneladas (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), s.f.). La industria del envase es el sector que más plástico utiliza, tanto a nivel mundial (31,02%) (OCDE, s.f.), como europeo (39,6%) (Plastics Europe, 2020) y español (36%) (EsPlásticos, 2021) Casi el 99,5% del plástico de un solo uso fabricado como envase acaba como residuo en menos de un año, lo que supone un grave problema medioambiental. Casi la mitad de esos residuos en todo el mundo se depositan en vertederos, y menos del 20% y el 10% se incineran y reciclan, respectivamente ((OCDE), s.f.). Sin embargo, en los últimos años, la tendencia cambió a nivel europeo debido a la Directiva 2018/852, que indica que la prevención de residuos es la mejor manera de reducir su impacto. Además, anima a los Estados miembros a aplicar medidas para promover el uso de envases reutilizables y reciclar o valorizar de otro modo los residuos de envases (Directiva 2018/852, 2018). Actualmente, el 40,64% de los residuos de envases se reciclan y el 36,55% se incineran; pero todavía el 22,81% de los residuos se depositan en vertederos. España tiene una tasa de reciclaje de residuos de envases del 51,48%, mientras que la recuperación de energía es solo del 15,38%; aun así, un tercio de los residuos acabaron en vertederos (Eurostat, s.f.).



Figura 4. Ejemplo de envase utilizado en productos de detergencia.

Ante tal situación la Unión Europea ha aprobado medidas para migrar al diseño y producción de envases hacia productos reutilizables, reciclables y reparables. Estas medidas engloban desde el diseño de los envases, su producción, la recogida selectiva de los mismos hasta su reciclado. El objetivo es conseguir que en 2030 todos los envases de plástico comercializados en la UE se reutilicen o se reciclen de modo rentable.

El subsector de los detergentes, para lograr el objetivo marcado por la UE, ha estado trabajando para implantar nuevas tecnologías en varios aspectos. Por un lado, se ha hecho una inversión para conseguir compactar los productos lo cual se ha traducido en una tendencia de reducción de la cantidad total de material de embalaje utilizado, en 2021 se usó una media de 105,6 kg de material de embalaje por tonelada de producto fabricado y en 2022 se consiguió reducir dicha cantidad a 98,6 kg (AISE, 2023). Por otro lado, se han modificado el proceso productivo de los envases de plástico para aumentar la cantidad de plástico reutilizado usado como materia prima. Se ha conseguido pasar del 8,5% de materiales reciclados en la producción de envases en 2019 al 21,4% en 2022 (AISE, 2023). Este porcentaje puede seguir aumentando en los próximos años, para ello es necesario seguir trabajando en la cadena de los materiales reciclados ya que actualmente hay muchos retrasos en las entregas de estos a las empresas productoras.

Otro de los problemas en los cuales el sector de detergencia debe trabajar es en el consumo de agua porque es la materia prima mayoritaria de la mayoría de los productos que fabrica y actualmente se ha convertido en un recurso escaso por la situación de sequía que atraviesa el país. La cantidad de agua utilizada en el proceso de manufacturación se redujo considerablemente entre 2006 y 2014 cuando paso de 1,6 m³ por tonelada a 1,23 m³ (AISE, 2023), sin embargo, en los últimos 10 años el consumo se ha mantenido constante. Las empresas deben concienciarse de este problema e invertir tanto en I+D+i como en la mejora de los procesos de fabricación y limpieza de las instalaciones para hacer un uso eficaz del agua y, en la medida de lo posible, reducir el consumo.

En último lugar, al sector de la detergencia se le plantea a corto y largo plazo un reto en cuanto a la conservación de sus productos. La mayoría de los productos detergentes comercializados actualmente están compuestos principalmente por agua esto implica que es necesario un tratamiento de estos para su almacenamiento a fin de evitar la proliferación de bacterias, hongos o demás tipos de microorganismos. Para evitar el crecimiento de estos organismos se les añade en la fabricación de los detergentes un pequeño porcentaje de conservante. En 2019 los biocidas conservantes autorizados, según el Reglamento (UE) 528/2012, para uso en detergentes eran únicamente seis (Reglamento (UE) 528/2012, 2012), de los cuales varios no pueden utilizarse en muchas ocasiones por que interfieren con las propiedades fisicoquímicas del producto final. Además, se prevé que en el futuro cercano el uso de estos biocidas aún se restrinja más. En base a todo ello, la industria de

detergentes debe trabajar e invertir en I+D+i para hallar alternativas para la conservación de sus productos.

Por tanto, el sector cosmético y el sector de la detergencia son considerados relevantes dentro del sector de la industria química, especialmente tras la pandemia de COVID, en la que su presencia ha resultado determinante para la lucha contra el virus y la prevención de contagios. No obstante, el sector se enfrenta a diferentes retos con el fin de actualizar sus procesos de producción y productos finales con el fin de seguir creciendo y dar respuesta a las necesidades de la sociedad.

CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA

A continuación, se explicará la metodología seguida para realizar el presente TFG. En la Figura 5 se muestra un diagrama de bloques con las etapas de la metodología.

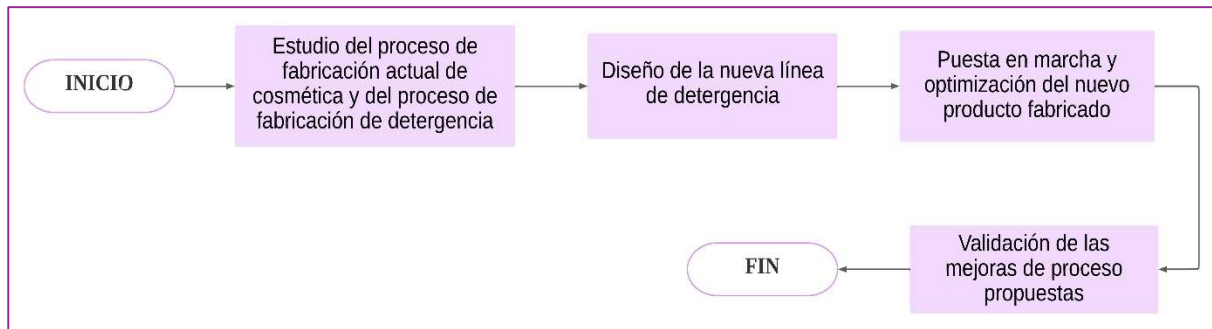


Figura 5. Diagrama de bloques etapas de la metodología.

A continuación se describen cada una de las etapas de la metodología.

4.1 Estudio del proceso de fabricación actual de cosmética y del proceso de fabricación de detergencia

Se describirá el proceso actual de fabricación de gel hidroalcohólico perteneciente a la línea de cosmética, y se elaborará el diagrama de bloques de este. Para recopilar la información necesaria se han realizado visitas a la instalación con el fin de determinar cada una de las etapas del proceso y se ha consultado la Instrucción de Trabajo de este producto proporcionada por la empresa. Simultáneamente se describirá las instalaciones que forman la actual línea de cosmética según su utilización en cada etapa del proceso de fabricación del gel hidroalcohólico.

Posteriormente, se describirá el proceso de fabricación del gel lavavajillas, producto de referencia para la adaptación de la línea objeto de estudio que ya se fabrica en otra de las líneas de la empresa. Para ello también se elaborará un diagrama de bloques donde se diferenciarán las diferentes etapas del proceso productivo. Simultáneamente, se describirán los equipos necesarios en cada etapa.

4.2 Diseño de la nueva línea de detergencia

Una vez definido el producto de referencia, gel lavavajillas, para realizar el estudio de adaptación de la línea de cosmética a detergencia y el proceso de fabricación del mismo se realiza el diseño de la nueva línea de detergencia. Para realizar esta tarea se marcan tres subetapas, son las siguientes:

- Estimación de la producción de gel lavavajillas
- Selección de los equipos para la nueva línea de detergencia
- Modificación de la distribución en planta

A continuación, se detallan la metodología seguida en cada una de las subetapas.

4.2.1 Estimación de producción de gel lavavajillas

Se estudiará si el volumen de producción previsto para el gel lavavajillas se adapta a la capacidad de los reactores de la línea de gel hidroalcohólico o por el contrario es más ventajoso mantenerlo en la línea de producción actual.

El primer paso es calcular el volumen de producción semanal de gel lavavajillas según las previsiones de venta, para ello se usa la ecuación 1:

$$V_{gl_semanal} = \frac{n_{gl} * V_b}{12 * 4} \quad (1)$$

Donde:

- $V_{gl_semanal}$ es el volumen de gel lavavajillas que se debe fabricar en una semana en L.
- n_{gl} es el número de botellas anuales a vender en unidades.
- V_b es el volumen de cada una de las botellas vendidas en L.

Seguidamente se comparará el tiempo necesario en la nueva línea de detergencia y en la actual línea de gel lavavajillas para cumplir con la producción semanal de este producto estimada. Para ello, se calcula el número de órdenes de fabricación necesarias tanto en la línea de gel lavavajillas como en la nueva línea de detergencia necesarias para cumplir con la producción semanal prevista. Se calcula según la ecuación 2:

$$n_{OF_semanal} = \frac{V_{gl_semanal}}{V_{reactor}} \quad (2)$$

Donde:

- $n_{OF_semanal}$ es el número de cargas a realizar semanales en unidades.
- $V_{reactor}$ es la capacidad máxima del reactor en L.

Paralelamente se recopilará información de las últimas producciones de gel lavavajillas en la actual línea sobre el tiempo de producción del granel. En cuanto a la línea objeto de estudio no se dispone de datos experimentales por lo que se realizará una estimación de tiempo de fabricación. La estimación se realiza en base a la composición del gel lavavajillas para saber la cantidad de cada materia prima a utilizar, el caudal de agua desionizada que llega a la instalación y del tiempo de realización de diversas acciones básicas del proceso productivo en minutos, estas son:

- D_{MP} , Dosificación de 1000 L de MMPP desde un IBC a reactor.
- DC_{IBC} , Desconexión/Conexión de la manguera a un IBC.
- t_{IBC} , Transporte logístico de un IBC.

Con todo ello se pasa al cálculo del tiempo necesario para realizar las diferentes etapas del proceso producción del gel lavavajillas. La dosificación de las diferentes materias primas se calcula a partir de la ecuación 3:

$$t_{DMP} = \frac{V_{MP}}{1000 L} * T_{IBC} + \frac{V_{MP}}{1000 L} * D_{MP} + \frac{V_{MP}}{1000 L} * DC_{IBC} \quad (3)$$

Donde:

- t_{DMP} es el tiempo total necesario para dosificar una materia prima en minutos.

- V_{MP} es el volumen de materia prima por dosificar en L.
- $V_{MP}/1000$ L indica el número de IBC de cada materia prima. Si la cantidad de materia prima es inferior a 1000 L siempre será 1 y para cantidades superiores a 1000 L se redondeará a la unidad superior.

Existen algunas materias primas, como por ejemplo el agua, que se dosifican directamente desde el tanque a los reactores. En estos casos la expresión utilizada para el cálculo del tiempo de su dosificación es la indicada en la ecuación 4:

$$t_{DMPM} = \frac{V_{MP}}{Q_d} \quad (4)$$

Donde:

- Q_d es el caudal de entrada a reactor configurado en L/minuto.

El trasvase de las disoluciones realizadas en depósitos exteriores a reactor también se calcula de forma teórica a partir de la siguiente ecuación:

$$t_{TDE} = \frac{V_D}{Q_{bombeado}} \quad (5)$$

Donde:

- V_D es el volumen de la disolución realizada en L.
- $Q_{bombeado}$ es el caudal de bombeo configurado en la bomba utilizada en L/ minuto.

Finalmente, se sumará el tiempo de todas las etapas que componen el proceso de fabricación del gel lavavajillas y se obtendrá la estimación del tiempo para la realización de una carga de este producto en la nueva línea de detergencia.

Conocidos los tiempos de fabricación de ambas líneas, actual de gel lavavajillas y nueva, se realizará una comparación de ambas y se escogerá aquella que conlleve menor tiempo de producción.

4.2.2 Selección de equipos para la nueva línea de detergencia

Para la adaptación de la nueva línea se inventarán los equipos necesarios en la zona de fabricación a partir del proceso de fabricación del gel lavavajillas anteriormente explicado, distinguiendo entre equipos ya instalados que se vayan a reutilizar y equipos a adquirir.

Según las etapas del proceso de fabricación del gel lavavajillas por un lado se describirán las características de los equipos a reutilizar comprobando que estas son adecuadas para la fabricación del gel lavavajillas. Por otro lado, en cuanto a los equipos de nueva adquisición se seleccionarán aquellos equipos cuyas características sean adecuadas para el proceso y priorizando aquellos utilizados anteriormente en otras líneas de la fábrica.

4.2.3. Modificaciones para la distribución en planta

En primer lugar, se analizará y describirá las modificaciones de obra civil necesarias para adaptar el espacio actual a la nueva línea de detergencia. Su ejecución la lleva a cabo el departamento de Arquitectura de la empresa y el resultado de las mismas se representará en los planos adjuntos.

Una vez la distribución del espacio sea definitiva, se recopilará la información sobre las dimensiones de los equipos adquiridos. A continuación, se estudiarán las diferentes opciones de

ubicación de los mismos y se escogerá aquella que permita colocarlos lo más próximo posible a los ya instalados para facilitar su posterior utilización. El resultado se representará en la distribución de planta propuesta.

4.3 Puesta en marcha y optimización del proceso de fabricación del gel lavavajillas

Una vez realizado el diseño de la nueva línea de detergencia se procederá a su puesta en marcha. Se llevarán a cabo varias fabricaciones de gel lavavajillas según el procedimiento actual y se realizará un seguimiento del mismo para mejorarlo de forma que se consiga un proceso de fabricación óptimo y un producto de la calidad exigida por el cliente.

4.3.1 Estudio de las problemáticas del proceso de fabricación del gel lavavajillas anteriores

Uno de los puntos clave para el arranque de la producción de gel lavavajillas en la nueva línea de fabricación es conocer problemáticas anteriores de este producto para así evitarlas en la línea objeto de estudio.

Para conocer la problemática anterior se consultarán informes internos de la empresa donde se recogieron los problemas relacionados con el gel lavavajillas y las soluciones a estos. También se harán consultas a los encargados del proceso de fabricación del gel lavavajillas inicialmente. Tras conocer las soluciones instauradas se comprobará que todas ellas se han tenido en cuenta en el diseño de la nueva línea de detergencia y por tanto que se evita la aparición de los mismos contratiempos en ella.

4.3.2 Análisis del proceso de fabricación inicial de gel lavavajillas

Se realizará la puesta en marcha de la nueva línea de detergencia con varias órdenes de fabricación de gel lavavajillas. Se realizará un seguimiento de las mismas para comprobar que los nuevos equipos instalados funcionan correctamente, que el gel lavavajillas final cumple con las especificaciones marcadas para el mismo y para detectar posibles puntos de mejora.

Asimismo, tras varias semanas en las cuales los operarios se habitúen al proceso de fabricación del gel lavavajillas se asistirá y efectuará un cronometraje de tiempos de producción para una fabricación de gel lavavajillas completa. Los datos obtenidos se presentarán en forma de diagrama analítico donde fácilmente se detectan los puntos críticos a mejorar del procedimiento.

Los diagramas analíticos representan la sucesión cronológica de actividades que se efectúan a una materia prima desde su llegada hasta la salida del producto terminado con elevado detalle al clasificar las actividades en los cinco tipos siguientes:

- Operación, aquellas actividades en las cuales la materia o producto se modifica. Se representa mediante un círculo.
- Inspección, aquellas actividades cuyo objetivo final es verificar la calidad o cantidad del producto. Se representa mediante un cuadrado.
- Transporte, engloba todos los cambios de lugar de los materiales, equipos y trabajadores siempre que no forme parte de una operación. Se representa mediante una flecha.
- Espera, sirve para indicar demoras en el proceso de fabricación. Se representa mediante una D.

- Almacenamiento, sirve para indicar el depósito del material o producto terminado en un almacén durante un determinado periodo. Se representa mediante un triángulo invertido.

Así mismo el diagrama analítico permite representar actividades combinadas que se ejecutan simultáneamente, para ello se combinan los símbolos de tales actividades como por ejemplo una operación con inspección simultánea se representa un círculo dentro de un cuadrado.

El diagrama analítico se realiza en una tabla donde se indica la descripción de la actividad, la cantidad, el tiempo, la distancia recorrida, el símbolo y puede incluir observaciones. La plantilla es la que se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Plantilla diagrama analítico.

Descripción	Cantidad	Tiempo (min)	Distancia (m)	Símbolo					Observaciones
				○	□	D	⇒	▽	

A continuación, se analizarán los diagramas analíticos obtenidos para detectar los puntos de mejora. Se distinguirá entre dos tipos de puntos de mejora:

- Pasos por eliminar, aquellas acciones que no aporten valor al proceso de fabricación
- Pasos por modificar, aquellas acciones que aporten valor al proceso de fabricación, pero exista la posibilidad de realizarlas de forma más eficiente

Tras clasificar las acciones, para poder modificar algunas de ellas sin que ello afecte al gel lavavajillas se realizan pruebas y comprobaciones en el laboratorio.

a) MODIFICAR AGITACIÓN

En este caso se tomará una muestra del patrón, se medirá su viscosidad y se tomará como referencia. La viscosidad se medirá utilizando un viscosímetro rotacional PCE-RVI 2. Los pasos por seguir son:

- 1º. Verter la muestra de gel lavavajillas en un vaso de precipitados de 100 mL.
- 2º. Ajustar el viscosímetro, se utiliza modo L3.
- 3º. Esperar el tiempo de análisis y anotar el valor de viscosidad obtenido.

Simultáneamente durante el proceso de fabricación del gel lavavajillas se tomarán muestras cada 10 minutos durante la etapa de agitación a modificar y se les medirá la viscosidad también. A continuación, se comparará la viscosidad y el aspecto de cada una de las muestras de gel lavavajillas con la muestra patrón.

El tiempo de agitación de esa etapa de agitación necesario aquel en el cual se consiga la viscosidad aproximada que la muestra patrón y en las siguientes muestras tomadas no haya variación significativa. Finalmente, se modificará el procedimiento de fabricación con el resultado obtenido.

b) MODIFICAR DOSIFICACIONES SIMULTÁNEAS

Para modificar el orden de dosificación de las materias primas, en primer lugar se consultará con el departamento de I+D+i la compatibilidad de las mismas. A partir de esta información se estudiarán las diferentes opciones de dosificación simultáneas existentes y se pasará a su comprobación en el laboratorio.

Para comprobar que la dosificación de varias materias primas simultáneas no afecta al gel lavavajillas se realizará en el laboratorio dos patrones siguiendo con el procedimiento de fabricación utilizado. Un patrón se hará dosificando las materias simultáneamente y el otro una detrás de la otra y se medirán las propiedades fisicoquímicas de ambos (pH, viscosidad y densidad).

Para medir el pH se verterá en un vaso de precipitado de 100 mL la muestras y luego se utilizará el pHmetro PH700 de la marca Apera.

Para medir la viscosidad se seguirá el procedimiento explicada en el apartado anterior.

Finalmente, para medir la densidad se utilizará un densímetro Nahita. Los pasos por seguir son:

- 1º. Tomar una muestra de gel lavavajillas en un vaso de precipitados.
- 2º. Introducir el vaso de precipitados con el gel lavavajillas en el limpiador ultrasónico durante 1 minuto para eliminar el posible aire ocluido.
- 3º. Atemperar la muestra de gel lavavajillas a 20 °C introduciendo la muestra en la nevera. Se va midiendo cada 2 ó 3 minutos la temperatura de la muestra con un termómetro hasta alcanzar la temperatura deseada.
- 4º. Introducir y enrasar el gel lavavajillas en una probeta de 250 mL.
- 5º. Introducir en la probeta con el gel lavavajillas el densímetro.
- 6º. Sacar el densímetro de la probeta y anotar el punto de corte del gel lavavajillas con la escala del mismo, ese valor es la densidad del producto.

A continuación, se compararán es aspecto y las propiedades de ambos patrones, si son iguales se confirmará que la dosificación simultanea no afecta al gel lavavajillas. Con la conclusión final se modificará el procedimiento de fabricación del gel lavavajillas.

c) AJUSTE DE MATERIA PRIMA

Ante propiedades fisicoquímicas como pH o viscosidad del gel lavavajillas fuera de especificaciones en el punto de control se realizará un seguimiento de las mismas en las últimas fabricaciones de gel lavavajillas con el fin de saber si es un hecho reiterado. De ser así se calculará la media de materia prima necesaria para el ajuste de dicha propiedad y se modificará la composición del gel lavavajillas para evitar ese ajuste.

4.3.3 Validación de las propuestas de mejora del proceso de fabricación del gel lavavajillas

Tras llevar a cabo las comprobaciones pertinentes en el laboratorio se modificará el proceso de fabricación del gel lavavajillas. Seguidamente, se realizarán varias fabricaciones de gel lavavajillas con el nuevo procedimiento.

Tras varias fabricaciones se volverá a asistir a una producción de gel lavavajillas completa y se cronometrarán los tiempos de fabricación empleados. La información recopilada se resumirá en un nuevo diagrama analítico y se comparará con el diagrama analítico obtenido del proceso de fabricación inicial para conocer si existe diferencia real con las mejoras aplicadas.

Además, se llevará a cabo un seguimiento de las propiedades fisicoquímicas (pH, viscosidad y densidad) del gel lavavajillas fabricado con el procedimiento mejorado. El pH, la viscosidad y la densidad se medirá según los procedimientos explicados en el apartado anterior. De esta forma se

podrá verificar que dichas propiedades no han sufrido cambios por la nueva forma de fabricación y que cumplen con las especificaciones marcadas para la fórmula que garantizan la calidad del producto final.

CAPÍTULO 5. RESULTADOS

En el siguiente capítulo se exponen los resultados obtenidos de las diferentes etapas del proceso de adaptación de la línea de cosmética a detergencia, especificadas previamente en la metodología del trabajo.

5.1. Estudio del proceso de fabricación actual de cosmética y del proceso de fabricación de detergencia

En primer lugar, se describirá el proceso de cosmética en la planta y los equipos utilizados actualmente en cada una de las etapas.

La línea de cosmética estudiada en el presente proyecto se controla mediante una aplicación software en modo semiautomático. Toda la instalación está conectada a una aplicación diseñada exclusivamente para esta línea que se comanda desde un equipo Windows situado en la propia zona de fabricación. La aplicación cuenta con una serie de comandos estipulados según las acciones realizadas comúnmente a la hora de fabricar los diferentes productos y a la hora de limpiar las instalaciones. Luego, en las instrucciones de trabajo se les indica a los operarios que comandos utilizar y las consignas que deben utilizar en cada uno como por ejemplo velocidad de funcionamiento de las bombas, valor de consigna de la cantidad materia a introducir o velocidad de agitación. Asimismo, la aplicación también muestra las alarmas para poder controlar los diferentes posibles errores que aparezcan en las instalaciones durante su utilización.

Por otro lado, la empresa trabaja con gran variedad de materias primas tanto en cosmética como en detergencia, estas se almacenan en IBC o bidones a excepción de las mayoritarias. Estos IBC se encuentran en el almacén de materia prima de la fábrica y al iniciar el proceso de fabricación de un producto se transportan hasta la zona de cargas los IBC de las sustancias necesarias.

5.1.1. Descripción del proceso de fabricación de gel hidroalcohólico en la línea de cosmética

Los productos de cosmética, según se indica en Reglamento (CE) 1223/2009 del Parlamento europeo y del Consejo, se deben fabricar cumpliendo con las Buenas Prácticas de Manufacturación (de ahora en adelante BPM) establecidas en la norma UNE-EN ISO 22716 (AENOR, 2008). Asimismo, en este tipo de productos la trazabilidad y el control tanto del procedimiento como sanitario durante todo el proceso, desde la recepción de las materias primas hasta la salida del producto terminado, es vital. Por todo ello la empresa aplica un estricto procedimiento de trabajo en la zona de cosmética. Además, la fabricación y el envasado de los productos cosméticos se lleva a cabo en salas blancas las cuales permiten una limpieza, desinfección y mantenimiento eficaz, así como minimizan el riesgo de contaminaciones cruzadas.

La línea objeto de estudio se diseñó para la fabricación de gel hidroalcohólico por necesidades de demanda debido a la pandemia de COVID-19. El gel hidroalcohólico es un producto cosmético por lo cual la línea se construyó en sala blanca y el proceso de trabajo en la misma se definió siguiendo las BMP como anteriormente se ha explicado.

El proceso de fabricación de este se inicia abriendo en el sistema ERP (siglas de Planificación de Recursos Empresariales) que usa la empresa, una Orden de Fabricación (a partir de ahora OF o PPS) donde aparecen para la cantidad total de producto a fabricar, la relación de materias primas (MP) y la cantidad a adicionar de cada una de ellas. A partir de ahí, el proceso de fabricación consta de una primera parte en la cual se lleva a cabo la pesada de las materias primas minoritarias en la sala de pesada (perfume, polímero y glicerina). Esta primera etapa es de vital importancia para conseguir la calidad buscada del producto final porque pequeñas desviaciones en las cantidades de estas pueden afectar mucho a las propiedades fisicoquímicas del producto final y hacer que no cumpla con las especificaciones marcadas para la fórmula. Para poder realizar este paso correctamente la sala de pesada está compuesta por básculas de precisión (hasta 2 kg) para los colorantes y básculas de 6, 30, 60 y 1500 kg. La variedad de básculas es tal porque cada una de ellas solo asegura precisión de pesada de un mínimo del 10% de su valor máximo por ejemplo en la báscula de 30 kg puede pesar materias primas en cantidades iguales o superiores a 3 kg o en la de 1500 kg en cantidades iguales o superiores a 150 kg. Una vez pesada las materias primas minoritarias se almacenan en cubos con tapa de acero inoxidable y se etiquetan para su posterior uso.

Al finalizar la pesada de todas las materias primas minoritarias se pasa a la fabricación del Granel (Lote completo) en los reactores. La línea de cosmética objeto de estudio está formada por dos reactores idénticos de 18 m³, denominados R1 y R2. La forma de trabajo en esta línea, como en el resto de las instalaciones de la empresa, es en paralelo, esto permite realizar la fabricación del producto en el segundo reactor mientras se está envasando la carga del primero. Los reactores son de acero AISI-316 dado que entre los materiales estándar para este tipo de equipos este material es el más inerte al contar con molibdeno en su composición.

Las materias primas mayoritarias son el etanol y el agua desionizada. La pesada de estas no es tan crítica por lo que se lleva a cabo directamente en la célula de carga del reactor, pero sigue la misma consigna de precisión que las básculas, es decir se deben realizar pesadas de como mínimo el 10% de la capacidad total del reactor.

En primer lugar, se añade el etanol, directamente al reactor desde los diferentes tanques de almacenamiento que dispone la empresa. Para poder realizar este tipo de dosificación directa los reactores cuentan con célula de carga.

Paralelamente se mezcla el polímero con agua y luego se introduce al reactor junto con el etanol. Para realizar esta mezcla se dispone de un depósito exterior fijo (de aquí en adelante PM1) de 2000 L de capacidad y que cuenta con célula de carga. La dosificación de agua al mismo es directa, y la dosificación del polímero se realiza por la boca de hombre. El polímero utilizado es un sólido fino volátil por eso se instaló una extracción localizada, que se muestra en la Figura 6.



Figura 6. Aspiración de polvos del depósito exterior PM1.

Para la mezcla del polímero con el agua, el depósito exterior cuenta con un agitador vertical con cuatro palas inclinadas con un motor de 0.55 kW de potencia, como se muestra en la Figura 7 y un disco dispersador de apoyo en el fondo del PM1 con un motor de 7.5 kW de potencia para conseguir un flujo turbulento, que permite mezclar productos de una viscosidad de hasta 10000 cPs.



Figura 7. Agitador vertical y de fondo depósito exterior PM1.

Tras la dosificación de la materia prima mayoritaria y la premezcla de polímero y agua al reactor se añaden las materias primas minoritarias prepesadas. Para la dosificación de estas sustancias existen dos opciones dependiendo de la cantidad por añadir. Si la cantidad es superior a 20 kg se dosifica a través de la entrada de minoritarios compuesta por una pequeña bomba neumática a la cual se conecta el IBC, bidón, depósitos intermedios, etc. que contenga la sustancia química a introducir y dos caminos con sus respectivas válvulas en cada reactor para líquidos. Si la cantidad es inferior o igual a 20 kg se adicionan a través de la boca de hombre en la parte superior del reactor, tal y como se muestra en la Figura 8. La misma boca de hombre tiene una mirilla para poder ver la evolución de la carga y comprobar variables como la adecuada agitación del producto.



Figura 8. Boca de hombre de los reactores.

Una vez dosificadas todas las materias primas se pasa a la etapa de agitación de la mezcla. Para realizar este paso adecuadamente los reactores cuentan con un agitador vertical tipo doble flujo con dos palas de diámetro 1,5 m conectados a un motor de 15 kW de potencia, como se muestra en la Figura 9.



Figura 9. Agitador vertical tipo doble flujo del reactor.

Además, para ayudar a esta mezcla también se cuenta con un disco dispersador de apoyo en el fondo del reactor con un motor de 22 kW de potencia, tal y como se muestra en la Figura 10, que genera un flujo turbulento para ayudar a la mezcla del producto. El conjunto de ambos agitadores resulta muy ventajoso y permite fabricar en estos reactores productos con una viscosidad de hasta 20000 cPs.



Figura 10. Agitador de fondo tipo disco dispersador del reactor.

Además del conjunto de agitadores se instalaron en los reactores cuatro deflectores fijos en cada uno para ayudar a la mezcla del producto, como se puede ver en la Figura 11. La necesidad de estos reside en evitar la formación de vórtice de forma que las partículas de las diferentes sustancias químicas chocan con los mismos lo que favorece el flujo turbulento.



Figura 11. Deflectores del reactor.

Tras el tiempo de agitación, se muestrea el producto tomando una muestra de la parte superior y otro de la inferior. Para poder extraer mezcla del fondo del reactor se dotó a estos de un tomamuestras, tal y como se ilustra en la Figura 12. A continuación, se realiza un control de parámetros fisicoquímicos (pH, viscosidad y temperatura) definidos en la especificación del producto por el área de formulación en el laboratorio de calidad. Si los parámetros medidos son correctos y cumple las especificaciones, el líquido es conforme para su envasado.

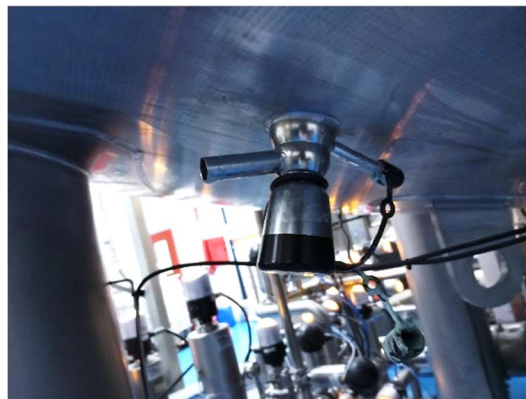


Figura 12. Toma muestras de los reactores.

Además del control de calidad final del granel durante todo el proceso productivo se lleva a cabo un control de la temperatura de la mezcla gracias a los sensores de temperatura instalados en los reactores. Asimismo, por cuestiones de seguridad, especialmente al trabajar con sustancias inflamables, se dotó a los reactores de sensores de presión electrónicos junto a una válvula de seguridad y sensores de nivel.

El proceso de fabricación del gel hidroalcohólico con las diferentes etapas que lo forman se resume en el siguiente diagrama de bloques, Figura 13.

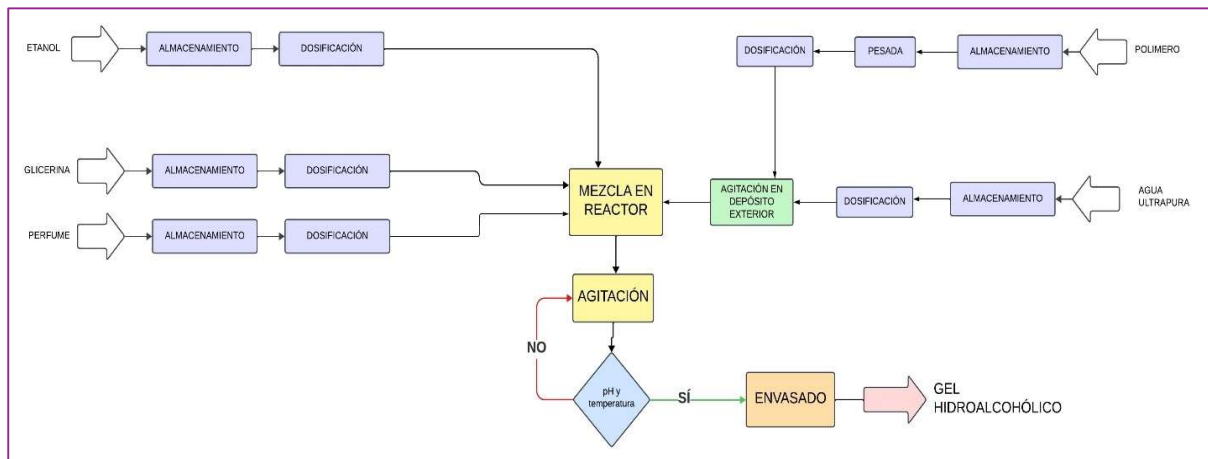


Figura 13. Diagrama de bloques del proceso de producción del gel hidroalcohólico.

Una vez finalizado el envasado del gel hidroalcohólico si no se va a fabricar otra carga en el mismo reactor se debe limpiar toda la instalación. El proceso de limpieza utilizado en todas las líneas de la empresa se basa en el sistema CIP (del inglés Clean in Place), para ello se diseñó un circuito de limpieza independiente con su propia bomba lo que agiliza el proceso ya que permite limpiar uno de los reactores mientras que se está fabricando en el otro y reduce el riesgo de contaminaciones cruzadas entre diferentes productos. Además del circuito de limpieza se instalaron en los reactores los siguientes accesorios:

- Dos bolas de limpieza a la misma altura, con ellas se consigue rociar los productos de limpieza por todo el interior del reactor, Figura 14.



Figura 14. Bolas de limpieza de los reactores.

- Un sistema de recirculación en cada reactor para conseguir aumentar el tiempo de contacto de la disolución de limpieza con la superficie de los reactores y para reducir la cantidad de disolución de limpieza necesaria.

El depósito exterior PM1 también se limpia tras el proceso de fabricación para evitar contaminaciones cruzadas, por ello se le instalaron los mismos accesorios que a los reactores. En otras palabras, se dotó al mismo de dos bolas de limpieza y un sistema de recirculación propio.

Finalmente, los tres equipos (R1, R2 y PM1), el circuito de limpieza y las diferentes tuberías de trasiego de líquidos se enlazaron a un colector de drenaje donde se recogen los diferentes restos de materia prima y disoluciones de limpieza para dejar toda la instalación completamente vacía cuando está parada.

5.1.2. Descripción del proceso de fabricación de gel lavavajillas en la línea de detergencia

Al plantear el cambio de la línea de cosmética a detergencia se debe seleccionar un producto para asignarlo a esta línea y que sirva de referencia para llevar a cabo la adaptación. Entre los diferentes productos detergentes ofertados por la empresa, el gel lavavajillas va a tener gran volumen de venta en el futuro más cercano por tanto se escoge como el principal candidato para esta nueva línea. A continuación, se explica el proceso de fabricación del gel lavavajillas y los equipos necesarios para ello.

Por acuerdos de confidencialidad con la empresa, los nombres de las materias primas se mostrarán codificados numéricamente a excepción del agua, colorantes, perfume y espesante.

El primer paso es introducir la mayor parte de la cantidad de agua necesaria para la fabricación a través de una entrada directa desde el tanque a reactor. De esta forma se consigue cubrir las diversas palas del agitador vertical del reactor para que luego no se quede el líquido a la altura de pala, lo que causaría espumas y que la mezcla no sea adecuada. Uno de los requisitos de la adaptación de la línea de cosmética a detergencia es utilizar los reactores, R1 y R2, ya instalados en la línea. Estos reactores no cuentan con entrada directa de agua porque hasta el momento únicamente se fabricaba en ellos era gel hidroalcohólico en el cual el agua no es una materia prima mayoritaria. Para poder fabricar en la nueva línea de detergencia gel lavavajillas es necesario añadir una entrada directa de agua desionizada a los reactores desde el circuito de agua. No es necesaria ninguna otra modificación adicional ya que los reactores sí que contaban con célula de carga anteriormente.

Paralelamente a la dosificación directa de agua en el reactor se realizan dos disoluciones en depósitos exteriores. Por un lado, se disuelve el colorante en una pequeña cantidad de agua desionizada para asegurar su correcta incorporación en el producto final. Para poder realizar este paso es necesario un depósito exterior fijo de poca capacidad pero que cuente con un agitador vertical, entrada directa de agua desionizada desde el circuito de agua, célula de carga y boca de hombre para adicionar los colorantes. La actual línea de cosmética no dispone de un equipo con estas características, luego será uno de los nuevos equipos a instalar en la adaptación de la línea.

Por otro lado, se lleva a cabo la predispersión del espesante en una base de tensoactivo con bajo porcentaje de agua en otro depósito exterior para que al introducirlo al reactor donde ya hay agua, su hidratación y homogenización resulte más fácil. En este caso, la línea objeto de estudio ya cuenta con un depósito exterior fijo (PM1) de gran capacidad, con agitación para productos viscosos y adaptado para dosificación de sólidos. Luego, se puede reutilizar el equipo disponible en la línea y solo habría que hacerle una modificación para añadirle una entrada de materia prima a través de una bomba y conexión a IBC.

Tras su preparación se deja ambas mezclas, colorante y dispersión de espesante, agitando en los depósitos exteriores. Mientras tanto, una vez finalizada la adicción del agua, se dosifican varias de las diferentes materias primas minoritarias (MP1, MP 2, MP 3, MP 4, MP 6, MP 7, MP 8 y perfume) que componen el producto a través de las entradas de aditivos. Para realizar estas dosificaciones, si la cantidad es superior a 150 kg es necesaria una plataforma de pesada con escala de hasta de 1500 kg y conjuntamente una tubería que una la entrada de aditivos del reactor con una bomba y la conexión a IBC (formato de almacenamiento de las MMPP). La precisión de pesada en fabricación de detergentes para estas sustancias son menos críticas en cuanto a pequeñas desviaciones, por lo que su pesada se hace directamente en el momento de introducción (no es necesaria una prepesada como en cosmética). Si son cantidades pequeñas, inferiores a 50 kg, se prepesan las materias primas durante el proceso de fabricación en cubos limpios y secos en básculas de minoritarios, 30 kg o de precisión y luego se adicionan por la boca de hombre de los reactores. En estos casos, pequeñas desviaciones en las pesadas sí que suponen grandes cambios en las propiedades de los semiterminados que pueden ocasionar el incumplimiento de las especificaciones del producto y por tanto que no se pudiese envasar y distribuir. Los equipos de pesada de menor escala son comunes para todas las líneas de detergencia, por lo que con la adaptación de la línea a detergencia no es necesario instalar nuevas básculas de minoritarios y precisión.

Al finalizar la dosificación de este conjunto de materias primas, se traspasan la disolución de colorante y la dispersión de espesante al reactor. Tras ello hay una etapa de agitación para la correcta hidratación e incorporación del espesante en el granel. Finalizado ese tiempo de agitación se toma una muestra que analiza el laboratorio de calidad visualmente para asegurar la correcta incorporación del espesante, si no se observan restos sólidos de espesante se pasa a la siguiente etapa del proceso de fabricación. En este paso el granel tiene una viscosidad elevada por ello los reactores deben contar con agitadores para productos viscosos. La línea de cosmética objeto de estudio ya cuenta con este tipo de agitadores ya que el gel hidroalcohólico fabricado hasta el momento en ella también era un producto con elevada viscosidad.

Simultáneamente a la etapa de agitación se prepara en un depósito exterior una disolución de una sal inorgánica (MP 9) para que su incorporación en el granel resulte más fácil. Para realizar esta disolución se introduce en un depósito exterior agua desionizada desde una entrada directa del circuito de agua de la fábrica y luego se añade la sal inorgánica por la boca de hombre. Tras la dosificación de ambas se deja agitando durante un determinado tiempo y se traspasa al reactor. El depósito exterior debe tener mismas características que el utilizado para la disolución de colorante, luego puede ser el mismo.

Una vez se confirma la correcta incorporación del espesante se dosifican el resto de las materias primas minoritarias (MP 10, MP 11, MP 12, MP 13, MP 14 y MP 15) a excepción de dos de las materias primas (MP 16 y MP 17). Estas necesitan unas condiciones de pH y temperatura determinadas por ello se realiza un control ambas propiedades y si son correctas se dosifican.

Finalmente se completa la carga con el agua restante, se hace como último paso para arrastrar los pequeños restos de materias primas que se han podido quedar en la entrada de aditivos y para asegurar que, en la siguiente fabricación en ese reactor, aunque sea del mismo producto, la primera materia prima que se introduzca sea agua. Tras ello se deja el tiempo y tipo de agitación necesarias. Después, se toma una muestra tanto de la parte inferior como superior del gel lavavajillas y se realiza un control de especificaciones para que cumpla con las propiedades fisicoquímicas (pH, viscosidad y temperatura) marcadas para el mismo. Si todas las propiedades son correctas se pasa a su envasado.

Estudio del proceso y propuestas de mejora para la adaptación de la línea de fabricación de cosmética a detergencia en una industria del sector químico.

De la etapa de envasado se encarga el departamento de Ingeniería de Procesos. Definen que el gel lavavajillas se envasará durante dos turnos diarios de 8 horas de lunes a viernes. La producción semanal se cumple en tres días, es decir en 48 horas, lo que se corresponde con seis turnos de trabajo. Por ello, la línea de envasado queda libre dos días a la semana para envasar otros productos detergentes lo cual aumenta el rendimiento de la línea. La evolución semanal de la producción de gel lavavajillas queda resumida en el siguiente diagrama de Gantt, Figura 15.

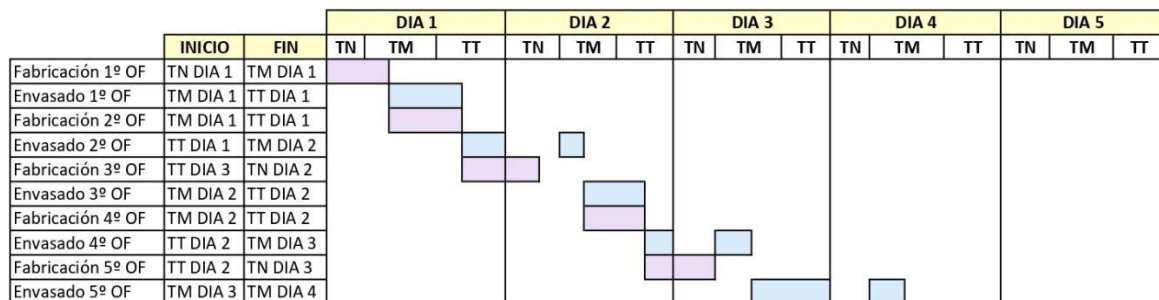


Figura 15. Diagrama de Gantt de la evolución semanal de la producción de gel lavavajillas en la nueva línea de detergencia.

A continuación, se resume el proceso de fabricación del gel lavavajillas con las diferentes etapas que lo componen en un diagrama de bloques, Figura 16.

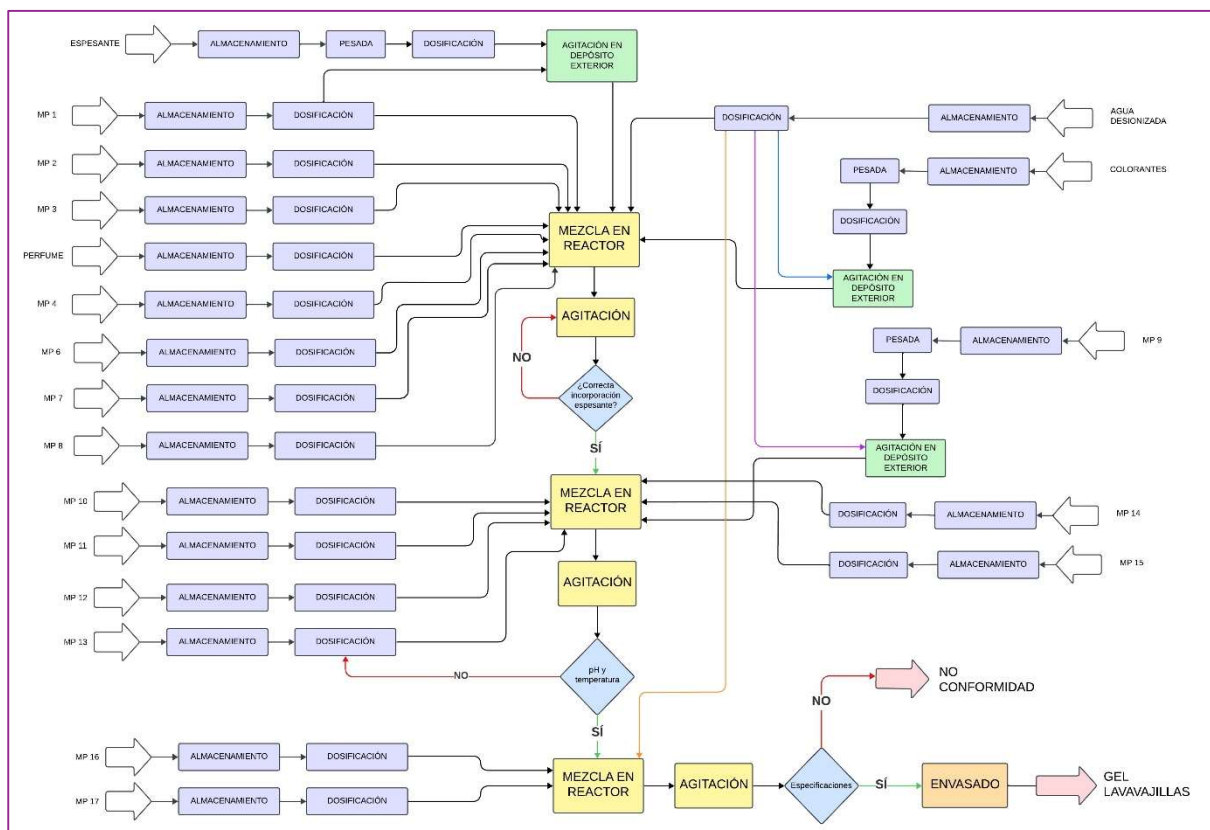


Figura 16. Diagrama de bloques proceso de fabricación del gel lavavajillas.

Por otro lado, a partir del proceso de fabricación del gel lavavajillas se determinan las necesidades en cuanto a equipos para la nueva línea de detergencia. Abreviadamente son las siguientes:

- Dos reactores para trabajar en paralelo con agitación para productos con alta viscosidad, entrada directa de agua desionizada y entrada de aditivos.
- Plataforma de pesada de 1500 kg con su respectiva bomba de impulsión y entrada a cada reactor.
- Un depósito exterior con capacidad mínima de 1500 L, agitación para sustancias con alta viscosidad y entrada de aditivos.
- Un depósito exterior de baja capacidad con agitación para mezclas acuosas.

5.2. Diseño de la nueva línea de detergencia

A partir del proceso de fabricación del gel lavavajillas, producto base para el diseño de la nueva línea de detergencia, se han conocido las necesidades en cuanto a equipamiento para la nueva línea. La siguiente etapa es el diseño de esta línea, y se tendrá en cuenta las necesidades en cuanto a espacio y mano de obra.

5.2.1. Estimación de la producción de gel lavavajillas

Para la estimación de la producción de gel lavavajillas en la nueva línea, se debe tener en cuenta la viabilidad de la producción con los equipos disponibles procedentes de la línea de gel hidroalcohólico. La empresa impone como requisito para este estudio que el cambio de la línea de cosmética a detergencia se realice utilizando en la mayor medida posible los equipos ya instalados. El estudio de viabilidad contempla el cálculo de las cargas necesarias para obtener la producción deseada y la estimación del tiempo de producción necesario si se utilizan dichos equipos.

A) Estimación del número de cargas en la nueva línea de fabricación con los equipos reutilizados

Por ello, el primer paso es analizar si el volumen de producción previsto para el gel lavavajillas se adapta a la capacidad de las instalaciones objeto de estudio. En el caso que no se adaptase se buscaría otro producto de referencia para la adaptación propuesta.

La empresa produce actualmente un volumen de gel lavavajillas de 30.000 L semanales en una línea de detergencia antigua que cuenta con dos reactores que trabajan en paralelo de capacidad 8.000 L. El volumen de producción previsto en el futuro próximo es de cinco millones de botellas de gel lavavajillas de 720 ml al año para uno de sus clientes. Esta cifra de negocio se traduce en que la producción del gel semanal debe ser de 75.000 L.

La nueva línea de fabricación reutilizará los reactores que están instalados actualmente en la línea de gel hidroalcohólico, los cuales, tal y como se ha comentado en el apartado anterior, tienen una capacidad de 18.000 L. Al pasar la producción de gel lavavajillas a la nueva línea de detergencia solo serían necesarias 5 cargas semanales para alcanzar la producción semanal prevista de 75.000 L. Sin embargo si la producción se mantuviese en la línea actual de fabricación serían necesarias 10 cargas semanales para poder cubrir los 75.000 L de producción semanal con reactores de capacidad 8.000 L. Por tanto parece factible producir el volumen deseado con los reactores procedentes de la línea de

gel hidroalcohólico anterior. No obstante se debe estimar el tiempo de producción para verificar que se puede realizar el número de cargas calculado con el régimen de funcionamiento actual de la planta.

B) Estimación de los tiempos de producción en la nueva línea de fabricación con los equipos reutilizados

Respecto al tiempo de producción, la línea actual precisa un tiempo por carga de 7 horas y 45 minutos. El tiempo de fabricación de la nueva línea se estimará analizando las etapas del proceso de fabricación del gel lavavajillas.

Para llevar a cabo la estimación del tiempo de fabricación del granel el primer paso es conocer su composición con el fin de saber la cantidad de cada materia prima y el número de materias primas que lleva una orden de fabricación. Asimismo, es necesario conocer el tiempo promedio de las acciones básicas que se llevan a cabo en las diferentes etapas del proceso. Estos se toman experimentalmente midiendo en la línea actual durante varias iteraciones las acciones en sí. En el caso de la **dosificación de MMPP** las acciones a realizar son:

- Transporte logístico de un IBC desde el almacén hasta el punto de dosificación: 6 minutos
- Conexión y desconexión de la manguera de un IBC: 3 minutos
- Dosificación de MMPP desde un IBC a reactor: 7 minutos por cada 1000 L de MMPP

A partir de estos datos, siguiendo la metodología explicada anteriormente se calcula el tiempo de cada etapa y el total del proceso. Todo ello queda recogido en la siguiente tabla, Tabla 2.

Tabla 2. Estimación tiempo proceso de fabricación gel lavavajillas en la nueva línea de detergencia.

ORDEN	ETAPA	TIEMPO (min)
1º	Dosificación directa de agua desionizada	10
2º	Preparación de la disolución de colorante	13
	a) Dosificación directa de agua desionizada	3
	b) Dosificación del colorante	10
	c) Agitación	10
3º	Preparación de la predispersión de espesante	33,1
	a) Dosificación MP1	18,5
	b) Dosificación espesante	13,6
	c) Agitación	20
4º	Trasvase de la disolución de colorante al reactor	8,4
5º	Trasvase de la predispersión de espesante al reactor	7,1
6º	Agitación para hidratación e incorporación del espesante	60
7º	Preparación de la disolución de sal inorgánica	25,4
	a) Dosificación directa de agua desionizada	11,1
	b) Dosificación de la sal inorgánica (MP 9)	14,3
	c) Agitación	15

Tabla 3 (Continuación). Estimación tiempo proceso de fabricación gel lavavajillas en la nueva línea de detergencia.

ORDEN	ETAPA	TIEMPO (min)
8º	Trasvase de la disolución de colorante al reactor	9,4
9º	Control de incorporación del espesante	12
10º	Dosificación a reactor MP 1	16,8
11º	Dosificación a reactor MP 2	13,2
12º	Dosificación a reactor MP 3	16,4
13º	Dosificación a reactor del perfume	15,1
14º	Dosificación a reactor MP 4	15,1
15º	Dosificación a reactor MP 6	95,8
16º	Dosificación a reactor MP 7	18,5
17º	Dosificación a reactor MP 8	16,6
18º	Dosificación a reactor MP 9	31,7
19º	Dosificación a reactor MP 10	16,7
20º	Dosificación a reactor MP 11	15,8
21º	Dosificación a reactor MP 12	13
22º	Dosificación a reactor MP 13	12
23º	Dosificación a reactor MP 14	18,5
24º	Dosificación a reactor MP 15	11,8
25º	Agitación	15
26º	Control de pH y temperatura	15
27º	Dosificación a reactor MP 16	17,2
28º	Dosificación a reactor MP 17	17,5
29º	Agitación	15
30º	Control de especificaciones del gel lavavajillas	15
TOTAL (min)		599,1

El resultado de dicha estimación es que la fabricación del gel lavavajillas en la línea objeto de estudio dura 599,1 minutos es decir 9 horas y 58 minutos. Dicho tiempo es superior al de la línea actual pero como el número de cargas es la mitad respecto del actual, el tiempo de producción global para alcanzar la producción semanal se reduce en proporción.

Por último, se compara la producción en la actual línea dedicada al gel lavavajillas y en la línea nueva. En la línea actual será necesario 77,2 horas de fabricación semanales para alcanzar el volumen de producción semanal previsto, en cambio en la nueva línea solo será necesario 49,93 horas para cumplir con la producción prevista, lo que supone una reducción del tiempo de producción en 27 horas y 16 minutos. A continuación, se presenta una tabla resumen de comparación entre ambas opciones, Tabla 4.

Tabla 4. Comparación producción gel lavavajillas línea actual y nueva línea de detergencia.

Volumen de producción actual	30.000 L/semana	
Volumen de producción previsto	75.000 L/semana	
Línea de producción	Actual de gel lavavajillas	Nueva de detergencia
Volumen de los reactores	8.000 L	18.000 L
Tiempo de fabricación gel lavavajillas	7 h y 45 min	9 h y 58 min
Número de cargas semanales necesarias	10	5
Tiempo semanal de producción gel lavavajillas previsto	77,5 horas	49,93 horas

C) Consideraciones adicionales

Dentro de la estimación de producción de gel lavavajillas un punto a tener en cuenta es la necesidad de mano de obra.

En la zona de fabricación del granel actualmente realiza el proceso un único operario que no está únicamente asignado a esta línea. Los trabajadores encargados de la fabricación siguen un horario de tres turnos y van cambiando de línea según las necesidades de producción en cada una de ellas. Sin embargo, tras la estimación de tiempos de fabricación en la nueva línea de detergencia hay un aumento del tiempo necesario para el aprovisionamiento de materias primas. El incremento del tiempo logístico se debe a la localización dentro de la fábrica de la línea objeto de estudio. El conjunto de líneas de detergencia está ubicado en una misma nave situada en frente del almacén de materias primas minoritarias de forma que la distancia que los operarios deben recorrer para aprovisionarse durante el proceso de fabricación de las sustancias químicas necesarias es la mínima posible. En cambio, la nueva línea de detergencia, como inicialmente se construyó para cosmética, está situada en otra nave por lo que la distancia que se debe recorrer con la caretila para proveerse de materia prima es mayor lo cual aumenta el tiempo de fabricación. La solución ante esta desventaja de la línea objeto de estudio es incorporar al proceso de fabricación del granel un segundo operario con el fin de llevar a cabo las acciones logísticas.

La incorporación de un nuevo operario al proceso de fabricación del granel de gel lavavajillas en la nueva línea de detergencia supone una desventaja frente a mantener la fabricación del gel lavavajillas en la línea actual porque aumenta el coste de mano de obra asociada al gel lavavajillas. Sin embargo, este aumento de coste es inferior al beneficio que aporta la reducción de tiempo de producción, explicado anteriormente, al realizar el cambio de línea del gel lavavajillas.

Por ello, se concluye finalmente trasladar la producción de gel lavavajillas a la línea de cosmética adaptada a detergencia debido al beneficio que supone reducir el tiempo de fabricación semanal del gel lavavajillas. Al alcanzar el volumen de producción semanal del gel en menor tiempo, el resto de los turnos semanales se puede utilizar para la fabricación de otros detergentes de forma que aumenta el rendimiento de la línea porque aumentan las ventas asociadas a dicha línea y se reducen los costes fijos de la misma como mantenimiento o energía. El requisito de asignación de un operario adicional supone un coste adicional pero se compensa con el beneficio que aporta la reducción de tiempo de producción.

5.3.2. Selección de equipos para la nueva línea de detergencia

Al analizar y estudiar el proceso de fabricación del gel lavavajillas se concretan las diferentes necesidades en cuanto a instalación, estas se resumen en la siguiente tabla, Tabla 5.

Tabla 5. Equipos para la adaptación de la línea de cosmética a detergencia.

	Reutilizar de la línea de cosmética	Adquisición
Reactores	X	
Agitación de los reactores para productos viscosos	X	
Entradas de agua desionizada		X
Plataformas de pesada de escala hasta 1500 kg para dosificación de materia prima		X
Depósito exterior de gran capacidad	X	
Agitación del depósito exterior de gran capacidad para productos viscosos	X	
Entrada a depósito exterior de gran capacidad para dosificación materia prima		X
Depósito exterior de pequeña capacidad		X
Agitación del depósito exterior de pequeña capacidad para disoluciones acuosas		X

A continuación, se explica en detalle los diferentes equipos seleccionados, bien reutilizados de la anterior línea de cosmética o bien adquiridos, finalmente para la nueva línea de detergencia.

REACTORES

a) Capacidad

Actualmente se dispone de dos reactores de gran capacidad, 18.000 L, en la previsión de producción ya se ha comprobado que el volumen de estos se adapta a las previsiones de fabricación de gel lavavajillas.

b) Agitación

Un punto clave en la fabricación de este producto es la agitación porque el gel lavavajillas contiene un 0,5% de espesante mientras que los productos de detergencia llevan aproximadamente un 0,22% normalmente, y un 0,3% de antiespumante cuando normalmente llevan un 0,01%. Esta composición hace que el proceso de fabricación del granel sea mucho más laborioso y largo porque al llevar tan poca cantidad de agua y mucho espesante su viscosidad es significativamente mayor a la de la mayoría de los productos de detergencia. En concreto este producto tiene un valor de entre 1000 y 1400 cPs cuando el resto tiene valores de en torno a 1 cPs como el agua.

Los reactores cuentan con una agitación suficiente para este producto porque tienen un agitador vertical con palas de doble flujo, como se ha explicado en el proceso de fabricación del gel hidroalcohólico, las cuales se usan entre otras aplicaciones para homogenizar dos líquidos miscibles, disolver sólidos en líquidos o para dispersar partículas finas en un líquido como es en el caso tratado.

Este tipo de palas, entre otros se caracterizan por tener una capacidad de bombeo media y un efecto cizalladura bajo por ello sirven para productos de alta viscosidad (Dynaflux).

Los reactores también cuentan con un disco dispersador en el fondo, detallado anteriormente en la descripción del proceso de fabricación del gel hidroalcohólico. Este se usa para generar emulsiones y para la suspensión de partículas gracias a flujos turbulentos que ayuda a la mezcla total del producto. El conjunto de ambos agitadores resulta muy ventajoso y permite fabricar en estos reactores productos con una viscosidad de hasta 20000 cPs por lo que se adaptan a la fabricación de gel lavavajillas.

Por tanto, la agitación con la que cuentan los reactores de la línea de gel hidroalcohólico que se quiere reutilizar son adecuados para el nuevo tipo de productos a fabricar.

c) Agua a utilizar

La tercera necesidad ligada a los reactores es la entrada directa de agua desionizada en los mismos porque el gel hidroalcohólico tiene como materia prima mayoritaria el etanol y el gel lavavajillas tiene como materia prima mayoritaria el agua. En detergencia se utiliza agua desionizada tratada y conservada mediante ozono y en continuo movimiento a través de una red con recirculación al depósito de cabecera principal que suministra a todas las líneas. Por tanto, será necesario instalar una nueva línea de suministro de agua desionizada a la línea de fabricación de gel lavavajillas. Dado que esta modificación supone un cambio sustancial que afecta a diversas zonas de la fábrica se encarga de ella el departamento de Ingeniería de Diseño.

DOSIFICACIÓN

Resueltas las necesidades directas de los reactores para la fabricación de gel lavavajillas se pasa a analizar las necesidades de dosificación de materias primas a los mismos. Anteriormente se ha explicado que las materias primas minoritarias de los productos de detergencia se pesan directamente en el momento de su introducción a los reactores y para ello es necesario disponer de plataformas de pesada con escala de hasta 1500 kg y una red directa de entrada a reactor. La actual línea de cosmética no cuenta con este tipo de equipos porque trabaja con prepesadas de materias prima minoritarias, por lo que consecuentemente se van a adquirir nuevos.

Teniendo en cuenta la composición del gel lavavajillas, se opta por instalar dos plataformas de pesada para agilizar el proceso. Al trabajar con dos plataformas se puede tener preparada la siguiente materia prima en la segunda mientras se está introduciendo otra materia prima por la primera o dosificar desde ambas simultáneamente. A la hora de elegir el modelo se escoge uno idéntico al utilizado en el resto de las líneas para que tanto su utilización como mantenimiento y reparación sea más sencillo.

Cada plataforma de pesada tiene su propia red de dosificación independiente que también se debe construir nueva. La red está formada por una manguera flexible para conectarla al IBC de materia prima, a una bomba, una tubería hasta el reactor y una válvula de entrada. Se eligen bombas de desplazamiento positivo con rotor excéntrico debido a que son las que tradicionalmente se han utilizado para las líneas de detergencia. Además:

- Se eligen bombas de desplazamiento positivo, tal como la que se muestra en Figura 17, en lugar de centrífugas porque sirven para un mayor rango de viscosidades, es decir permiten

impulsar tanto materias primas con bajo viscosidad como el agua como con alta viscosidad como tensoactivos.

- La ventaja de este tipo de bombas es que no presentan prácticamente retorno del fluido impulsado.

Entre los diferentes subtipos de bombas de desplazamiento positivo se elige las de rotor helicoidal, Figura 17, por dos motivos:

- En primer lugar, su diseño es el más higiénico dentro de los diferentes subtipos porque al introducir líquido a alta presión por la aspiración, con la bomba parada, el rotor y el estator se separan de forma que el producto de limpieza pasa entre ambas consiguiendo una limpieza eficaz de la bomba.

- En segundo lugar, el coeficiente de cizalladura de este tipo de bombas es muy bajo con lo que se obtiene mayor precisión en la cantidad impulsada, esto se traduce en una mayor calidad del producto final fabricado.



Figura 17. Bomba paso positivo aditivos reactor.

En cuanto a la adición de las materias primas minoritarias en pequeñas cantidades que se prepesan en cubos no es necesario realizar ninguna modificación porque los reactores ya cuentan con bocas de hombre por donde se pueden adicionar.

Por otro lado, resulta necesario modificar el depósito exterior PM 1 ya existente para añadirle una entrada de aditivos por donde dosificar los tensoactivos utilizados en la dispersión del espesante. El depósito ya cuenta con una bomba de paso positivo para realizar el trasiego de fluido desde el mismo hasta el reactor. La modificación consiste en añadir una tubería conectada a la impulsión de la bomba que la una con el depósito y una manguera flexible en la aspiración para conectarla a los IBCs de materia prima. En este caso no es necesario instalar una plataforma de pesada porque el depósito cuenta con célula de carga se puede controlar la cantidad de materia prima introducida con ella.

MEZCLADO

Para la fabricación del gel lavavajillas es necesario realizar una dispersión del espesante en un depósito exterior. En base a la composición del gel y el volumen fabricado cada orden de fabricación la dispersión es de 1300 L. Sin embargo, no es necesario instalar un nuevo equipo para ello porque la línea ya contaba con un depósito exterior (PM1) de 2000 L con agitador vertical con cuatro palas inclinadas que sirven para la suspensión y disolución de sustancias sólidas y líquidas gracias a flujos axiales que impiden el depósito de las partículas en el fondo del depósito. Además, cuenta con cuatro palas en lugar de dos por lo que se consigue mayor rendimiento de agitación y está instalado descentrado para evitar la rotación del producto. El depósito también cuenta con un disco dispersador

en el fondo que ayuda en suspensión del espesante. El conjunto de ambos permite tener en el depósito un flujo turbulento que sirve para mezclas de hasta 10000 cPs.

Además de la dispersión de espesante para la fabricación de gel lavavajillas es necesario realizar una disolución de colorante y otra de sal orgánica antes de dosificarlo al reactor. En la línea objeto de estudio no había ningún equipo que se pudiese adaptar para este fin entonces se añade un segundo depósito exterior (a partir de ahora PM2) de 300 L. Se opta por este tamaño porque en él solo se van a llevar pequeñas disoluciones de alguna materia prima con agua de hasta 250 L según la composición del gel lavavajillas y la capacidad de los reactores. Al solo realizarse en él estas mezclas simples únicamente se añade entrada directa de agua desionizada. De igual forma, al ser mezclas acuosas con viscosidades bajas y fáciles de mezclar y homogenizar se instala únicamente un agitador vertical de tipo hélice porque sirven para productos poco viscosos pero que necesitan trabajar a velocidad de rotación medias y altas.

De entre los posibles tipos de palas se opta por dos palas tipo hélice marina de 150 mm, Figura 18, con un motor de 3 kW de potencia a dos alturas porque generan un alto caudal de recirculación que permite obtener una mezcla en el menor tiempo posible. Entre sus aplicaciones más comunes se encuentra la mezcla de líquidos o la disolución de sólidos.



Figura 18. Agitador vertical tipo hélice marina.

Al depósito exterior PM 2 también se le añade una entrada de materias primas desde las plataformas de 1500 kg instaladas en la modificación. Esta entrada necesita de una bomba para impulsar las sustancias químicas, se escoge reutilizar la bomba neumática que tenía la entrada de aditivos a reactor anteriormente porque ahora las entradas a reactor cuentan con sus propias bombas y la bomba neumática quedaba en desuso y la impulsión a través de esta va a ser puntual.

El depósito PM 2 también debe limpiarse entre productos diferentes y para las desinfecciones periódicas por lo que se instalan dos bolas de limpieza a la misma altura, Figura 19, al igual que en el otro depósito exterior PM 1. El resto de la instalación de limpieza como por ejemplo la bomba de impulsión de las disoluciones de limpieza es compartida con el sistema de limpieza del resto de equipos. Asimismo se conecta al colector de drenaje común para toda la instalación para poder vaciar las tramadas de entrada y salida del depósito. El vaciado de la instalación es de vital importancia, especialmente para evitar que durante largos periodos de tiempo los equipos queden inundados de agua porque en ésta aparecen fácilmente bacterias y mohos que llevan a contaminaciones microbiológicas tanto de la instalación como del producto fabricado.



Figura 19. Bolas de limpieza depósito exterior PM2.

5.2.3. Modificación de la distribución en planta

La línea objeto de estudio se encuentra dentro de la sala blanca donde se ubican todas las líneas de cosmética de la empresa. La distribución de la misma se puede ver en el plano 1 del anexo, las zonas por modificar son aquellas de color rojo.

Al plantear el cambio a detergencia de la línea resulta necesario realizar obra civil para sacar tanto la zona de fabricación como la de envasado de la sala blanca porque no puede haber conexión con la zona de producción de cosméticos.

Al ubicar la línea objeto de estudio fuera de la sala blanca es necesario definir un nuevo flujo de materia primas sin pasar por la zona de cosmética. Entre las diversas opciones, se decide añadir una puerta rápida en la zona de fabricación de la nueva línea para poder entrar las IBCs de materias primas mediante carretilla a través de la misma. Esta modificación conlleva el traslado del cuadro eléctrico de la instalación.

El conjunto de modificaciones relacionadas con obra civil las lleva a cabo el departamento de Arquitectura de la empresa. El resultado de las mismas se aprecia gráficamente en los planos adjuntos en el anexo 2 en color azul.

Tras definir la obra civil necesaria para la adaptación de la línea de cosmética a detergencia se estudia la distribución en planta de los nuevos equipos adquiridos. Este paso se hace con el requisito de ubicar los nuevos equipos lo más próximos a los ya instalados para facilitar su posterior utilización.

Las medidas de los nuevos equipos a ubicar son las siguientes:

- Depósito exterior PM 2 tiene 0,75 m de diámetro y 2 m de alto
- Dos plataformas de pesada de 1,25 m x 1,25 m
- Dos bombas de paso positivo para la dosificación de materia prima a reactor de 1,6 m x 0,35 m

La modificación para añadir la entrada de aditivos al depósito exterior PM1 no lleva asociada nuevos equipos como tal, únicamente se añade una manguera flexible para conectar los IBCs de materia prima con la bomba de dosificación ya existente.

Con las medidas de los diferentes equipos se estudian las opciones disponibles, finalmente se opta por ubicarlos todos ellos bajo la escalera de acceso a la parte superior de los reactores. El resultado se representa en la distribución de planta adjunta, plano 3, en color verde se indican los nuevos equipos instalados.

Una vez se conoce la ubicación de los nuevos equipos se define el diagrama de flujo del proceso de fabricación del gel lavavajillas, este se adjunta en el anexo, plano 4. Especificar que se inicia con la dosificación de las materias primas porque el almacenamiento de las misma, a excepción del

agua, es en formatos móviles comunes para las diferentes líneas de la empresa como sacos, IBCs o bidones.

5.3. Puesta en marcha y optimización del proceso de fabricación del gel lavavajillas

Una vez se han llevado a cabo todas las modificaciones necesarias y se han instalado los nuevos equipos para la adaptación de la línea de cosmética de gel hidroalcohólico a detergencia comienza la puesta en marcha de la misma. Para ello se realizan varias órdenes de fabricación de gel lavavajillas según el procedimiento de fabricación previamente explicado y a partir del funcionamiento del mismo se efectúa un análisis para su mejora.

5.3.1. Problemáticas del proceso de fabricación del gel lavavajillas anteriores

El gel lavavajillas se fabricó en diversas líneas de detergencia de la empresa antes de la modificación de la línea objeto de estudio. Durante la producción en estas líneas surgieron diversos problemas que ya fueron solventados, a continuación, se detallan los mismo para intentar evitarlos en la nueva línea.

En primer lugar, en las primeras órdenes de fabricación de gel lavavajillas aparecieron restos sólidos en el producto al finalizar su fabricación y valores de viscosidad inferiores a los requeridos. Esto se debía a que no se conseguía una correcta mezcla del espesante en el gel lavavajillas. Tras su estudio se determinó que la causa de la no incorporación total del espesante era que el reactor utilizado no contaba con disco dispersador por lo que no se llegaba a emulsionar la mezcla. La solución fue cambiar de reactor para utilizar uno que contará con este equipo. Tras el cambio de instalación y la utilización del disco dispersador se consiguió la correcta incorporación del espesante y el valor de viscosidad del gel lavavajillas de acuerdo a las especificaciones. En la línea actual, este problema no debería plantearse dado que los reactores (R1 y R2) cuentan con un disco dispersador, según se ha explicado anteriormente.

En segundo lugar, se planteó el problema de que al incorporarse el colorante directamente por boca de hombre a granel, su mezcla no era homogénea, es decir había zonas con diferentes tonos y una parte precipitaba al fondo del reactor. Tras analizar las posibles causas se determinó que el colorante no se mezclaba uniformemente en la totalidad del granel por que el gel lavavajillas está compuesto por un bajo porcentaje de agua y el colorante se incorporaba posteriormente al espesante por lo que la viscosidad del producto ya era elevada en ese momento. La primera solución fue subir la potencia de agitación para mejorar la incorporación del colorante pero no funcionó. Tras barajar otras posibles soluciones se cambió el proceso de fabricación del gel lavavajillas, se probó a disolver el colorante en una pequeña cantidad de agua en un depósito exterior y luego introducirlo antes de la incorporación del espesante. Tras varias órdenes de fabricación utilizando el nuevo procedimiento se validó que con la disolución del colorante antes de su incorporación al granel se conseguía una mezcla homogénea en cuanto a color. Para no tener el mismo problema de incorporación del colorante en el gel lavavajillas en la nueva línea de detergencia se mantiene la disolución del colorante antes de su dosificación al reactor, como se ha explicado previamente.

Finalmente, se planteó el problema de que el porcentaje de antiespumante del gel lavavajillas era bajo lo cual causó problemas en su envasado y especialmente en las pruebas en lavavajillas por excesiva espuma. Inicialmente se estudió si la causa era la inclusión de aire durante el proceso de fabricación por realizar la agitación a elevada potencia, pero se descartó. Luego, la solución fue aumentar el porcentaje de antiespumante de la fórmula y de esta forma se puso fin a los problemas por espumas. La fórmula del gel lavavajillas no se modifica con el cambio del mismo a la nueva línea de detergencia por lo que no deben aparecer problemas por espumas en el proceso productivo del mismo.

5.3.2. Análisis del proceso de fabricación inicial de gel lavavajillas en la nueva línea de detergencia

Finalizada la adaptación de la línea de cosmética a detergencia se empieza a fabricar en la misma el gel lavavajillas. Este detergente está compuesto por una amplia variedad de tensoactivos porque sirve para eliminar restos de una gran variedad de productos orgánicos, antiespumante, espesante, perfume, colorantes, agua y enzimas. Debido a la gran variedad de materias primas que componen el gel lavavajillas el proceso de fabricación es más largo que el de restos de productos de detergencia. El trasiego de todas estas materias primas queda definido el diagrama de flujo anteriormente explicado, plano 4 .

Tras varias órdenes de fabricación de gel lavavajillas en la nueva línea de detergencia el proceso de fabricación del granel tiene una duración más larga al tiempo estimado anteriormente, la estimación era de 9 horas y 20 minutos y en la realidad está durando unas 13 horas y media. El mayor tiempo de fabricación del granel conlleva paros de líneas porque la velocidad de envasado del gel lavavajillas de uno de los reactores se realiza en menor tiempo que la fabricación de la siguiente orden de fabricación en el otro reactor por lo que el cambio de uno a otro no puede ser inmediato. Estas paradas de la línea por falta de granel hacen que el rendimiento de la línea resulte bajo e incluso pueden llevar al incumplimiento de la producción semanal marcada. El requerimiento en cuanto a tiempo de fabricación del gel lavavajillas es realizarlo en menos de 9 horas porque es el tiempo necesario para el envasado de la producción de cada reactor de gel lavavajillas. Para conseguir cumplir con este requisito se lleva a cabo un estudio y mejora del proceso de fabricación.

El primer paso es tomar los tiempos de proceso de fabricación del gel lavavajillas en la nueva línea de detergencia. Los resultados de esta toma de tiempos se representan en dos diagramas analíticos, uno para cada operario. El cursograma nos permite tener de forma resumida y conjunta toda la información recopilada durante la carga como por ejemplo la descripción detallada de las acciones que componen el proceso, el tiempo dedicado a cada una de ellas, la cantidad de materia prima utilizada o la distancia recorrida en cada acción. Asimismo permite anotar en cada acción observaciones de mejora que hayan ido surgiendo a lo largo del proceso.

Se distingue las labores de los dos trabajadores. Por una parte, el encargado de la fabricación del granel en si es el operario 1 (OP 1). Por otra parte, el encargado del aprovisionamiento de las diferentes materias primas necesarias es el operario 2 (OP 2).

A continuación, se presenta el resultado de la toma de tiempos de las acciones del proceso de fabricación llevadas a cabo por el operario 1, Figura 20 y Figura 21. En él están resaltadas aquellas acciones que se detectan como puntos de mejora, en rojo las que se pueden eliminar y en azul las que se van a poder modificar.

Estudio del proceso y propuestas de mejora para la adaptación de la línea de fabricación de cosmética a detergencia en una industria del sector químico.

CURSOGRAMA ANALÍTICO									
Proceso:	Fabricación gel lavavajillas, operario 1						Fecha:	11/01/2024	
Realizado por:	Lucía Monferrer								
Descripción	Cantidad (kg)	Tiempo (min)	Distancia (m)	Símbolo					Observaciones
				○	□	D	⇒	▽	
Dosificación agua desionizada		10		●					
Conexión IBC MP 1 a Premix 1		2		●			●		No tiene petaca en el puesto
Bombeo MP 1 a Premix 1	90	6		●			●		Fallo comando varias veces, no había abierto salida IBC
Cambio IBC MP 1 y conexión		5		●			●		
Bombeo IBC 2 MP 1 a P1	1050	7		●			●		
Desconexión IBC MP 1		2		●			●		
Arrastre con agua tramada adicción	50	1		●			●		
Espera siguiente MP		3					●		
Movimiento y conexión IBC MP 2 a bomba 1		4	10	●			●		También escanea para trazabilidad
Bombeo MP 2 a reactor	960	1		●			●		
Drenaje		1		●			●		Eliminar, es tirar MP
Desconexión IBC MP 2		1		●			●		
Movimiento y conexión IBC MP 3 a bomba 1		4	10	●			●		
Bombeo MP 3 a reactor	200	2		●			●		
Desconexión IBC MP 3		1		●			●		
Movimiento y conexión IBC MP 4 a bomba 1		4	10	●			●		
Bombeo MP 4 a reactor	100	1		●			●		
Adicción agua a Premix 2	200	1		●			●		Automatico pero revisa si Premix es Ok
Espera siguiente MP		8					●		Debe prepesar en báscula de precisión, zona de detergencia general
Adicción MP 5 a Premix 2		1		●			●		Por boca de hombre
Almuerzo		22					●		Aprovechar para 15 min agitación Premix 2 pero pasa de tiempo
Espera siguiente MP		9					●		OP2 no había anotado cual era la siguiente MP, debe venri a comprobarlo
Pesada en cubo 1 MP 6	9	3		●			●		Podría prepararse antes inicio ?
Adicción cubo 1 MP 6 a reactor	9	1		●			●		
Pesada en cubo 2 MP 6	10	1		●			●		Podría prepararse antes inicio ?
Adicción cubo 2 MP 6 a reactor	10	1		●			●		
Subir agitación del reactor		1		●			●		
Espera siguiente MP		2					●		
Conexión IBC 1 MP 7 a bomba 1		4		●			●		También escanea para trazabilidad
Bombeo IBC 1 MP 7	980	7		●			●		Mientras tanto coloca IBC 2
Conexión IBC 2 MP 7 a bomba 2		4		●			●		
Bombeo IBC 2 MP 7	1100	6		●			●		Mientras tanto cambia IBC 1 por 3
Conexión IBC 3 MP 7 a bomba 1		3		●			●		
Bombeo IBC 3 MP 7	970	5		●			●		
Conexión IBC 4 e IBC 5 de MP 7		6		●			●		Tiene que esperar llegada IBC 5
Bombeo IBC 4 y 5 MP 7	2050	8		●			●		Bombeo simultanea
Conexión IBC 6 e IBC 7 de MP 7		8		●			●		
Bombeo IBC 6 Y 7 MP 7	1980	6		●			●		Bombeo simultanea
Conexión IBC 8 de MP 7		33		●			●		Prioridad conexión IBC 8 a quitar IBC 7 vacío
Bombeo IBC 8 MP 7	920	10		●			●		El OP 2 no realiza movimiento IBC
Arrastre con agua tramada adicción	100	8		●			●		Error de una de las válvulas
Adicción garrafa 1 y 2 MP 8	60	5		●			●		
Agitación Reactor		5		●			●		Mientras va en busca de tijeras que necesita a continuación. Automático
Trasiego del Premix 2 a reactor		2		●			●		Automático
Limpieza resto Premix 2 con agua	150	5		●			●		
Trasiego de MP 1 del Premix 1 a reactor	50	1		●			●		Automático
Activar agitación Premix 1		1		●			●		
Movimiento sacos MP 9 a boca hombre Premix 1	100	4	10	●			●		
Adicción MP 9 al Premix 1	103	8		●			●		
Agitación Premix 1		9		●			●		Mientras recoge la zona, automático
Trasiego del Premix 1 al reactor		10		●			●		Mientras mueve IBC MP 1 para posterior uso. Automático
Bombeo MP 1 a Premix 1	300	11		●			●		Cambio de IBC entre medios
Trasiego del Premix 1 al reactor		2		●			●		Automático
Bombeo MP 1 a Premix 1	200	2		●			●		
Recirculación del Premix 1		2		●			●		IT marca 5 min, el Premix 1 queda con restos. Automático

Figura 20. Diagrama analítico proceso inicial fabricación gel lavavajillas operario 1.

Estudio del proceso y propuestas de mejora para la adaptación de la línea de fabricación de cosmética a detergencia en una industria del sector químico.

Descripción	Cantidad (kg)	Tiempo (min)	Distancia (m)	Símbolo					Observaciones
				○	□	◇	⇌	▽	
Drenaje		5		●					
Trasiego del Premix 1 al reactor		1		●					
Adición agua al Premix 1	100	1		●					Automático
Trasiego del Premix 1 al reactor		4		●					Automático
Agitación reactor para incorporación Premix 1		60		●					Necesario tanto tiempo?
Adición agua al Premix 2	250	4		●					
Movimiento sacos MP 10 a boca hombre Premix 2		2	10	●					
Adición MP 10 al Premix 2	41	2		●					
Agitación Premix 2		15		●					Tiempo mínimo, si no se puede adicionar a su fin se deja hasta ese momento agitando
Toma muestra del reactor		2		●					
Control de aspecto de la carga en el laboratorio de calidad		5		●					
Conexión IBC 1 y 2 de MP 11 a bomba 1 y 2		11		●					Falta petaca y pasadores para la conexión
Bombeo IBC 1 MP 11 a reactor	980	4		●					
Bombeo IBC 2 MP 11 a reactor	1100	7		●					
Bombeo IBC 3 MP 11 a reactor	960	10		●					El movimiento de IBC 1 por 3 lo hace el OP 2
Bombeo IBC 4 MP 11 a reactor	890	10		●					El movimiento de IBC 2 por 4 lo hace el OP 2
Bombeo IBC 5 MP 11 a reactor	470	16		●					Desconexión y movimiento IBC 4 antes que IBC 5. Revisar prioridades.
Espera siguiente MP		3		●					
Conexión IBC 1 de MP 12 a bomba 1		5		●					Mueve IBC 5 MP 11 vacío. Porque no lo ha hecho mientras esperaba?
Bombeo IBC 1 MP 12 a reactor	240	1		●					
Conexión IBC 2 MP 12 a bomba 1		2		●					El OP 1 se lleva IBC 1 vacío pero no coloca IBC 2
Bombeo IBC 2 MP 12 a reactor	110	1		●					
Espera siguiente MP		7		●					
Conexión IBC 3 de MP 12 a bomba 1		3		●					
Bombeo IBC 3 MP 12 a reactor	150	2		●					
Arrastre con agua tramada adición		27		●					Problema con una de las válvulas
Bombeo MP 13 a reactor	270	3		●					
Arrastre con agua tramada adición	50	14		●					Problema con una de las válvulas
Trasiego del Premix 2 al reactor		4		●					
Limpieza resto Premix 2 con agua	200	5		●					
Bombeo IBC 1 y 2 de MP 14 a reactor	1400	2		●					Usando ambas bombas simultaneamente
Arrastre con agua tramada adición	150	10		●					Ambas basculas
Conexión IBC MP 15 a bomba 1		7		●					Cambio de IBC porque no tenemos petaca adecuada
Bombeo MP 15 a reactor	240	2		●					
Arrastre con agua tramada adición	200	8		●					Problemas con una de las válvulas
Toma muestra del reactor		2		●					
Control de pH y temperatura en el laboratorio de calidad		18		●					El pH es más alto al marcado para este punto de la carga
Adición por boca de hombre MP 13 a reactor para ajustar pH	25	6		●					
Agitación reactor		5		●					
Toma muestra del reactor		3		●					
Control de pH y temperatura en el laboratorio de calidad tras ajuste		5		●					pH según especificaciones para este control
Conexión IBC 1 MP 16 a bomba 1		5		●					
Bombeo IBC 1 MP 16 a reactor	140	2		●					
Conexión IBC 2 MP 16 a bomba 1		4		●					
Bombeo INC 2 MP 16 a reactor	180	2		●					
Arrastre con agua tramada adición	100	4		●					
Bombeo MP 17 a reactor	360	3		●					
Arrastre agua completar carga	1005	10		●					
Agitación final		20		●					
Toma muestra del reactor		3		●					
Control especificaciones finales en el laboratorio de calidad		15		●					Cumple con todas, FIN CARGA
TOTAL	21240	652							

Figura 21 (continuación). Diagrama analítico proceso inicial fabricación gel lavavajillas operario 1.

Seguidamente, se presenta el cursograma analítico con el desglose de las diferentes acciones llevadas a cabo por el operario 2, Figura 22. Al igual que para el operario 1, están resaltadas aquellas acciones que se detectan como puntos de mejora, en rojo las que se pueden eliminar y en azul las que se van a poder modificar.

Estudio del proceso y propuestas de mejora para la adaptación de la línea de fabricación de cosmética a detergencia en una industria del sector químico.

CURSOGRAMA ANALÍTICO									
Proceso:	Lucía Monferrer							Fecha:	11/01/2024
Realizado por:	Lucía Monferrer							Fecha:	11/01/2024
Descripción	Cantidad (kg)	Tiempo (min)	Distancia* (m)	Símbolo					Observaciones
				○	□	D	⇨	▽	
Traer IBC 1 MP 1		5	75				●		
Colocación IBC 1 MP 1 en punto bombeo Premix 1		1	5				●		
Traer IBC 2 MP 1 + llevarse IBC vacío		5	75				●		Está bloqueado, se lo lleva
Trae IBC MP 2		10	75				●		
Trae Ibc MP 3		6	75				●		
Trae IBC MP 4		5	75				●		
Prepesa MP 5 zona detergencia y trae		17	75	●			●		
Almuerzo		34					●		Excede el tiempo, 15 min
Trae MP 6		5	75				●		
Tiempo muerto, mirando OP1		5					●		Eliminar, es tirar MP
Trae IBC 1 MP 7		7	75				●		Prioriza llevarse IBC vacíos a colocar los que faltan por bombear Definir prioridades
Trae IBC 2 MP 7		7	75				●		
Trae IBC 3 MP 7		3	75				●		
Trae IBC 4 MP 7		5	75				●		
Trae IBC 5 MP 7		2	75				●		
Trae IBC 6 MP 7		5	75				●		
Trae IBC 7 MP 7		5	75				●		
Trae IBC 8 MP 7		8	75				●		
Trae Garrafas MP 8		1	75				●		
Se lleva IBC vacío		4	75				●		Podría escanear MP 8 ?
Mueve IBC 8 MP 7 vacío		9	10				●		Resulta un tiempo muerto
Trae MP 9		11	75				●		Aprovecha y se lleva IBC vacío
Trae MP 10		7	75				●		Mira documentación haciendo tiempo
Trae IBC 1 MP 11		6	75				●		
Coloca en báscula 1 IBC 1 MP 11		4	10				●		
Trae IBC 2 MP 11		8	75				●		
Trae otro IBC MP1, uso posterior		3	75				●		
Trae IBC 3, 4 y 5 MP 11 a zona		17	75				●		
Tiempo muerto		12					●		
Recarga gas carretilla		24		●			●		
Acompaña al OP1 al laboratorio de calidad para bajar muestra		9		●			●		No es necesario dos operarios para llevar una muestra, luego no vuelve con el OP1. Dónde va?
Cambia IBC 1 por IBC 3 de MP 11		4	10				●		Porque no cambia IBC 2 por 4 que ya está vacío
Tiempo muerto		4					●		
Cambia IBC 2 por IBC 4 de MP 11		4	10				●		
Tiempo muerto		4					●		
Cambia IBC 3 por IBC 5 de MP 11		1	10				●		
Trae IBC 1 MP 12		9	75				●		Aprovecha y quita el IBC 4 de MP 11 vacío
Trae IBC 2 MP 12		6	75				●		
Coloca IBC 2 MP 12 en báscula		1	10				●		Aprovecha y se lleva el IBC 1 MP 12
Trae IBC 3 MP 12		7	75				●		Causa espera
Trae IBC MP 13		5	75				●		
Cambia IBC 3 MP 12 por IBC MP 13		5	10				●		
Trae y coloca IBC 1 MP 14		18	85				●		Tiempo excesivo
Trae IBC 2 MP 14		13	75				●		Tiempo excesivo
Trae IBC 1 MP 15		12	75				●		Tiempo excesivo
Coloca IBC 2 MP 14 en báscula		2	10				●		Porque trae antes MP 15 que coloca 14?
Trae IBC 2 MP 15		6	75				●		
Trae IBC 3 MP 15		9	75				●		
Movimiento IBC		25	10				●		???
Toma muestra		5		●			●		
Tiempo muerto		19					●		
Movimiento IBC para ajuste Ph		6	10				●		
Trae IBC 1 MP 16		9	75				●		
Trae IBC 2 MP 16		3	75				●		
Cambia IBC 1 por IBC 2 MP 16		4	10				●		
Trae IBC MP 17		3	75				●		
Coloca IBC MP 17 en báscula		3	10				●		
Devuelve MP'ss		8	75				●		
Tiempo muerto hasta fin carga		60					●		Porque no prepara siguiente carga o se va a detergencia a otra fabricación?
TOTAL		505	2835						

*La distancia recorrida para traer cada IBC no se puede considerar como un valor determinando ya que cambia constantemente la posición de los mismos. Se toma como valor medio la distancia entre la línea objeto de estudio y el almacén de materia prima.

Figura 22. Diagrama analítico proceso inicial de fabricación gel lavavajillas Operario 2.

Recopilada la información sobre el proceso de fabricación de ambos operarios se analiza la misma. De este análisis se concluye que existen varios puntos de mejora en la fabricación del gel lavavajillas, existen pasos innecesarios que se pueden eliminar y otros que se pueden modificar para que el proceso sea más eficaz y la calidad final del gel lavavajillas sea mayor. A continuación, se explican detalladamente los puntos de mejora.

PASOS A ELIMINAR

En primer lugar, se eliminan los drenajes de materia prima, estos son comandos utilizados en el proceso de limpieza de las instalaciones para dejar las tramadas vacías durante los paros, sin embargo, no aportan valor durante el proceso de fabricación. Es más, al realizar drenajes durante la fabricación del gel lavavajillas se desperdicia materia prima ya que al ir al colector de drenaje pasa a tratarse como un residuo.

La segunda acción que se propone eliminar es la recirculación de la dispersión de espesante en el depósito exterior PM1. La recirculación sirve para ayudar a homogenizar las mezclas de sustancias químicas cuando la agitación no es suficiente, pero, como el depósito utilizado ya cuenta con agitación vertical y de fondo, resulta innecesaria. Al eliminar este paso se evita perder cierta cantidad de mezcla que queda en la tramada de recirculación y se facilita la limpieza de la instalación al tener menos partes de la misma con restos de producto.

PASOS POR MODIFICAR

En primer lugar, a largo del proceso de fabricación ha habido diversas esperas de materia prima durante las cuales el operario 1 no estaba llevando a cabo ningún paso. Por ello, se deben marcar las prioridades y orden de abastecimiento de materias primas al operario logístico para que la dosificación de materias primas sea lo más fluida posible.


En la misma línea se deben definir todas aquellas relacionadas con el movimiento de los IBC de materias primas dentro de la zona de fabricación. Una vez el operario 2 (logístico) trae una materia prima con la carretilla, en la mayoría de los casos, es el operario 1 quien la coloca en el punto de dosificación. Este hecho supone un retraso en la fabricación, ya que el tiempo que dedica al movimiento de los IBC el trabajador 1 es tiempo que no se está continuando con el proceso de fabricación. Para agilizar también el proceso de conexión de los IBCs se va a hacer una revisión de accesorios como petacas, acoples o tijeras para aprovisionar la línea con todos aquellos útiles necesarios en el uso rutinario.

En relación con esta mejora, se detecta que el aprovisionamiento de algunas materias primas es superior al del resto. Se estudia la causa del mayor tiempo de transporte y se determina que se debe principalmente a que según las propiedades de las sustancias químicas el rango de temperatura adecuado para su almacenamiento varía y algunas se almacenan en salas especiales. El almacén de materias primas cuenta con dos salas calefactadas, una sala refrigerada y un armario calefactado para estos casos. Para solucionarlo se modifican las instrucciones dadas al operario 2 indicándole aquellas materias primas que estén en una ubicación especial.

En segundo lugar, se puede mejorar la agitación necesaria para la incorporación de la dispersión del espesante en el granel. Actualmente, tras traspasar la mezcla de tensoactivo y espesante al reactor desde el depósito exterior se deja una hora de agitación a alta velocidad para que el espesante se incorpore e hidrate correctamente. Una opción es estudiar, ya que los reactores permiten aumentar la potencia de agitación, si la incorporación del espesante se puede llevar a cabo en menor tiempo.

Para modificar la agitación de la incorporación del espesante en el gel lavavajillas se realiza una prueba durante el proceso de fabricación del mismo. El laboratorio de calidad dispone de una muestra de referencia para confirmar la correcta incorporación del espesante en el granel, luego se mide la viscosidad de la misma. Paralelamente se extraen muestras cada 10 minutos durante la etapa de agitación del espesante y también se les mide la viscosidad. A continuación se muestran los resultados obtenidos, Tabla 6.

Tabla 6. Evolución temporal incorporación espesante en el gel lavavajillas.

Muestra	Referencia	10 min	20 min	30 min	40 min	50 min	60 min
Viscosidad (cPs)	3205	1856	2734	3204	3204	3204	3205
Aspecto		No ok, restos sólidos de espesante	No ok, restos sólidos de espesante	Ok	Ok	Ok	Ok

Al comparar los datos obtenidos en cuanto a viscosidad y aspecto de las diversas muestras es posible concluir que la incorporación del espesante al haber aumentado la agitación del producto se alcanza a los 30 minutos. Se escoge este tiempo porque es la primera muestra con el mismo aspecto y viscosidad aproximada a la de referencia y porque no existe diferencia con las siguientes muestras. Con ello se modifica el proceso de fabricación reduciendo la etapa de agitación de espesante a 30 minutos.

En la misma línea, otra hipótesis de estudio que se plantea es si durante la hidratación del espesante es posible añadir alguna de las siguientes materias primas sin que esto modifique las propiedades fisicoquímicas, concretamente la viscosidad, deseada del producto fabricado. Para llevar a cabo esta modificación en primer lugar, se consultan las compatibilidades de las materias primas al departamento de I+D+i, que confirma que existe la posibilidad de adicionar la disolución de sal orgánica durante la incorporación del espesante sin que esta modifique el granel. A continuación, se realiza una simulación en el laboratorio del proceso de fabricación del gel lavavajillas. La simulación 1 consiste en la incorporación de espesante introduciendo durante la agitación del mismo la disolución de sal orgánica y la simulación 2 consiste en la dosificación de la disolución de sal orgánica posteriormente a la agitación del espesante. Con el proceso acabado se miden las propiedades fisicoquímicas de ambos (pH, viscosidad y densidad), los resultados se presentan a continuación, Tabla 7.

Tabla 7. Propiedades fisicoquímicas finales gel lavavajillas modificando paso adicción sal orgánica.

	Patrón procedimiento actual	Patrón procedimiento modificado	Especificaciones
pH	9,20	9,15	8,70-9,20
Viscosidad (cPs)	1307	1274	1000-1400
Densidad (g/mL)	1,19	1,20	1,18-1,21
Aspecto	OK Aceptado	OK Aceptado	Comparación patrón

Analizando los resultados obtenidos se confirma que en ambos casos se cumplen con los valores de especificaciones marcados y que la modificación del orden de adición no afecta a los mismos. Por lo tanto, se puede confirmar la introducción de la disolución de sal orgánica durante el tiempo de agitación del espesante y se modifica el procedimiento de fabricación.

El último punto de mejora del proceso de fabricación lo encontramos en el segundo control del proceso de fabricación del gel lavavajillas. Antes de la introducción de la MP 16 y 17 se realiza un control de pH y temperatura para validar que son las adecuadas para la introducción de estas materias primas. En la fabricación de gel lavavajillas en la cual se tomaron los tiempos del proceso, el pH estaba fuera de especificación en este paso de control por lo que hubo que ajustarlo para poder finalizar la fabricación. Por ello se plantea un seguimiento del pH en este punto del proceso de fabricación para determinar si es un hecho reiterado. De serlo se llevaría a cabo un ajuste de composición de la fórmula para cumplir con las especificaciones de producto sin necesidad de ajustes. Los datos obtenidos de las últimas ordenes de fabricación de gel lavavajillas en este punto de control son los siguientes, Tabla 8.

Tabla 8. Evolución pH paso intermedio del proceso de gel lavavajillas.

Fecha fabricación	20/01/24	11/01/24	27/12/23	19/12/23	10/12/23	28/11/23
pH en el punto de control	9,18	9,17	9,15	9,20	9,10	9,25
Cantidad MP 13 ajuste (kg)	25,00	25,00	24,50	26,50	24,00	27,50
pH tras ajuste	8,95	9,00	8,90	8,85	8,90	9,00

Es posible apreciar que en todas las cargas llevadas a cabo el pH en el punto de control es superior al marcado por lo que se debe de ajustar para poder introducir las ultimas materias primas sin que se inhiban. Además, se comprueba que la cantidad de ajuste a adicionar es muy similar en todos los casos, una media de 25,4 kg. A partir de esta información se aumenta en 25 kg la cantidad de MP 13 para conseguir desde un inicio el pH deseado y evitar ajustes posteriores que deterioran la calidad del producto y hacen más arduo y costoso el proceso de fabricación.

5.3.3. Verificación de las propuestas de mejora del proceso de fabricación del gel lavavajillas inicial

Tras el análisis del proceso de fabricación del gel lavavajillas utilizado en la puesta en funcionamiento de la línea se encuentran varios puntos de mejora del proceso de fabricación que afectan al mismo y a las propiedades del producto. Los cambios aplicados han sido:

- Reorganizar el orden de aprovisionamiento de las materias primas y su punto de entrega
- Reducir el tiempo de agitación para la incorporación del espesante aumentando la potencia de los agitadores
- Introducir la disolución de sal orgánica durante el tiempo de agitación del espesante
- Modificar la composición del producto para cumplir con las especificaciones marcadas con la formula sin necesidad de ajuste

Con los cambios determinados se modifica la instrucción de trabajo y se pone a disposición de los operarios para que la lean detalladamente y solucionar cualquier posible duda. Luego, se pasa a su uso en la línea de detergencia durante varias fabricaciones de gel lavavajillas para que los operarios se habitúen a los cambios llevados a cabo. Tras varias semanas, se asiste a un proceso de fabricación

Estudio del proceso y propuestas de mejora para la adaptación de la línea de fabricación de cosmética a detergencia en una industria del sector químico.

completo para volver a tomar tiempos y analizar críticamente si las mejoras han resultado beneficiosas. El resultado de la toma de tiempos para cada uno de los operarios se muestra a continuación, Figura 23, Figura 24 y Figura 25.

CURSOGRAMA ANALÍTICO										
Proceso::	Fabricación mejorada gel lavavajillas, operario 1									
Realizado por:	Lucía Monferrer							Fecha:	04/04/2024	
Descripción	Cantidad (kg)	Tiempo (min)	Distancia (m)	Símbolo					Observaciones	
				○	□	D	⇨	▽		
Dosificación agua desionizada	5000	8		●						
Bombeo MP 1 a Premix 1	900	10		●					Está parado. Puede iniciar disolución colorante??	
Desconexión IBC MP1		2		●						
Bombeo MP 1 de Premix 1 a reactor	50	2		●						
Conexión IBC MP 2		0		●						
Bombeo MP 2 a reactor	960	6		●					Se equivoca de bomba, cambio comando. Tras un poco acaba conectando el siguiente IBC	
Desconexión IBC a bomba		1		●					También escanea para trazabilidad	
Conexión IBC MP 3		1		●						
Bombeo MP 3 a reactor	200	2		●					Eliminar, es tirar MP	
Desconexión IBC MP 3		2		●						
Espera siguiente MP		7							punto de retorno está más lejos, mayor tiempo. Podría dejarlo en estantería?	
Conexión IBC MP 4 en B1		1		●						
Bombeo MP 4 a reactor por B1		1		●						
Desconexión IBC de B1		1		●						
Cambio de IBC MP 4 de B1 a B2		3							Es necesario mover IBC de báscula sino no funciona comando al no detectar peso, más tiempo porque debe quitar IBC MP anterior. Indicar en IT	
Conexión IBC MP 4 en B2		1		●					Automatico pero revisa si Premix es Ok	
Bombeo MP 4 a reactor por B2		1		●					Debe prepesar en báscula de precisión, zona de detergencia general	
Adición agua a Premix 2		2		●					Traspaleta se para por descarga, asegurar antes de inicio	
Introducción MP 5 a Premix 2		2		●						
Adicionar por boca de hombre MP 6 1	10	2		●						
Adicionar por boca de hombre MP 6 2	9	2		●						
Subir agitación del reactor		1		●						
Almuerzo		15							Mientras traspaleta carga	
Movimiento de IBC 2 MP 7		1		●						
Bombeo IBC 1 MP 7		10		●						
Bombeo IBC 2 MP 7		10		●						
Bombeo IBC 3 MP 7		8		●					limpia báscula mientras + fallo B1	
Bombeo IBC 4 MP 7		15		●					problemas de conexión, recoloca IBC y limpia fuga	
Bombeo IBC 5 MP 7		10		●						
Bombeo IBC 6 MP 7		12		●					Mientras tanto cambia IBC 1 por 3	
Bombeo IBC 7 MP 7		9		●						
Bombeo IBC 8 MP 7		13		●					Podría conectar manguera de la otra báscula al agua mientras ??	
Arrastre de agua por B1	50	6		●						
Arrastre de agua por B2	50	3		●						
Adición garrafa 1 y 2 MP 8 por boca de hombre	60	6		●						
Agitación		5		●					Limpia zona mientras	
Bombeo del premix 2 a reactor		3		●						
Adición agua a premix 2 y bombeo a reactor		4		●						
Activación agitación Premix 1		0		●						
Busca herramientas y protección necesarias		2							Faltan tijeras y mascarilla	
Adición espesante a Premix 1		10		●						
Agitación Premix 1		9		●						
Adición agua a premix 2	250	6		●					Fallo por nivel máximo mojado, abre y seca	
Bombeo del Premix 1 a reactor		11		●						
Adición MP 9 a Premix 2		3		●						

Figura 23. Diagrama analítico proceso mejorado de fabricación gel lavavajillas operario 1.

Estudio del proceso y propuestas de mejora para la adaptación de la línea de fabricación de cosmética a detergencia en una industria del sector químico.

Descripción	Cantidad (kg)	Tiempo (min)	Distancia (m)	Símbolo					Observaciones
				○	□	D	⇒	▽	
Agitación		55		●					Se deja agitando hasta paso de su adición
Conexión IBC MP 1 a premix 1		1		●					
Bombeo MP 1 a Premix 1	200	2		●					
Bombeo de Premix 1 a reactor		4		●					
Agitación espesante		30		●					
Bombeo MP 1 a Premix 1	150	3		●					
Tiempo muerto		3					●		
Bombeo de Premix 1 a reactor		4		●					
Adición agua a Premix 1		2		●					
Bombeo de Premix 1 a reactor		3		●					
Adición Premix 2 MP 9 a reactor		4		●					
Limpieza Premix 2 con agua	200	10		●					Fallo por nivel máximo mojado, abre y seca
Toma muestras y V ⁹ B ⁹		13		●					
Bombeo IBC 1 MP 10		13		●					
Bombeo IBC 2 MP 10		7		●					
Bombeo IBC 3 MP 10		9		●					
Bombeo IBC 4 MP 10		8		●					
Mueve IBC 4 y coloca siguiente MP		3	10				●		Descontrol del OP2, no aprovisionar excesivamente
Conexión IBC MP 11		1		●					
Bombeo MP 11 a reactor		4		●					
Tiempo muerto		2					●		
Arrastre agua B1	100	5		●					
Arrastre agua B2	100	3		●					
Bombeo MP 12 a reactor	295	4		●					
Arrastre agua a reactor	50	4		●					
Bombeo IBC 1 MP 13 a reactor	1000	12		●					
Bombeo IBC 2 MP 13 a reactor	400	11		●					
Arrastre agua B1	50	2		●					
Arrastre agua B2	50	2		●					
Espera siguiente MP		12					●		Descontrol del OP2
Movimiento de IBC a báscula		2					●		
Conexión IBC a bomba		1		●					
Bombeo MP 14 a reactor	240	3		●					
Arrastre agua a reactor	100	2		●					
Toma muestras y V ⁹ B ⁹		5		●					
Conexión IBC a bomba		1		●					
Bombeo MP 15 a reactor	320	4		●					
Arrastre agua a reactor	100	5		●					
Conexión IBC a bomba		2		●					
Bombeo IBC 1 MP 16 a reactor		4		●					
Cambio de IBC 1 por 2 MP 16		4	10				●		Evitamos un arrastre de la otra bomba, ya limpia
Bombeo IBC 2 MP 16 a reactor		2		●					
Arrastre final agua a reactor	950	10		●					
Agitación final		20		●					
Toma muestras y V ⁹ B ⁹ final		13		●					
TOTAL		392							

Figura 24 (continuación). Diagrama analítico proceso mejorado de fabricación gel lavavajillas operario 1.

Estudio del proceso y propuestas de mejora para la adaptación de la línea de fabricación de cosmética a detergencia en una industria del sector químico.

Realizado por:	Lucía Monferrer			Fecha:	04/04/2024			
Descripción	Cantidad (kg)	Tiempo (min)	Distancia (m)	Símbolo				Observaciones
				○	□	D	⇨	
Pasos previos (1-7)			35					
Traer MP 3		7	75					
Traer MP 4		4	75					
Traer MP 5		19	75					Se llava IBC de retorno a su punto, más distancia. Buscar punto mejor para hacerlo
Traer IBC 1 de MP 7		12	75					
Traer IBC 2 de MP 7		4	75					indicar requisito antes inicio fabricación
Almuerzo		15						
Traer IBC 3 de MP 7		11	75					
Traer IBC 4 de MP 7		8	75					
Traer IBC 5 de MP 7		6	75					
Traer IBC 6 de MP 7		10	75					Además cambia IBC de báscula
Traer IBC 7 de MP 7		10	75					
Traer IBC 8 de MP 7		9	75					
Tiempo muerto		10	75					Recoloca IBC en báscula
Traer MP 8		11	75					
Mueve IBC de MP 1 a Premix 1		3	10					
Trae IBC 1 MP 10		6	75					
Trae IBC 2 MP 10		7	75					
Trae IBC 3 MP 10		9	75					
Trae IBC 4 MP 10		4	75					
Trae MP 11		19	75					
Trae MP 12		10	75					
Tiempo muerto		2						
Cambia uno por otro IBC MP 10		2	5					
Tiempo muerto		4						
Trae IBC 1 MP 13		4	75					
Cambia uno por otro IBC MP 10		10	5					Solo deja en ventana y es OP 1 quien coloca en báscula
Trae IBC 2 MP 13		10	75					
Tiempo muerto		8						
Trae IBC 1 MP 14		9	75					
Movimeinto IBCs zona cargas		3	10					
Tiempo muerto		18						
Trae MP 15		20	75					No se había llevado IT, vuelve vacío para recomprobar código de MM.PP
Trae IBC 1 MP 16		6	75					
Trae IBC 2 MP 16		4	75					
TOTAL		329	1905					

*La distancia recorrida para traer cada IBC no se puede considerar como un valor determinando ya que cambia constantemente la posición de los mismos. Se toma como valor medio la distancia entre la línea objeto de estudio y el almacén de materia prima.

Figura 25. Diagrama analítico proceso mejorado de fabricación gel lavavajillas operario 2.

Tras la recopilación de toda la información del proceso de gel lavavajillas mejorado se puede confirmar la eficacia de las propuestas realizadas. A simple vista, el proceso de fabricación realizado por el operario 1 es de 392 minutos, es decir se ha reducido en 260 minutos (4,33 horas), aunque sigue habiendo algunos tiempos muertos pero que desaparecerán según los operarios se adapten a este nuevo proceso. El operario 2 por su parte también ha reducido el tiempo dedicado al aprovisionamiento de materias primas, ahora es de 329 minutos (176 minutos menos) divididos en varios tramos. En otras palabras, las actividades del operario logístico se inician antes para preparar el material para el inicio de la fabricación en sí, pero tienen intervalos de paro durante la misma y finaliza antes que el del operario 1. Tras varias producciones, ha resultado ventajoso el inicio y fin no simultáneo de ambos operarios porque permite al operario logístico o bien realizar los primeros pasos de preparación para realizar otra carga o bien puede ser asignado a otras líneas.

Además de la mejora en cuanto al tiempo de producción, con las diferentes propuestas aplicadas, se ha conseguido una mejora calidad del producto en dos ámbitos. Por un lado, al reducir el tiempo de agitación necesario para la incorporación del espesante permite, para la misma viscosidad del producto, ocluir menor cantidad de aire en el producto y que el mismo sufra menos efecto cizalladura. Por otro lado, el granel alcanza temperaturas inferiores, no supera los 30°C, porque se ha reducido el tiempo de uso del mezclador de fondo el cual es la fuente de calor.

Estudio del proceso y propuestas de mejora para la adaptación de la línea de fabricación de cosmética a detergencia en una industria del sector químico.

En segundo lugar, se ha ajustado la cantidad de MP 13 para conseguir pH inferiores a 9 durante el proceso de fabricación. Al tener mayor control del pH durante la producción se evita el deterioro de las materias primas susceptibles al mismo o incluso la inhibición de algunas materias primas por lo que la calidad y eficacia del gel lavavajillas conseguidas es mayor. Para confirmar que con el ajuste de la MP 13 se consigue un pH óptimo en este punto de la fabricación se hace un seguimiento de las siguientes cargas, Tabla 9. También se hace un seguimiento de las demás propiedades fisicoquímicas (pH, viscosidad y densidad) al finalizar la carga para confirmar que la modificación del procedimiento no ha alterado estas, Tabla 9.

Tabla 9. Resultado control final del gel lavavajillas con el proceso de fabricación mejorado.

Fecha fabricación	20/03/24	27/03/24	04/04/24	13/04/24	21/04/24	03/05/24
pH paso control	8,91	8,96	8,85	8,98	8,92	8,88
pH	8,96	9,03	8,91	9,15	9,10	8,93
Viscosidad	1075,70	1136,90	1098,60	1274,00	1112,54	1243,70
Densidad	1,19	1,18	1,19	1,20	1,19	1,20
Aspecto	OK Aceptado	OK Aceptado	OK Aceptado	OK Aceptado	OK Aceptado	OK Aceptado

Las especificaciones del gel lavavajillas marcadas son pH entre 8,7 y 9,2; viscosidad entre 1000 y 1400 cPs, densidad entre 1,18 y 1,21 g/mL y el aspecto igual al del patrón de la fórmula proporcionado por el departamento de I+D+i. Al analizar las propiedades fisicoquímicas de las últimas órdenes de fabricación de gel lavavajillas tras las diversas mejoras del proceso es posible confirmar que todas ellas son correctas.

CÁPITULO 6. CONCLUSIONES

El presente TFG tenía como objetivo principal llevar a cabo la adaptación de una línea de cosmética para su uso en detergencia y mejorar el proceso de fabricación en la misma. Las conclusiones alcanzadas son:

-El estudio realizado permite concluir que es factible técnica y económicamente la adaptación de la línea de fabricación de cosmética actual a detergencia para la fabricación de gel lavavajillas, con una producción prevista de cinco millones de botellas de gel lavavajillas de 720 ml cada una al año para satisfacer la demanda de uno de sus clientes.

-Los equipos de la línea de cosmética pueden ser reutilizados para la nueva línea de producción, siendo necesario únicamente la compra de dos básculas de plataforma de hasta 1.500 kg con sus respectivas tuberías de adicción a reactor y bombas y la compra de un segundo depósito exterior de menor capacidad, 300 L.

-La nueva línea de producción de gel lavavajillas en comparación con la actual precisa un mayor tiempo de producción. Sin embargo, dado que se reduce el número de cargas semanales a 5 y en consecuencia el tiempo semanal de producción en un 35 % gracias a la utilización de reactores de 18000 L reutilizados de la línea de cosmética actual, se logra mejorar la eficiencia de la línea. Será necesario asignar un operario adicional a la línea pero compensa debido al beneficio adicional que supone reducir el tiempo de fabricación semanal del gel lavavajillas, lo que permite la fabricación de otros detergentes, el aumento de las ventas asociadas a dicha línea y la reducción de los costes fijos tales como mantenimiento o energía.

-La puesta en marcha de la línea ha obligado a realizar ajustes en el proceso de producción centrados en la agitación del espesante, en la dosificación de una sal inorgánica (MP9) durante la agitación del espesante y en la dosificación de la MP13 para conseguir el rango de pH buscado sin necesidad de ajustes posteriores lo que ha permitido reducir el tiempo de fabricación real a 6,5 horas y lograr un gel de lavavajillas de la calidad requerida por el cliente.

Tras el estudio realizado, se implementaron todas las propuestas y actualmente la línea trabaja diariamente en la fabricación de gel lavavajillas con un alto rendimiento.

CAPÍTULO 7. BIBLIOGRAFÍA

- A.I.S.E, (2023, octubre 9). *KPI performance report 2023*. Recuperado el 15 de junio de 2024 en: <https://www.aise.eu/wp-content/uploads/KPI-2023-AISE-online-report.pdf>
- AENOR, 2008. *Productos cosméticos. Buenas prácticas de fabricación (BPF). Guía de buenas prácticas de fabricación*. (ISO 22716:2007), de 21 de mayo de 2008. Recuperado el 17 de junio de 2024: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0041130>
- Andrés J.R. (Redactor-locutor) & Martín C. (2010, diciembre 14). *Los detergentes: Historia, evolución y procesos básicos*. En, Ingeniería en Radio 3. Recuperado el 18 de junio de 2024, en CanalUned : <https://canal.uned.es/video/5a6f99c0b1111f743a8b4bc1>
- Comisión Europea, 2020. *Plan de acción sobre la economía circular*. Recuperado el 16 de junio de 2024 en: https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan_en?prefLang=es
- Dynaflux, (s/f) .*TURBINA DOBLE FLUJO AXIAL DOBLE*. Recuperado el 17 de junio 2024: <https://www.dynaflux.com.pe/equipos-especializados/turbina-doble-flujo-axial-doble>
- España. Real Decreto 770/1999, de 7 de mayo, por el que se aprueba la Reglamentación técnico-sanitaria para la elaboración, circulación y comercio de detergentes y limpiadores. Boletín Oficial del Estado, 18 de mayo de 1999, núm. 118 Disponible en: <https://www.boe.es/eli/es/rd/1999/05/07/770/con>
- España. Real Decreto 85/2018, de 23 de febrero, por el que se regulan los productos cosméticos. Boletín Oficial del Estado, 27 de febrero de 2018, núm. 51 pp. 23055-23075. Disponible en: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2018/02/23/85>
- EsPlásticos, 2021. La voz del sector de los plásticos en España. Disponible en: <https://caiba.es/es/actualidad/esplasticos-voz-sector-plasticos-espanya>
- Feique, (2020, octubre 2019). *El empleo del sector químico crece un 2% en los primeros nueve meses del año hasta los 209.100 puestos directos pese a su caída productiva del 2,6%*. Recuperado el 18 de junio de 2024 en: <https://www.feique.org/el-empleo-del-sector-quimico-crece-un-2-en-los-primeros-nueve-meses-del-ano-hasta-los-209-100-puestos-directos-pese-a-su-caida-productiva-del-26/>
- Feique, (2022, mayo 31). *Los precios elevaron la cifra de negocios del sector químico hasta los 77.000 millones de euros en 2021*. Recuperado el 18 de junio de 2024 en: <https://www.feique.org/los-precios-elevaron-la-cifra-de-negocios-del-sector-quimico-hasta-los-77-000-millones-de-euros-en-2021/>

Feique, 2024. *Radiografía del sector químico español 2024*. Recuperado el 15 de junio de 2024, de: <https://www.feique.org/wp-content/uploads/2024/03/Radiografia-del-sector-quimico-espanol-2024.pdf>

González F. J., Bravo L. Historia y actualidad de productos para la piel, cosméticos y fragancias. Especialmente los derivados de las plantas. *Ars PharmE*. 2017; 58(1): 5-12. Recuperado el 18 de junio de 2024. DOI: [10.4321/S2340-98942017000100001](https://doi.org/10.4321/S2340-98942017000100001)

Higieneambiental.com (2019, febrero 5). La industria de los detergentes se queda sin biocidas conservantes. Recuperado el 17 de junio de 2024 de: <https://higieneambiental.com/productos-biocidas-y-equipos/la-industria-de-los-detergentes-se-queda-sin-biocidas-conservantes>

Instituto Nacional de Estadística, (2023, julio 21). *Encuesta Anual de Coste Laboral (EACL) Año 2022*. Recuperado el 15 de junio de 2024, de en: https://www.ine.es/prensa/eacl_2022.pdf

Ministerio de Industria y Turismo, 2023. Presentaciones Sectoriales Sector Química. Recuperado 10 de junio de 2024, de: <https://www.mintur.gob.es/es-es/IndicadoresyEstadisticas/Presentaciones%20sectoriales/06.%20Quimica.pdf>

Molina, J., Abad-Corpa, E. (2021). Desinfectantes y antisépticos frente al coronavirus: Síntesis de evidencias y recomendaciones. *Enfermería Clínica*, 31, S84–S88. DOI: [10.1016/j.enfcli.2020.05.013](https://doi.org/10.1016/j.enfcli.2020.05.013)

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), 2022. *Global Plastics Outlook - Plastics use in 2019* [Documento WWW]. URL <https://stats.oecd.org/index.aspx?DataSetCode=MUNW>. Recuperado el 3 de julio de 2024.

Plan Industrial del Pacto Verde: Liderazgo de la industria europea con cero emisiones netas. (n.d). Recuperado el 15 de junio de 2024, de Comisión Europea: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/green-deal-industrial-plan_es

Plastics Europe, 2020. *Plastics - the Facts 2020*. Disponible en: <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-facts-2020/>

Quiroa, M. (2020, noviembre 1). *Industria química*. Economipedia. Recuperado el 15 de junio de 2024, de <https://economipedia.com/definiciones/industria-quimica.html>

UNDP, (s/f). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Recuperado el 15 de junio de 2024, de <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals>

Unión Europea. Directiva, de 30 de mayo de 2018, por la que se modifica la Directiva 94/62/CE relativa a los envases y residuos de envases. Diario Oficial de la Unión Europea, 14 de junio de 2018. Disponible en: <http://data.europa.eu/eli/dir/2018/852/oj>

Unión Europea. Estrategia de la Comisión, de 13 de septiembre de 2018, sobre una estrategia europea para el plástico en una economía circular, (2018/2035(INI)). *Diario Oficial de la Unión Europea*, 23 de diciembre de 2019. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52018IP0352>

Unión Europea. Reglamento (CE) No 1223/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de noviembre de 2009, sobre los productos cosméticos. *Diario Oficial de Unión Europea*, 22 de diciembre de 2009. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2009/1223/oj>

Unión Europea. Reglamento (UE) no 528/2012 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de mayo de 2012, relativo a la comercialización y uso de los biocidas. *Diario Oficial de la Unión Europea*, 27 de junio de 2012. Disponible en: <https://www.boe.es/doue/2012/167/L00001-00123.pdf>

PRESUPUESTO

ÍNDICE DEL PRESUPUESTO

1. Necesidad del presupuesto	63
2. Cuadro de precios inversión adaptación línea	63
3. Coste de producción y ganancia del gel lavavajillas	66
4. Estudio económico	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 10. Presupuesto adaptación zona de fabricación de la línea de cosmética a detergencia.....	63
Tabla 11. Presupuesto adaptación zona de fabricación de la línea de cosmética a detergencia.....	64
Tabla 12. Presupuesto adaptación zona de fabricación de la línea de cosmética a detergencia.....	65
Tabla 13. Presupuesto total de inversión.	66
Tabla 14. Costes materia prima por botella de gel lavavajillas.....	67
Tabla 15. Costes materia prima por botella de gel lavavajillas.....	68
Tabla 16. Costes mano de obra por botella fabricada de gel lavavajillas.	68
Tabla 17. Calculo VAN del proyecto de adaptación de la línea de cosmética a detergencia.	70

1. Necesidad del presupuesto

En la presente parte se estudia el coste del proyecto realizado, cambio de una línea de cosmética a detergencia en una empresa del sector químico. Se presupuesta la inversión necesaria para realizar el cambio (mano de obra, coste de los equipos, etc.).

Además, se debe tener en cuenta la parte de la inversión inicial de construcción de la línea que resta por amortizar.

Seguidamente se calculan los costes de producción del producto a fabricar en dicha línea y las ganancias del mismo. A partir de los datos de inversión, costes de producción y ganancias se realiza un balance entre inversión, coste y beneficio al fin de determinar la viabilidad económica del proyecto.

2. Cuadro de precios adaptación zona de fabricación

A continuación se presenta de forma detallada la inversión necesaria para llevar a cabo la adaptación de la zona de fabricación de la línea de cosmética a detergencia, se muestra en la Tabla 10, Tabla 11 y Tabla 12.

Tabla 10. Presupuesto adaptación zona de fabricación de la línea de cosmética a detergencia

	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	IMPORTE (€)
UD1	Suministro e instalación de un depósito para la fabricación de premezclas de 300 L con agitador vertical soportado sobre patas con placas para células de carga.			
	Depósito de 300 L de capacidad de acero inoxidable AISI-316 de 0,75 m de diámetro y 1,05 m de altura total.	5.919 €/uds.	1	5,919.00 €
	Agitador vertical con motor de 5CV con hélice marina de 150 mm de diámetro.	6.825 €/uds.	1	6,825.00 €
	Tres células de carga con visor de peso y salidas de comunicaciones para la automatización de las dosificaciones.	5.013 €/uds	1	5,013.00 €
	Instalación de las tuberías del depósito para la conexión con ambos reactores y con el circuito de limpieza.	1.057,08 €/m	12 m	12,684.96 €
	Instalación de entrada directa de agua desionizada al depósito y a las bolas de limpieza del mismo.	1.057,08 €/m	7,4 m	7,822.39 €
	Instalación del equipo. Oficial de fontanería	16€/h	32 h	512.00 €
	Instalación del equipo. Oficial de electricista.	16€/h	8 h	128.00 €
	TOTAL (€)			38,776.35 €

Estudio del proceso y propuestas de mejora para la adaptación de la línea de fabricación de cosmética a detergencia en una industria del sector químico.

Tabla 11 (continuación). Presupuesto adaptación zona de fabricación de la línea de cosmética a detergencia

	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	IMPORTE (€)
UD2	Suministro e instalación de dos básculas de plataformas de superficie de 1.500 kg de capacidad y red de dosificación a ambos reactores.			
	Báscula plataformas de superficie de capacidad 1.500 kg con fracción de 0,5 kg de 1,25 m x 1,25 m con visor de peso con salida analógica para automatizar las dosificaciones.	5.208 €/uds.	2	10,416.00 €
	Mesa-soporte para elevación de las básculas plataforma de acero inoxidable AISI-314	1.275 €/uds.	2	2,550.00 €
	Bomba de rotor helicoidal con un caudal de 10.000 L/h con variador de frecuencia	27.555 €/uds.	2	55,110.00 €
	Instalación de las tuberías de alimentación de MMPP desde las básculas hasta los reactores de acero inoxidable AISI-316.	1.057,08 €/m	23,2 m	24,524.26 €
	Suministro de manguera conductiva de 3 m para conexión a IBC de 3" de diámetro con entrada de aire para el vaciado de la misma	885 €/uds.	2	1,770.00 €
	Ampliación de las tuberías de residuos	1.057,08 €/m	3 m	3,171.24 €
	Suministro e instalación de una bomba neumática para el trasiego de los residuos	7.125,76 €/uds.	1	7,125.76 €
	Instalación del equipo. Oficial de fontanería.	16€/h	64 h	1,024.00 €
	Instalación del equipo. Oficial de electricista.	16€/h	16 h	256.00 €
	TOTAL (€)			105,947.26 €
UD3	Suministro e instalación de una entrada de aditivos al depósito exterior PM1 ya instalado			
	Instalación de las tuberías de dosificación de MMPP desde IBC al depósito PM 1	1.057,08 €/m	3,5 m	3,699.78 €
	Suministro de manguera conductiva de 4 m para conexión a IBC de 3" de diámetro con entrada de aire para el vaciado de la misma	1000 €/uds.	1	1,000.00 €
	Instalación del equipo. Oficial de fontanería.	16€/h	4 h	64.00 €
	Instalación del equipo. Oficial de electricista.	16€/h	1,5 h	24.00 €
	TOTAL (€)			4,787.78 €

Estudio del proceso y propuestas de mejora para la adaptación de la línea de fabricación de cosmética a detergencia en una industria del sector químico.

Tabla 12 (continuación). Presupuesto adaptación zona de fabricación de la línea de cosmética a detergencia

	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	IMPORTE (€)
UD4	Conexión de la zona de fabricación al circuito general de agua desionizada de la zona de detergencia			
	Desconexión del actual circuito de agua desionizada de cosmética de la zona de fabricación para ello se instalan válvulas de corte y by-pass para aislar el punto de consumo del resto de la red.	2.506 €/uds.	1	2,506.00 €
	Suministro e instalación de la tubería de ida desde la tubería principal del lazo de agua desionizada hasta la zona de fabricación de acero inoxidable AISI-316 de DN80	240,38 €/m	84 m	20,191.92 €
	Suministro e instalación de la tubería de retorno desde la zona de fabricación hasta la tubería general de retorno de agua desionizada de acero inoxidable AISI-316 de DN25	177,4 €/m	84 m	14,901.60 €
	Instalación del equipo. Oficial de fontanería.	16€/h	80 h	1,280.00 €
	TOTAL (€)			38,879.52 €
UD5	Suministro e instalación de cableado y elemento de campo de las modificaciones llevadas a cabo			
	Suministro e instalación de una caja de detectores de posición de las válvulas de accionamiento neumático	235 €/uds.	22	5,170.00 €
	Suministro e instalación de transductores de presión	407 €/uds.	2	814.00 €
	Suministro e instalación de interruptor de nivel	541 €/uds.	1	541.00 €
	Suministro y montaje de canalizaciones necesarias con bandeja de PVC UNEX para todo el cableado	630,53 €/m	15 m	9,457.95 €
	Instalación del cableado de potencia de los nuevos motores instalados (agitador vertical y bombas) y para la alimentación de las básculas plataforma	436,71 €/m	33,4 m	14,586.11 €
	Instalación del cableado de las señales analógicas de la instrumentación (básculas, transductores y niveles)	436,71 €/m	21,5 m	9,389.27 €
	Instalación del cableado neumático de los actuadores de las válvulas	114,5 €/m	42 m	4,809.00 €
	TOTAL (€)			44,767.33 €

El presupuesto de la adquisición e instalación de los equipos necesarios para la adaptación de la zona de fabricación de la línea de cosmética a detergencia asciende a un total de 233.158,24 euros, doscientos treinta y tres mil ciento cincuenta y ocho con veinticuatro euros.

En la adaptación de la línea de cosmética a detergencia se han realizado modificaciones en varias zonas de esta. Anteriormente se ha descrito con detalle la adaptación de la zona de fabricación, parte en la cual se ha trabajado a lo largo de este TFG. En cuanto a la zona de envasado y la parte de obra civil se ha encargado el departamento de Ingeniería de Procesos y Arquitectura respectivamente por lo que quedan fuera del ámbito de este proyecto.

En la siguiente tabla, Tabla 13, se presenta el presupuesto total de inversión del proyecto teniendo en cuenta la adaptación completa de la línea, los gastos generales, el beneficio industrial y el IVA.

Tabla 13. Presupuesto total de inversión.

CONCEPTO	IMPORTE (€)
1. Adaptación de la zona de fabricación de la línea	233.158,24
2. Adaptación de la zona de envasado de la línea	148.781,78
3. Obra civil para la adaptación de la línea a detergencia	63.918,22
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM):	445.858,24
Gastos generales (13%)	57.961,57
Beneficio industrial (6%)	26.751,49
PEC = PEM + GG + BI:	530.571,31
IVA (21%)	111.419,97
PRESUPUESTO DE INVERSIÓN:	641.991,28
Restante por amortizar de la inversión de la línea de cosmética inicial	3.000.000
TOTAL A AMORTIZAR:	3.641.991,28

El presupuesto total de inversión es 641.991,28 euros, seiscientos cuarenta y un mil novecientos noventa y uno con veintiocho euros y el total a amortizar es 3.641.991,28 euros, tres millones seiscientos cuarenta y un mil novecientos noventa y uno con veintiocho euros. La empresa establece que la amortización de toda la inversión debe hacerse en 5 años independientemente de si se trata de maquinaria o de instalaciones, de forma que anualmente se amortizan 728.398,26 euros, setecientos veintiocho mil trescientos noventa y ocho con veintiséis euros, de la inversión total.

3. Coste de producción y ganancia del gel lavavajilla

Se lleva a cabo el cálculo de los costes de producción del gel lavavajillas, producto asignado a la línea objeto de estudio. Los costes se computan para la fabricación de una botella.

A continuación, se describe con detalle los pasos realizados para el cálculo de los costes relacionados con las materias primas y mano de obra del gel lavavajillas.

MATERIA PRIMA GRANEL GEL LAVAVAJILLAS

Se realiza el cálculo para cada una de las materias primas que componen el gel lavavajillas y luego se suman todos ellos para tener el coste de materia prima total. Para ello se parte de la composición del producto y del valor unitario de cada materia prima (en euros por kg) y se utiliza la siguiente expresión:

$$c_{MPi} = p_{MPi} * \%MP_i * m \quad (6)$$

Donde:

- c_{MPi} es el coste de cada materia prima en €
- p_{MPi} es el precio unitario de cada materia prima en € por kg
- $\%MP_i$ es el porcentaje de cada materia prima en el gel lavavajillas.
- m es la masa de una botella de gel lavavajillas

MANO DE OBRA

Se realiza el cálculo del coste de la mano de obra en cada uno de los departamentos implicados en la producción de gel lavavajillas y se suman para tener el coste total de mano de obra. Para ello se utiliza la siguiente expresión:

$$c_{MDOi} = \frac{p_{MDO} * d_{MDOi}}{n} \quad (7)$$

Donde:

- c_{MDOi} es el coste por botellas de gel lavavajillas de mano de
- p_{MDO} es el precio unitario de un operario en € por hora
- d_{MDOi} es la dedicación necesaria de cada departamento para la producción del gel lavavajillas
- n es 2700 unidades por hora. Es el número de botellas de gel lavavajillas producidas en una hora de esa forma conocemos el coste de mano de obra por botella

Además de los costes de materia prima y mano de obra se suma el coste de embalaje calculados por el departamento de ingeniería de procesos y otros costes. Los otros costes engloban el mantenimiento de la línea, la energía y las mermas del gel lavavajillas, su valor es fijo para el conjunto de líneas de la empresa. Con todo ello se conoce el coste de producción de una botella de gel lavavajillas.

En primer lugar, se calcula el coste de las materias primas del gel lavavajillas según la ecuación 6. El resultado se presenta a continuación en la Tabla 14 y Tabla 15. Por temas de confidencialidad de la empresa, la composición de las materias primas del gel lavavajillas no se muestra.

Tabla 14. Costes materia prima por botella de gel lavavajillas.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (kg)	PRECIO POR UNIDAD (€/kg)	TOTAL (€)
Espesante		7,40 €	0,094 €
MP 1		0,01 €	0,001 €
MP 2		1,00 €	0,070 €
MP 3		15,00 €	0,012 €
MP 4		1,60 €	0,018 €
Perfume		11,00 €	0,029 €
MP 6		3,50 €	0,030 €
MP 7		6,00 €	0,026 €
MP 8		3,80 €	0,017 €
MP 9		0,50 €	0,174 €

Tabla 15 (continuación). Costes materia prima por botella de gel lavavajillas.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (kg)	PRECIO POR UNIDAD (€/kg)	TOTAL (€)
MP 10		1,40 €	0,268 €
MP 11		2,00 €	0,044 €
MP 12		1,00 €	0,012 €
MP 13		5,00 €	0,009 €
MP 14		1,80 €	0,110 €
MP 15		8,50 €	0,089 €
MP 16		16,00 €	0,223 €
MP 17		16,00 €	0,251 €
Total materia primas gel lavavajillas (€)			1,474 €

Seguidamente se calculan los costes relacionados con la mano de obra según la ecuación 7. El resultado de los mismos se presenta a continuación en la Tabla 16.

Tabla 16. Costes mano de obra por botella fabricada de gel lavavajillas.

DESCRIPCIÓN	DEDICACIÓN	PRECIO POR UNIDAD (€/h)	TOTAL (€)
Dotación fabricación	0,8	16,000 €	0,005 €
Dotación envasado	3	16,000 €	0,018 €
Dotación logística	0,33	16,000 €	0,002 €
Total mano de obra (€)			0,024 €

En tercer lugar, se contemplan los costes relacionados con la materia prima de embalaje del gel lavavajillas, estos han sido calculados por el departamento de Ingeniería de Procesos y ascienden a 0,3 euros por botella de gel lavavajillas. Finalmente, se suman otros costes implicados en la fabricación de gel lavavajillas (mermas, energías y mantenimiento de la línea) su valor lo fija la empresa y es el mismo para todas las líneas de detergencia asciende a 0,06 euros por unidad de gel lavavajillas.

El coste total de producción de una botella de gel lavavajillas es 1,86 euros. La previsión de producción anual de gel lavavajillas es 5.000.000 de botellas por lo que el coste anual de producción de este producto asciende a 9.300.000 euros, nueve millones ochocientos mil euros.

Por otro lado, se consulta el precio de venta por botella de gel lavavajillas al departamento de ventas, es 2 euros por unidad. A partir de ese valor y la previsión de ventas anuales se calculan las ganancias anuales previstas, ascienden a 10.000.000 euros, diez millones de euros. El beneficio anual por la producción y venta del gel lavavajillas asciende a 700.000 euros, setecientos mil euros.

4. Estudio económico

Tras conocer la suma de la inversión necesaria para la adaptación de la línea de objeto, de la inversión inicial sin amortizar, el coste de producción anual del gel lavavajillas y las ganancias anuales del mismo se lleva a cabo un estudio económico del proyecto para los próximos 5 años.

La viabilidad económica del cambio de la línea de cosmética a detergencia se determina a partir del cálculo del VAN y el TIR. Las expresiones matemáticas utilizadas para su cálculo son las siguientes:

$$VAN = \sum_{j=0}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} - I_0 \quad (8)$$

Donde:

- n es el número de periodos utilizados
- j es cada uno de los periodos
- FC representa los flujos de caja de cada periodo. Estos se calculan como el beneficio neto más el valor de amortización realizado es ese periodo.
- i es el tipo de interés anual, en este caso un 3%
- I_0 es el valor de la inversión inicial llevada a cabo, es decir 641.991,28 euros

$$0 = \sum_{j=0}^n \frac{FC_j}{(1+\lambda)^j} - I_0 \quad (9)$$

Donde:

- n es el número de periodos utilizados
- j es cada uno de los periodos
- FC representa los flujos de caja de cada periodo. Estos se calculan como el beneficio neto más el valor de amortización realizado es ese periodo.
- λ es el TIR
- I_0 es el valor de la inversión inicial llevada a cabo, en este caso 641.991,28 euros

A continuación se realiza el cálculo del VAN con una visión de 5 años del proyecto a partir de la ecuación 8, el mismo se presenta en la Tabla 17.

Estudio del proceso y propuestas de mejora para la adaptación de la línea de fabricación de cosmética a detergencia en una industria del sector químico.

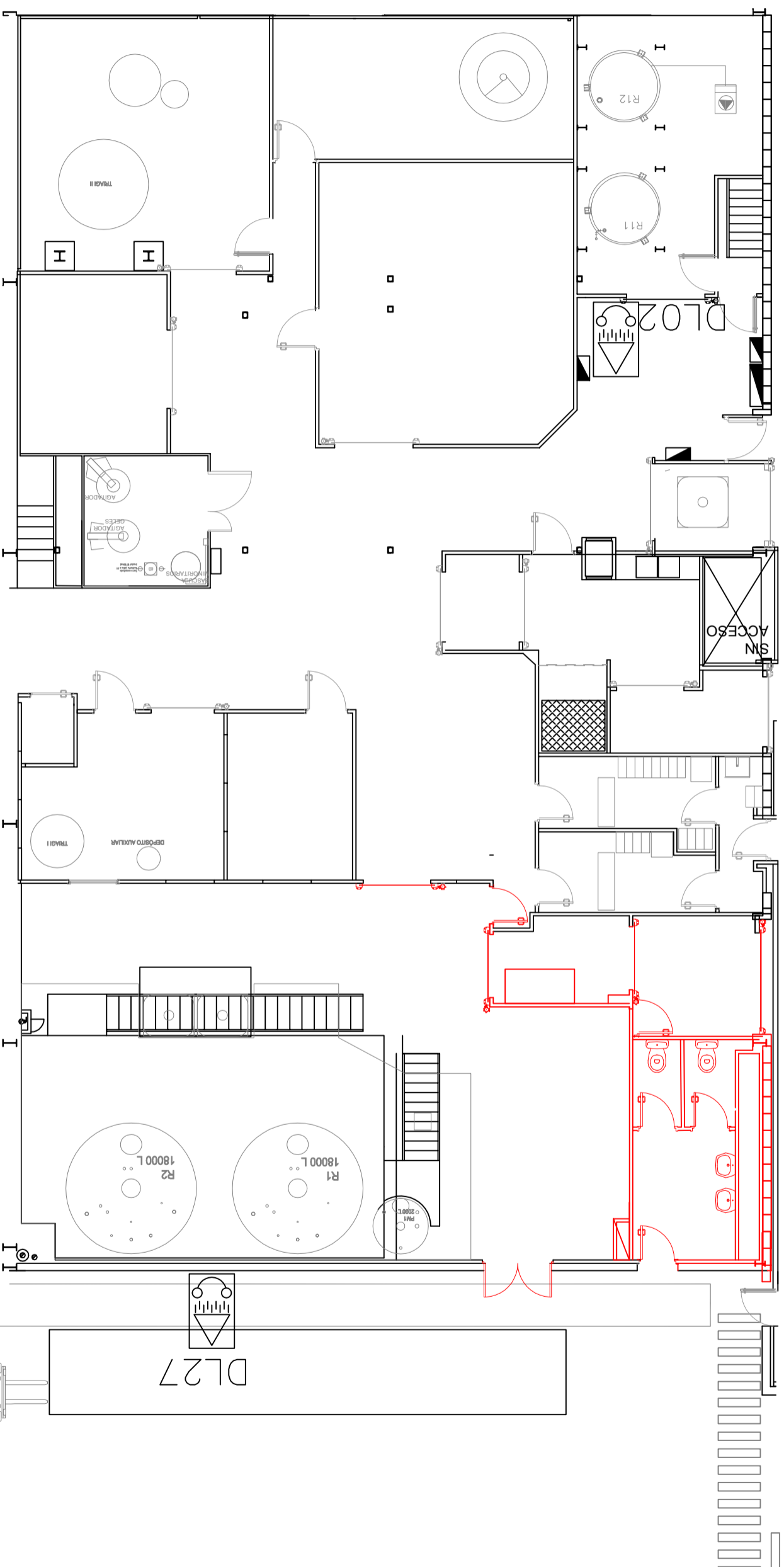
Tabla 17. Calculo VAN del proyecto de adaptación de la línea de cosmética a detergencia.

AÑO	0	1	2	3	4	5
Inversión (€)	641.991,28	-	-	-	-	-
Beneficio Bruto (€)	-	700.000	700.000	700.000	700.000	700.000
Amortización (€)	-	728.398,26	728.398,26	728.398,26	728.398,26	728.398,26
Beneficio Neto (€)	-	-28.398,26	-28.398,26	-28.398,26	-28.398,26	-28.398,26
Flujo de Caja (€)	-641.991,28	700.000	700.000	700.000	700.000	700.000
Flujo de Caja actualizado (€)	-641.991,28	679.611,65	659.817,14	640.599,16	621.940,93	603.826,15

El VAN resultante es de 2.563.803,75 euros, dos millones quinientos sesenta y tres mil ochocientos tres euros y setenta y cinco céntimos, de forma que el proyecto genera ganancias al ser el VAN positivo y es posible concluir que es viable económicamente.

Seguidamente se realiza el cálculo del TIR con una visión de 5 años a partir de la ecuación 9. Los flujos de caja y la inversión son los mismos utilizados para el cálculo del VAN, es decir los indicados en la Tabla 17. El TIR resultante es 106%, es superior al coste de oportunidad de forma que también se concluye que el proyecto es viable.

ANEXOS



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



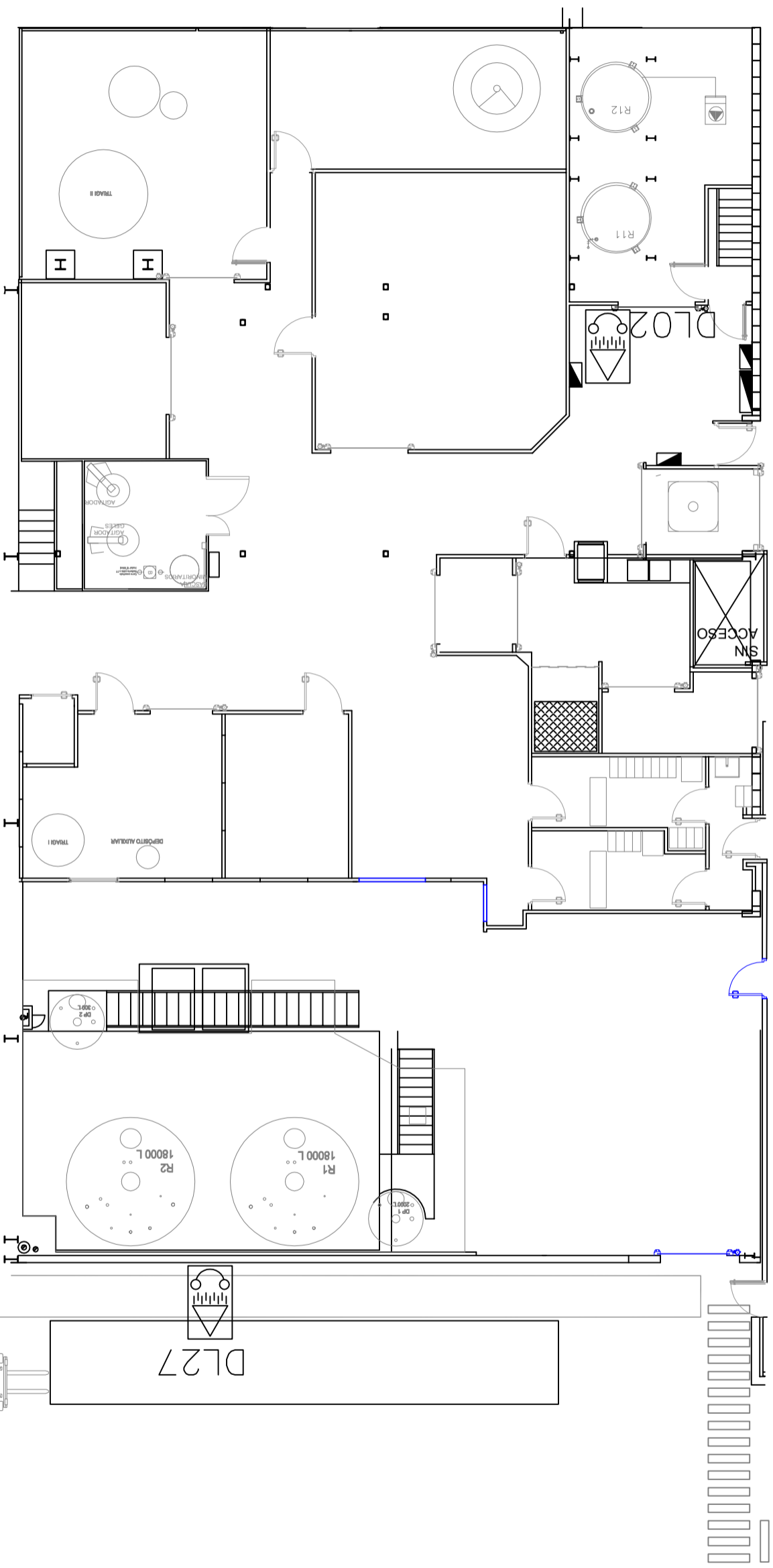
ESCUELA
TÉCNICA
SUPERIOR
INGENIERIA
INDUSTRIAL
VALÈNCIA

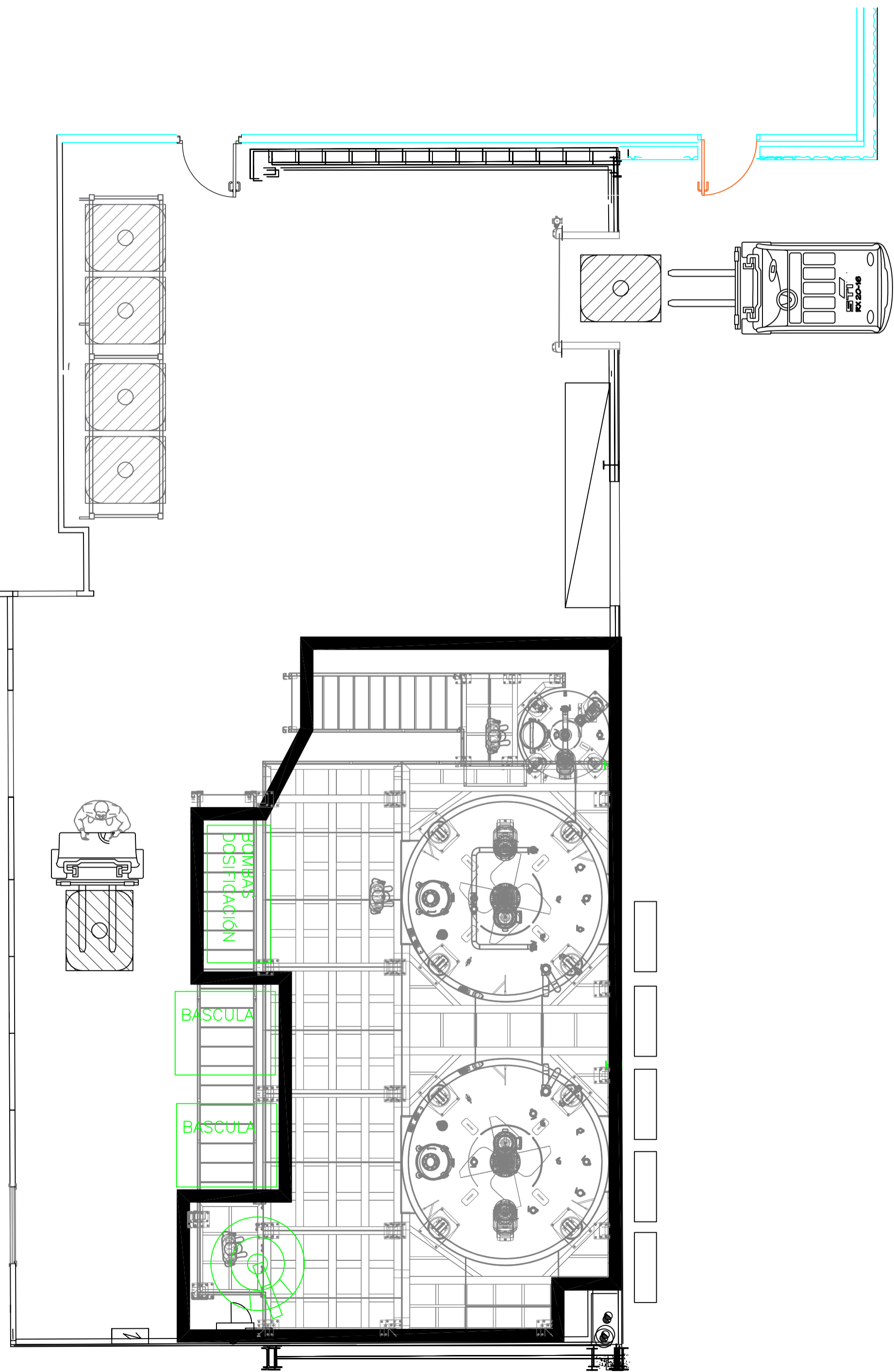
Proyecto: ESTUDIO Y PROPUESTAS DE MEJORA PARA LA
ADAPTACIÓN DE LA LÍNEA DE FABRICACIÓN DE
COSMÉTICA A DETERGENCIA EN UNA INDUSTRIA
DEL SECTOR QUÍMICO

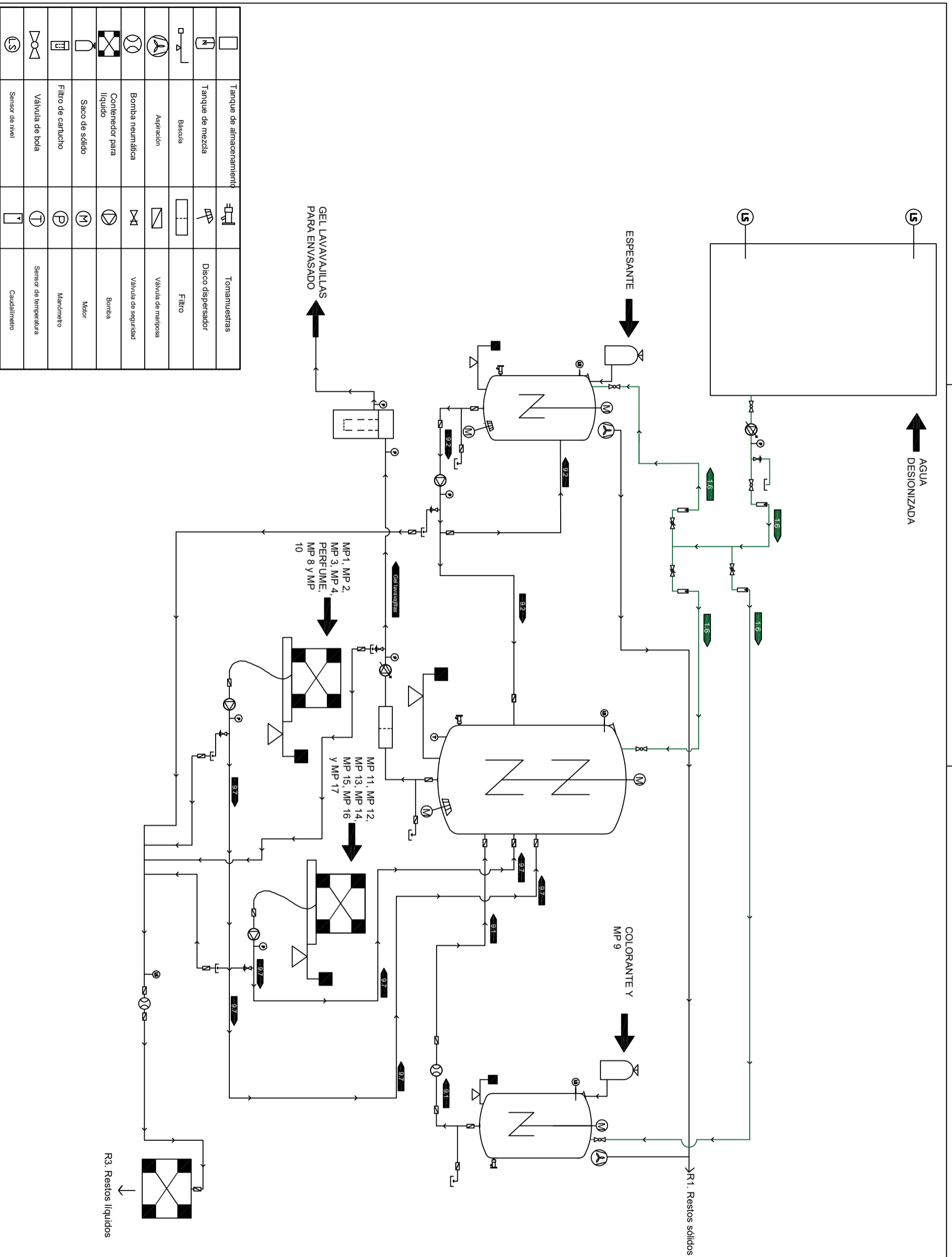
Plano: Plano zona de fabricación línea cosmética antes adaptación
Autor: Lucía Monferrer Ferrando

Fecha: Junio 2024
Escala: 1:300

Nº Plano: 1







	Tanque de almacenamiento		Tomamuestras
	Tanque de mezcla		Disco dispersador
	Báscula		Filtro
	Aspiración		Válvula de mamposa
	Bomba neumática		Válvula de seguridad
	Contenedor para líquido		Bomba
	Saco de sólido		Motor
	Filtro de cartucho		Manómetro
	Válvula de bola		Sensor de temperatura
	Sensor de nivel		Caudalímetro