



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Química e Ingeniería Química
Escuela Profesional de Ingeniería Química

Mejora de proceso de producción de champú translúcido para minimizar la incorporación de aire

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de Ingeniera Química

AUTOR

Ada Mariela MILLA CESPEDES

ASESOR

Jorge Luis CÁRDENAS RUIZ

Lima, Perú

2025



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Milla, A. (2025). *Mejora de proceso de producción de champú translúcido para minimizar la incorporación de aire*. [Trabajo de suficiencia profesional de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Química e Ingeniería Química, Escuela Profesional de Ingeniería Química]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Ada Mariela Milla Cespedes
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	75854590
URL de ORCID	No aplica
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Jorge Luis Cárdenas Ruiz
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	06627695
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-9313-905X
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Leoncio Reyna Mariñas
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06020987
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Pedro José Romero y Otiniano
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	15612279
Datos de investigación	
Línea de investigación	Optimización de procesos .

Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	No aplica
Ubicación geográfica de la investigación	Lima, Perú
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2025
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería química https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.04.00



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)

FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA

Central Telefónica: 619-7000

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Los suscritos miembros del Jurado Calificador nombrados por el señor Presidente del Comité Ejecutivo del "IV Programa Ciclo Taller de Titulación Profesional por la Modalidad de Tesis y Trabajo de Suficiencia Profesional para la Facultad de Química e Ingeniería Química 2025-I", bajo la Presidencia del **Mg. Leoncio Reyna Mariñas**; **Ing. Pedro José Romero y Otiniano** (Miembro) y el **Ing. Jorge Luis Cárdenas Ruíz** (Asesor); habiendo presentado para tal efecto el **TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**, titulado **Mejora de proceso de producción de champú translúcido para minimizar la incorporación de aire**, después de **SUSTENTADO Y APROBADO** el Trabajo de Suficiencia Profesional elaborado por la bachiller en Ingeniería Química: **MILLA CESPEDES, ADA MARIELA**; para optar el **TÍTULO PROFESIONAL** de **INGENIERA QUÍMICA**, acordaron calificarla con la **NOTA** de:

DIECISIETE

(LETRAS)

17

(NÚMEROS)

Ciudad Universitaria, 16 de agosto del 2025


Mg. LEONCIO REYNA MARIÑAS
Presidente


Ing. PEDRO JOSÉ ROMERO y OTINIANO
Miembro


Ing. JORGE LUIS CÁRDENAS RUÍZ
Asesor


Dr. EDER CLIDIO VICUÑA GALINDO
Director de la E.P. de Ingeniería Química





UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE

SAN MARCOS

Universidad del Perú, Decana de América

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, **Jorge Luis Cárdenas Ruiz** en mi condición de asesor con el Dictamen N°000001-2025-EPIQ-FQIQ/UNMSM del Trabajo de Suficiencia Profesional, cuyo título es: **Mejora de proceso de producción de champú translúcido para minimizar la incorporación de aire**, presentado por la bachiller: **Milla Céspedes, Ada Mariela**, para optar el título Profesional de Ingeniería Química, CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma PIDS, el documento evaluado cuenta con el 4 % de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional**.

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del título correspondiente.

Lima, 26 de agosto del 2025

Firma del Asesor

Nombres y Apellidos del asesor Jorge Luis Cárdenas Ruiz

DNI: 06627695

Tabla de contenido

RESUMEN	3
1. INTRODUCCION	4
1.1. Planteamiento del problema	5
1.1.1. Determinación del problema	5
1.1.2. Formulación del problema	6
1.2. Objetivos.....	6
1.2.1. Objetivos General.....	6
1.2.2. Objetivos Específicos.....	6
1.3. Importancia y alcance de la investigación	7
2. REVISION DE LA LITERATURA	8
2.1. Marco teórico.....	8
2.1.1. Champú	8
2.1.2. Composición del champú.....	9
2.1.2.1. Surfactantes	9
2.1.2.2. Viscosantes	11
2.1.2.3. Ajustador de pH.....	11
2.1.2.4. Conservante	11
2.1.2.5. Fragancias.....	12
2.1.2.6. Colorantes.....	12
2.2. Antecedentes del estudio	13
3. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN.....	18
4. FLUJO DE PRODUCCIÓN	23
4.1. Ingreso de materia prima	23
4.2. Fraccionamiento de materia prima	23
4.3. Ingreso a la esclusa de materiales del área de fabricación.....	24
4.4. Área de fabricación.....	24
4.5. Análisis de control de calidad.....	25
4.6. Descarga del granel	25
4.7. Almacén de graneles.....	25
4.8. Área de envasado.....	25
5. HIPOTESIS Y VARIABLES	26
5.1. Hipótesis general	26

5.2.	Hipótesis específicas.....	26
5.3.	Variable independiente	26
5.4.	Variable dependiente	26
5.5.	Operacionalización de las variables	27
6.	MATERIALES Y METODOS	28
6.1.	Área de estudio	28
6.2.	Diseño de Investigación.....	28
6.3.	Población y muestra.....	28
6.4.	Procedimiento, técnicas e instrumentos de recolección de información	28
6.4.1.	Mejoras del proceso de producción.....	29
6.4.2.	Materia prima	29
6.4.3.	Método actual de fabricación	30
6.4.4.	Método mejorado de fabricación.....	32
6.4.5.	Análisis del granel	33
6.5.	Análisis estadístico	36
7.	RESULTADOS.....	37
7.1.	Presentación y Análisis de resultados.....	37
7.1.1.	Resultados del tiempo de fabricación, cumplimiento de guía y rendimiento del método actual	37
7.1.2.	Resultados del tiempo de fabricación, cumplimiento de guía y rendimiento del método mejorado	39
7.1.3.	Resultados de análisis – Método Actual	42
7.1.4.	Resultados de análisis – Método mejorado	45
7.1.5.	Resultados del análisis de estabilidad	50
7.1.6.	Resultados del Análisis estadístico	52
8.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	59
9.	CONCLUSIONES	63
10.	RECOMENDACIONES.....	64
11.	BIBLIOGRAFÍA	65
12.	ANEXO.....	67

RESUMEN

El método actual de fabricación del champú translucido incorpora una gran cantidad de aire y se visualiza en su aspecto no transparente, los análisis fisicoquímicos entre el proceso y reposo presentan una variación significativa, siendo la densidad un parámetro crítico con un valor de 0.800 g/ml fuera del rango indicado por la especificación técnica (0.9999 – 1.0390 g/ml).

Los lotes del 10 al 18 se realizaron con un nuevo método de fabricación, reduciendo el tiempo y la velocidad de mezcla de 20 Hz a 30 RPM, cambio en la secuencia de materias de primas del EMAL-270 y Coperland KD e implementación de paneles de control PLC, obteniendo un aspecto ligeramente aireado y menor variación entre los resultados de proceso y reposo I (12 horas), con una densidad de 1.0100 g/ml. Además, el tiempo de aprobación se redujo de 48 a 12 horas con el método mejorado, beneficiando la liberación de espacio del almacén de graneles y evitando que nuevos lotes producidos sean colocados en áreas inadecuadas e incumpliendo con las BPM.

Adicionalmente se analizaron muestras fabricadas con el método mejorado con un tiempo de reposo II de 24 horas, sin embargo, la variación no es significativa respecto al análisis en reposo I y se realizó una estabilidad acelerada por tres meses a una temperatura de 40°C a una muestra del lote 10 para asegurar que sus propiedades se mantienen en el tiempo.

La automatización mediante los paneles de control PLC permite programar el tiempo de mezcla, ocasionando que los lotes 10 al 18 cumplan la guía de fabricación a comparación del método actual que solo tres lotes (1,4 y 7) cumplieron. En promedio la producción de un champú con el método actual demora 1.61 horas, pero con el método mejorado se a reducido en un 15%, es decir 1.36 horas. El panel de control PLC ha impactado positivamente en el rendimiento del granel ya que cuenta con un contometro de agua, obteniendo 102.15% de rendimiento promedio constante mayor al método actual con un rendimiento de 100.04%.

1. INTRODUCCION

La empresa Unibell está dedicada al desarrollo y comercialización de productos capilares. En los últimos años ha tenido un crecimiento sostenido, han logrado expandirse a nuevos mercados internacionales como Reino Unido, España, Polonia, entre otros.

El aumento de producción ha generado que su planta ubicada en Breña produzca por encima de su capacidad máxima, generando nuevos desafíos para cumplir con la necesidad de clientes, manteniendo los estándares de calidad.

Por este motivo, han buscado mejorar los procesos de producción de sus productos a través de cambios en la metodología de fabricación, uso de materias primas homologas, ajustes en la formulación y la automatización de sus procesos.

Dentro de su diverso portafolio se encuentra un champú translúcido, denominado comercialmente “Translucent”, uno de los productos más comerciales debido a su bajo precio y calidad. Sin embargo, al finalizar su fabricación, el granel se encuentra demasiado aireado por lo que debe reposar por 48 horas para ser aprobado y liberado por el área de Control de Calidad.

El tiempo de espera genera que el área de almacén de graneles colapse ya que los nuevos productos fabricados no tienen espacio por lo que terminan almacenados en áreas inadecuadas, generando el incumplimiento de las buenas prácticas de manufactura (BPM).

1.1.Planteamiento del problema

1.1.1. Determinación del problema

Durante la producción del champú translucido se incorpora aire debido a la alta velocidad de mezclado de 20 Hz y se agudiza por el incumplimiento de los tiempos de mezcla indicado en la guía de fabricación ya que los reactores solo cuentan con un tablero para programar la velocidad del ancla y homogenizador. Los fabricantes para controlar los tiempos se guían por la hora marcada por el termohigrómetro que se encuentra en el área de Líquidos I, adicionando minutos de mezcla al proceso y aumentando el tiempo de producción. El llenado de agua en el proceso se realiza con alturas referenciales del reactor afectando en la cantidad de granel obtenido y por ende al rendimiento inconstante que fluctúa entre 97 a 103%.

El aire incorporado afecta a las lecturas de pH y viscosidad, pero se encuentran dentro del rango de la especificación técnica, caso contrario sucede en el aspecto ya que el aire impide que el granel se visualice transparente y la densidad se encuentre fuera del rango establecido (0.9999 a 1.0390 g/ml). El champú debe de reposar por 48 horas para la liberación del aire y el área de Control de Calidad apruebe el granel para su posterior envasado, durante este tiempo los bidones se encuentran en el área de almacén de graneles disminuyendo el espacio para los nuevos lotes producidos, generando que se coloquen en lugares inadecuados como pasillos del área de fábrica que no cuentan con las condiciones de almacenamiento. Además, obstruye el libre tránsito del personal y materia prima e incumple las buenas prácticas de manufactura (BPM). Una medida provisional fue desactivar el sistema de refrigeración del área del Almacén de graneles para que el calor del ambiente de fabricación acelere la liberación del aire en el champú perjudicando a otros

graneles que requieren enfriamiento para aumentar su viscosidad o evitar problemas de etiquetas englobadas en el envasado, entre otros. Cabe resaltar, que el problema del almacén se agudiza ante la presencia de graneles que esperan ser reprocesados, necesitan mayor tiempo de reposo para alcanzar su viscosidad, aumento de productividad o en algunos casos realizar ajustes de pH, viscosidad, peróxido de hidrógeno, entre otros, con determinada cantidad de materia prima que se adicionan a los bidones y se mezclan con el homogenizador. La aprobación de graneles generalmente se realizan un día después de la fabricación, de lo contrario genera que el almacén colapse.

1.1.2. Formulación del problema

¿Los cambios realizados en el método de fabricación e implementación de paneles de control PLC reducen la incorporación de aire?

1.2.Objetivos

1.2.1. Objetivos General

Minimizar la incorporación de aire del champú translucido

1.2.2. Objetivos Específicos

- Reducir el tiempo de fabricación del champú
- Modificar el método de fabricación del champú
- Cumplir con las buenas prácticas de manufactura
- Minimizar el tiempo de aprobación del granel

1.3.Importancia y alcance de la investigación

La empresa Unibell presenta una mayor producción que su capacidad instalada, por lo tanto, se debe buscar mejoras en el proceso de producción y reducción de tiempos en sus productos más representativos como el champú Translucent para un flujo continuo entre el área de fábrica y envasado, cumpliendo la BPM ya que busca certificarse ante la Dirección General de Medicamentos, Insumos y Drogas (DIGEMID) y revalidar la certificación ISO 22716 otorgada por INTERTEK (Intertek Testing Services Peru S.A)para ingresar a nuevos mercados.

Los cambios en el método de fabricación e implementación de paneles de control PLC permite la producción del champú con una menor cantidad de aire, mejorando el aspecto y reduciendo el tiempo de aprobación del granel para su posterior envasado, liberando espacio en el almacén de graneles para nuevos lotes producidos evitando que sean descargados y colocados en los pasillos de fábrica que no cuentan con las condiciones de temperatura y humedad relativa adecuadas. La automatización del proceso con los paneles de control PLC permite programar el tiempo de funcionamiento del ancla, homogenizador y la cantidad agua, reduciendo el tiempo de producción y aumentando el rendimiento de la cantidad producida del granel.

2. REVISION DE LA LITERATURA

2.1.Marco teórico

2.1.1. Champú

Los champús son uno de los productos más comercializados en la categoría de limpieza y condiciones del cuidado del cabello. Está formulado para limpiar el cabello y el cuero cabelludo y mantener el cabello suave y brillante. En general, los champús se clasifican en cuatro categorías, a saber, champús acondicionadores, champús medicinales, champús para bebés y champús secos. Además, algunos de los champús están preparados con ingredientes activos especiales que pueden aportar valor añadido y se comercializan como anticaspa, ricos en proteínas, cabellos grasos, anticaída, etc. (Thirunavukkarasu & Nithya, 2025)

Este producto está compuesto por diversos agentes tensioactivos, que son moléculas bipolares con extremos hidrofóbicos e hidrofílicos que actúan para disminuir la tensión superficial entre las interfaces. Los principales tensioactivos utilizados en los champús funcionan como detergentes y humectantes. Los detergentes eliminan el sebo y otras impurezas (incluidos los restos epiteliales o incrustaciones, productos capilares y otras partículas ambientales) mediante emulsificación, lo que mejora la humectación del cuero cabelludo y la dispersión de los ingredientes activos, además de eliminar la irritación asociada con la retención de estas sustancias. (EMERSON & BRODELL, 2020)

Es importante tener en cuenta las interacciones entre moléculas para definir la función y la eficacia del champú, ya que pueden desencadenar una respuesta compleja del sistema en determinadas condiciones definidas por los cambios de temperatura, humedad y pH. (Thompson, Ainger, Starck, Mykhaylyk, & Ryan, 2022)

2.1.2. Composición del champú

Estos champús están disponibles en diversas formas, como líquidos, geles, pastas, lociones o cremas, etc. A pesar de sus diversas formas, todas las formulaciones contienen una mezcla de tensioactivos, agentes espesantes, reguladores de pH, colorantes y conservantes. (Thirunavukkarasu & Nithya, 2025)

2.1.2.1. Surfactantes

Los surfactantes o tensioactivos tienen la función de llevar a cabo los mecanismos de limpieza, actuando para eliminar la suciedad y las suciedades del cabello. Sin embargo, también contribuye a la capacidad espumante de los champús, la solubilización de agentes activos y componentes, la moderación de la viscosidad y la suspensión de aditivos. (Thompson, Ainger, Starck, Mykhaylyk, & Ryan, 2022)

Los surfactantes se clasifican en cuatro grandes categorías: catiónicos, no iónicos, aniónicos y anfotéricos. (Bhatt, Rai, & Gupta, 2020)

a) Aniónicos

Los tensioactivos aniónicos presentan un grupo polar hidrófilo con carga negativa y son muy eficaces para eliminar la suciedad. Algunos ejemplos de tensioactivos aniónicos son el lauril sulfato de amonio, el lauril éter sulfato de sodio, el lauril sarcosinato de sodio, etc. Un aumento de las cargas eléctricas negativas en la superficie del cabello, así como aumentar el encrespamiento y la fricción. Para minimizar el daño, se añaden a la formulación otros tensioactivos llamados tensioactivos secundarios, como los tensioactivos no iónicos y anfóteros. (Martins & Gavazzoni Dias, 2019)

b) Catiónicos

Los tensioactivos catiónicos tienen un extremo hidrófilo con carga positiva. Tienden a neutralizar la red de carga negativa de la superficie del cabello y a minimizar el encrespamiento. Se utilizan a menudo como suavizantes de champú. Algunos ejemplos típicos son los cloruros de trimetilalquilamonio y los cloruros o bromuros de iones de benzalconio y alquilpiridinio. (Martins & Gavazzoni Dias, 2019)

c) Anfotéricos

Los tensioactivos anfotéricos presentan ambas propiedades, aniónica y catiónica. Además, son biodegradables y amigables con la piel. Los fosfolípidos, la fosfatidilcolina, la cocamidopropilhidroxisultaína, la cocamidopropil betaína, la fosfatidilserina y la fosfatidiletanolamina son buenos ejemplos de tensioactivos anfóteros. (Bhatt, Rai, & Gupta, 2020)

d) No iónicos

Estos se caracterizan por la presencia de grupos de cabeza hidrófilos que no se ionizan apreciablemente en agua. La formación de enlaces de hidrógeno disminuye con el aumento de la temperatura, por lo que la solubilidad en agua de los tensioactivos no iónicos disminuye a temperaturas más altas. Estos son menos sensibles a la dureza del agua en comparación con los tensioactivos aniónicos y generan menos espuma. (Bhatt, Rai, & Gupta, 2020)

Los surfactantes no iónicos son menos tóxicos, respetuosos con el medio ambiente, altamente estables y menos afectados por sales inorgánicas, ácidos y álcalis, por lo que son compatibles al combinarse con otros tipos de surfactantes. (Al-Azkawi, Al-Battashi, & Sivakumar, 2020)

2.1.2.2. Viscosantes

Permiten modificar la viscosidad del champú. Uno de los polímeros más utilizados son los carbómeros que actúan como estabilizadores con otros ingredientes y proporcionan propiedades viscoelásticas que permiten que los productos fluyan y se apliquen en las manos o el cabello. (Yavrukova, Radulova, & Danov, 2020) También el cloruro de sodio es muy utilizado en las formulaciones del champú debido a su bajo costo. (Thompson, Ainger, Starck, Mykhaylyk, & Ryan, 2022)

2.1.2.3. Ajustador de pH

Generalmente se utiliza el ácido cítrico o el hidróxido de sodio. El hidróxido de sodio también funciona como agente neutralizante para los espesantes acrílicos que se utilizan. El pH de los champús, suele estar entre 5,5 y 7,5. En caso de utilizar sales de amonio, el pH se encuentra entre 5,5 y 6,5. (Klein & Palefsky, 2007)

2.1.2.4. Conservante

Los champús no necesitan ser estériles, pero sí deben ser seguros y estar libres de organismos patógenos. Las soluciones de surfactantes aniónicos suministradas por el fabricante suelen contener un agente antimicrobiano, generalmente DMDM hidantoína o metilcloroisotiazolinona y metilisotiazolinona. Estos también son los conservantes más populares utilizados en las fórmulas de champús terminados. (Klein & Palefsky, 2007). El uso de dos conservantes es más efectivo que uno solo. Se debe tener en cuenta que los conservantes pueden perder eficacia mediante combinaciones de ingredientes, pH, etc. (Iwata & Shimada, 2013)

2.1.2.5.Fragancias

Las fragancias pueden afectar la viscosidad del champú (generalmente reduciéndola), la estabilidad del color, la estabilidad del olor y la claridad. Todos estos factores deben tenerse en cuenta al desarrollar, seleccionar y probar una fragancia. Las fragancias también son un factor importante en el costo de un champú y, por lo tanto, se suelen utilizar en concentraciones bajas, del 0,2 al 1 %. El orden de adición, la premezcla con un solubilizante (p. ej., alcanolamida) y la temperatura de adición son factores que deben considerarse al añadir una fragancia a un champú. (Klein & Palefsky , 2007)

2.1.2.6.Colorantes

Como la mayoría de los surfactantes que se usan habitualmente en champús tienen un color amarillo pajizo, la variedad de colores que se pueden lograr es limitada. El verde, el amarillo y el naranja son más fáciles de obtener que los tonos pastel. Otra preocupación al añadir color a un champú es la estabilidad del color. Los azules tienden a volverse verdes, los rojos a naranjas y los verdes a amarillos. Estos cambios de color pueden ocurrir si el champú se expone a la luz ultravioleta o simplemente por el calor y el envejecimiento. Los antioxidantes y los absorbentes de rayos UV suelen ayudar a mitigar este problema. (Klein & Palefsky , 2007)

2.2. Antecedentes del estudio

(Sánchez Macías, Seraquive Gualán, & Saldaña Muñoz, 2023) adicionaron yogur de cabra (GYM) a un champú ya que puede beneficiar a la hidratación de la piel, regenerar la epidermis y mejorar su estado inmunológico. Se realizaron análisis al champú con diferentes concentraciones de yogur de cabra (0%, 10%, 20%, 30%), obteniendo un champú con buena capacidad de limpieza, estabilidad de la espuma y tiempo de humectación, pero menos viscosos frente a una mayor concentración de GYM. Además, la presencia de GYM aumenta la luminosidad y produce un cambio en el color del champú.

(Thirunavukkarasu & Nithya, 2025) optimizaron la formulación de un champú verde a través de una mezcla de 6 componentes en diferentes concentraciones *Acalypha indica* (A,5-20 %), *Allium cepa* (B,5-20 %), *Phyllanthus emblica* (C,5-20 %), *Acacia concinna* (D,25-50 %), *Sapindus mukorossi* (E,25-50 %) y *Trigonella foenum-graecum* (F,10-35 %), obtenidos de productos naturales como hojas de plantas, chalotas (variedad de cebolla de origen frances), cuerpos fructíferos, cascaras y semillas respectivamente. Presentando un gran potencial para mitigar las infecciones fúngicas del cuero cabelludo, en el siguiente orden de sensibilidad: *Trichophyton rubrum*>*Candida albicans*>*Aspergillus fumigates*>*Candida tropicalis*.

(Wang , Qin, & Zhang, 2023) investigaron la complejación entre el ácido poli (estireno-co-metacrílico) (P(St-co-MAA)) y una serie de derivados de amonio cuaternario, que tendrían un gran potencial en las formulaciones de champús ya que la adición de complejos puede mantener una gran viscosidad a una temperatura de 70°C. Además, los complejos en el champú fueron beneficiosa para el espesamiento, que es difícil en los sistemas de tensioactivos aniónicos de aminoácidos, ayuda a generar más floculación antes durante el

lavado del cabello y mejora el rendimiento del cardado húmedo del champú fue significativamente mejor que el del champú comercial que contiene, por lo tanto, el complejo tiene potencial como espesante y acondicionador en las formulaciones de champús.

(Picken, Buensoz, & Fidge, 2025) formularon un champú con polímeros obtenidos a través de la policondensación del ácido málico, ácido láctico y glicólico, obteniendo un aumento en la viscosidad y el comportamiento elástico a comparación de champús sin ellos. Adicionalmente, son formulaciones hidrolíticamente degradable, sin embargo, las propiedades del champú se deterioran con el tiempo.

(Kora, 2023) describe la importancia de los biosurfactantes por su baja toxicidad ambiental, la biodegradabilidad, menor costo frente a los tensioactivos sintéticos provenientes del petróleo. Por otro lado, tienen propiedades antidermatofítica, que previene y trata infecciones ocasionadas por hongos. Kora se enfoca especialmente en los biosurfactantes de saponina de plantas de Indias pertenecientes a las familias Sapindaceae (*Sapindus* sp), Fabaceae (*Acacia concinna*, *Trigonella foenum-graecum*, *Vigna radiata*, *Cicer arietinum*, Rutaceas (*Citrus* sp), Malvaceae (*Hibiscus rosa sinensis*), Phyllanthaceae (*Phyllanthus emblica*), Asphodelaceae (*Aloe vera*), Asteraceae (*Eclipta alba*), Asparagaceae (*Agave* sp), Dioscoreaceae (*Dioscorea esculenta*), etc. Las diversas partes de la planta, se utilizan como jabón de baño, detergente para lavar, limpiador de utensilios, limpiador para el cabello, acondicionador para el cabello, champú, aceite para el cabello, tinte para el cabello, etc. La mayoría de las saponinas de la planta se utilizan para tratar diversos problemas de la piel y el cabello. Sirven como acondicionadores y limpiadores naturales sin agotar los aceites naturales de

la piel y el cabello. Además, la mayoría de las saponinas vegetales exhiben actividades de fortalecimiento del folículo piloso, promoción del crecimiento del cabello y teñido del cabello.

(Johnson, Trybala, & Starov, 2021) expone la alternativa del uso de biosurfactantes, sus ventajas y comparación frente a los tensioactivos sintéticos, como una vía mitigar los impactos ambientales que debido a su toxicidad y baja biodegradabilidad destruye la vida acuática y afecta negativamente a los procesos de tratamiento de aguas residuales.

La eficiencia de los biosurfactantes se ha demostrado mediante la reducción de la tensión superficial, lograda a concentraciones micelares críticas mucho más bajas que las de los tensioactivos sintéticos.

Existen limitaciones y desafíos para el uso de biosurfactantes por el bajo rendimiento de producción; evitando su uso a nivel industrial. El problema se agudiza debido a la falta de investigación sobre el uso de biosurfactantes en una mayor gama de aplicaciones industriales y de consumo para demostrar su eficacia e identificar biosurfactantes candidatos para la producción.

(Yavrukova, Radulova, & Danov, 2020) se enfoca en el comportamiento de soluciones mixtas de ésteres metílicos sulfonados (SME) y cocamidopropil betaína (CAPB) que forman micelas gigantes y como afecta en sus propiedades reológicas cuando se agregan aditivos como alcoholes grasos, la monoetanolamina de cocamida (CMEA) y la sal. En el caso de mezclar SME Y CAPB se observó el aumento de la viscosidad y en presencia de los aditivos se ensancha el “pico” de máxima viscosidad. Si se adiciona NaCl conduce a una curva de sal típica con un máximo alto, pero en presencia de dodecanol este máximo

es mucho menor. Se observa que a concentraciones de sal más bajas, el alcohol graso actúa como espesante y en concentraciones de sal más altas, como agente diluyente.

A nivel reológico se comporta de dos maneras reológico estándar o no estándar, el primero sigue el modelo de Maxwell y reptación-reacción de Cates; el segundo obedece al modelo de Maxwell en una región limitada por lo tanto se requiere modelos más complejos. La metodología de análisis e interpretación de datos podría aplicarse a cualquier otro sistema micelar viscoelástico.

(Mwithiga & Maina, 2025) formularon un champú con aceites esenciales de romero y jabón de Castilla sin perfume, se comparó con dos champús comerciales (A y B); demostrando un rendimiento acondicionador superior. El pH del champú formulado era cercano al neutro 7.10 y cumple con el rango establecido de 5 a 9 recomendado por la Organización Internacional de Normalización (ISO) y la oficina d Estándares de Kenia (KEBS). En el caso de los champús comerciales presentaban un pH ligeramente ácido. Se evaluó el contenido de materia seca de los tres champús, el menor contenido es del champú B(9%), en cambio el champú formulado tiene un contenido del 21%; por lo tanto, presenta una formulación equilibrada y estable.

(Pereira-Silva, Margarida Martins, & Sousa-Oliveira, 2022) revisa las ventajas de la nanotecnología en el cuidado y tratamiento de cabello ya que las fórmulas convencionales exhiben un rendimiento subóptimo y algunas pueden presentar problemas de toxicidad. Los nanomateriales tienen la capacidad de liberar adecuadamente el ingrediente activo tanto en el cabello como en el cuero cabelludo, maximizando la afinidad, el contacto y la retención del cabello, y proporcionar características dirigidas al folículo piloso, lo que garantiza estabilidad, eficacia y seguridad.

(Halthur & Carlstedt, 2025) se enfoca en el comportamiento del polímero y surfactante para comprender, controlar o ajustar la miscibilidad. Se estudia tres casos, tensioactivos iónicos con polímeros de carga similar, no iónicos y carga opuesta. Si bien existe estudios previos sobre el tema, está basado en el uso de polímeros y tensioactivos “clásicos” pero actualmente la industria busca sustituirlos con nuevas opciones más ecológicas, por ello la importancia de comprender el comportamiento de nuevos polímeros y tensioactivos para diseñar productos efectivos y estables.

3. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN

La planta de Unibell está ubicada en el distrito de Breña, es un edificio que consta de 4 pisos. La imagen 1 muestra el plano del primer piso; aquí se ubica un almacén de materia prima que se utiliza solo para los tótems de agua oxigenada y el área de materia prima que cuenta con tres cabinas de fraccionamiento y racks de almacenamiento donde se guardan diversas materias primas (Imagen 2). Además, cuenta con 2 montacargas I y II (imagen 1); el primero se utiliza para el traslado de materia prima y graneles. El segundo es para el traslado de materiales del área de envasado (envases, tapas, cajas, paletas, etc.) y traslado de bidones vacíos.

Imagen 1: Plano del primer piso (Elaboración propia)

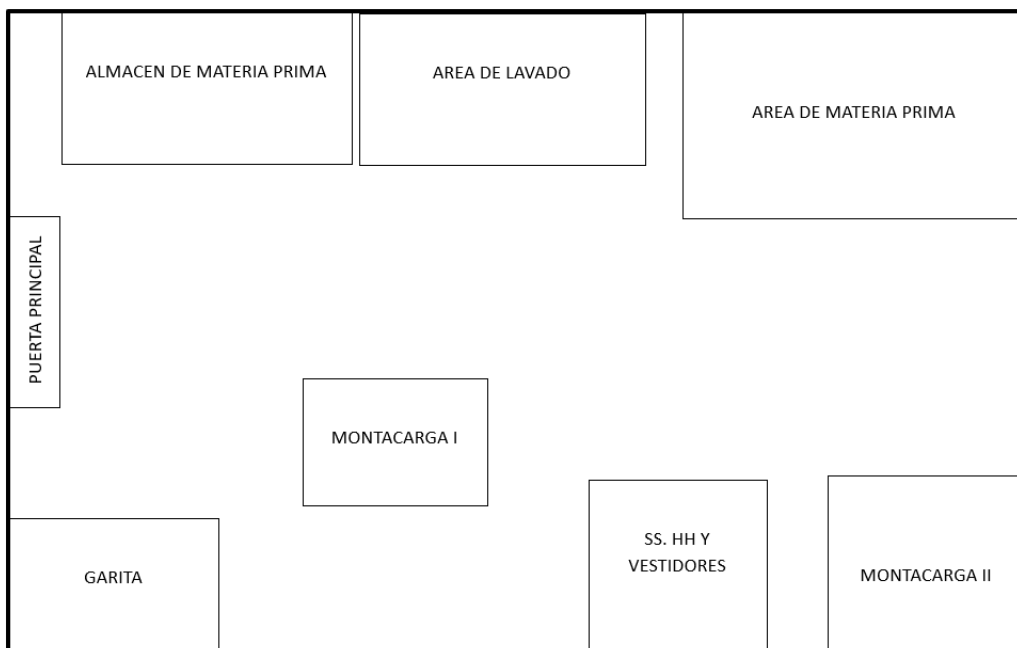
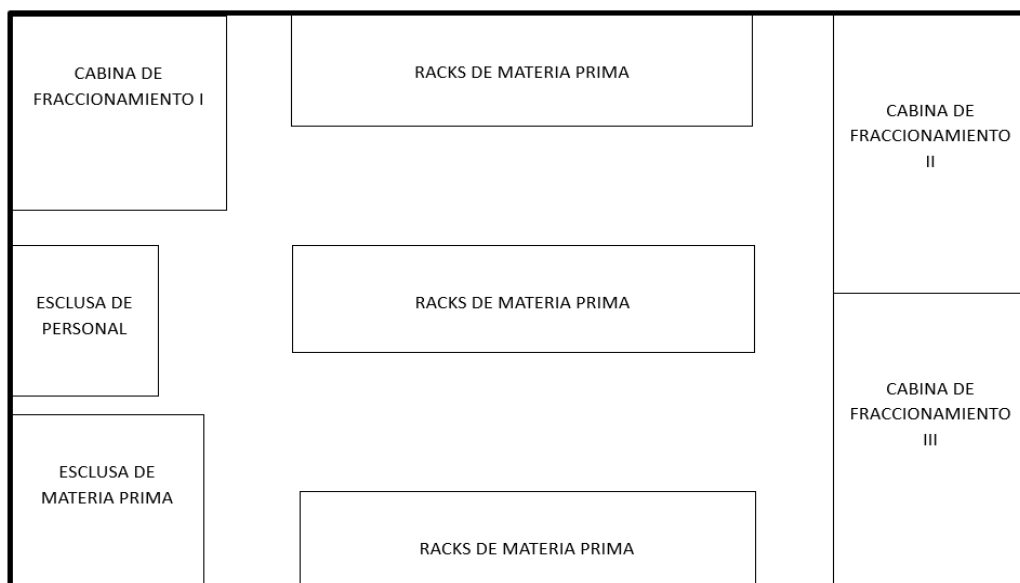


Imagen 2: Plano del Área de Materia Prima (Elaboración propia)



En el segundo piso se encuentra el área de fábrica, Control de Calidad y Microbiología (imagen 3). El área de fabricación cuenta con tres áreas: semisólidos I y II, líquidos I y líquidos II (imagen 4). El área de Semisólidos cuenta con el reactor R6 con una capacidad de 260 kg, usado principalmente para la fabricación de ceras para el cabello; el reactor R5-A tiene una capacidad de 800 Kg y la marmita M2 de 350 Kg; utilizados para la fabricación de lotes pequeños.

El área de Líquidos I cuenta con cuatro reactores (R1, R2-A, R3-A y R4) con una capacidad de 1000 Kg. El área de Líquidos II hay dos reactores R12 y R10 con una capacidad de 1000 y 600 kg respectivamente para fabricar específicamente productos que contengan amoniaco como tintes y permanentes.

Imagen 3:Plano del segundo piso (Elaboración propia)

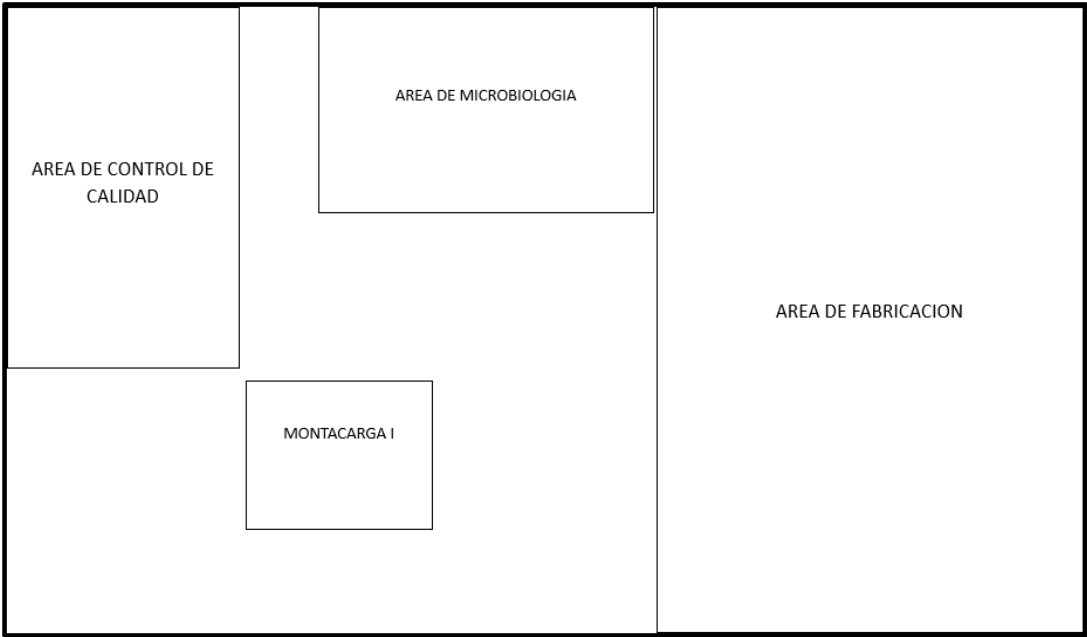
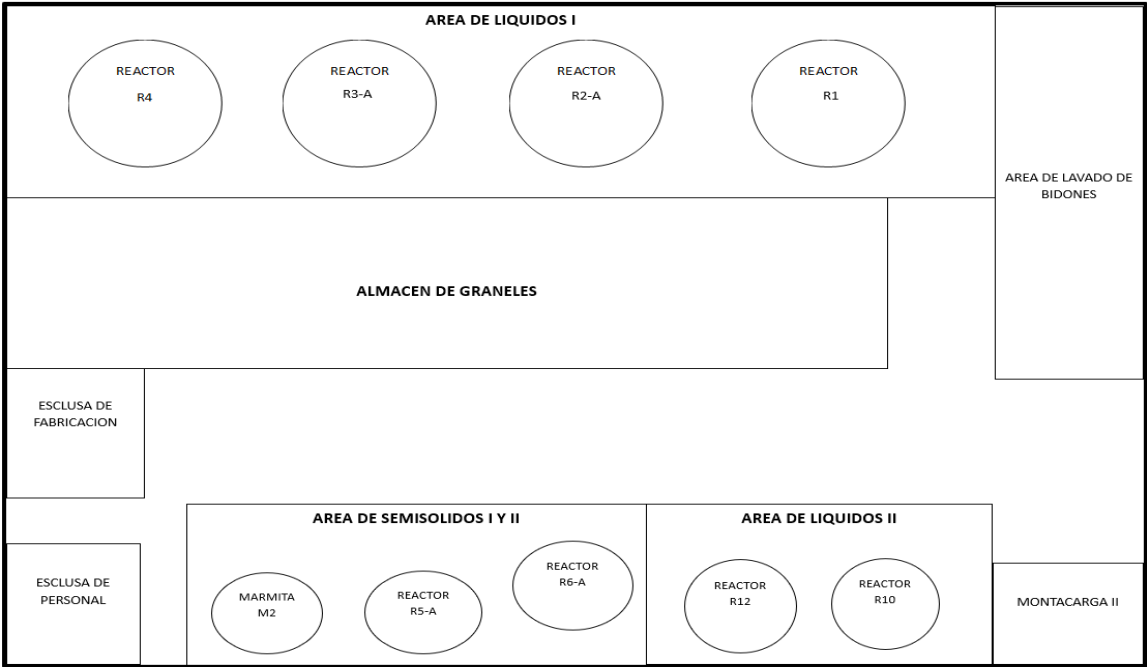
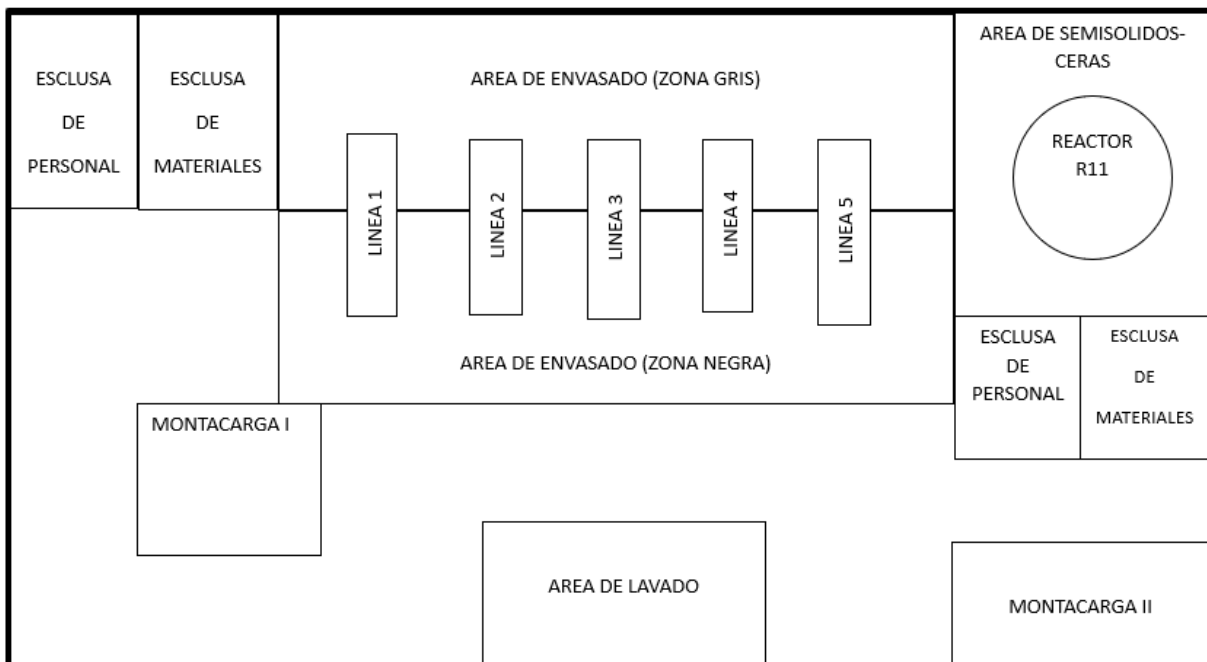


Imagen 4:Plano del Área de Fabricación - Segundo piso (elaboración propia)



En el tercer piso (imagen 5) se encuentra el área de envasado con cinco líneas para el envasado de champús, oxidantes, acondicionadores, tratamientos, etc. El área de fábrica de semisólidos- cera para la producción de ceras depilatorias corporales, cuenta con reactor R11 con una capacidad de 200 Kg.

Imagen 5: Plano del tercer piso (Elaboración propia)



En el cuarto piso se encuentra el área de fabricación semisólidos- tintes y el área de envasado (Imagen 6). Los productos envasados son tintes en formato sachet y siliconas en ampollas, envasadas en las cuatro líneas. El área de semisólidos- tintes (imagen 7) tiene dos reactores R8 y R7, capacidad de 300 y 200 Kg respectivamente, para la producción de tintes. El reactor R9 solo se utiliza para calentar agua necesaria para el proceso de fabricación de tintes.

Imagen 6: Plano del cuarto piso (Elaboración propia)

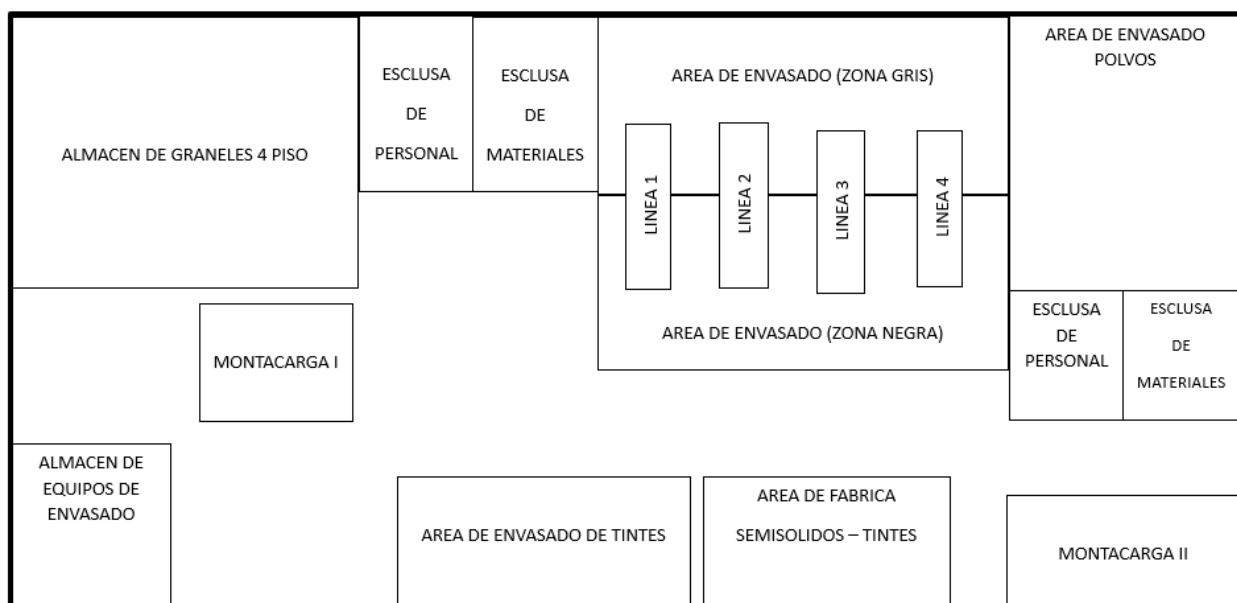
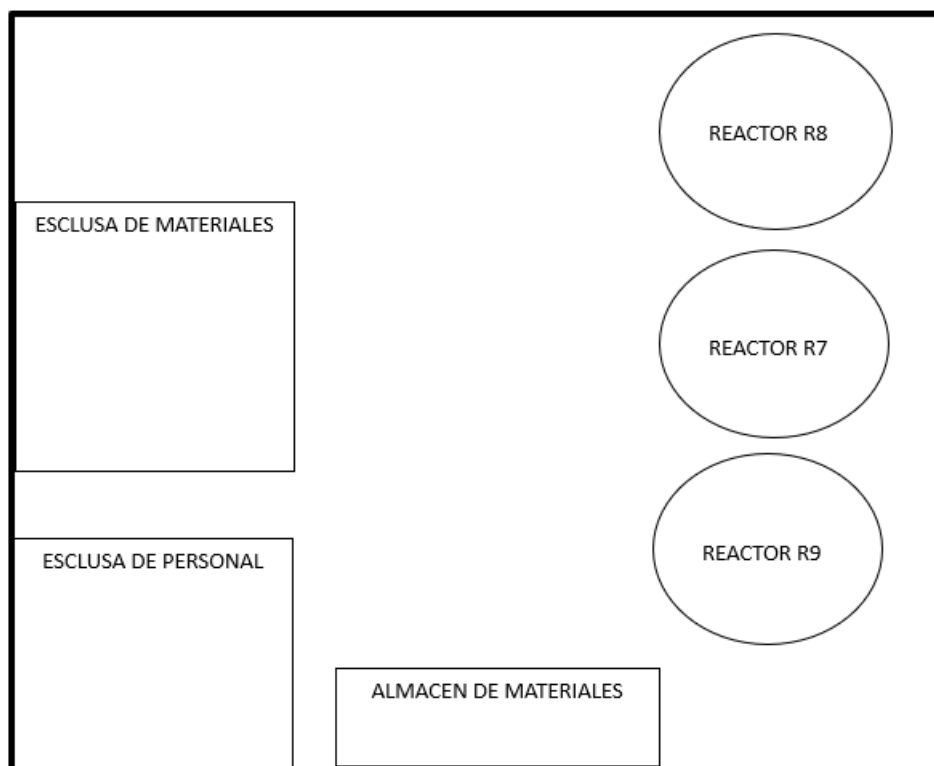


Imagen 7: Área de fabricación semisólidos- tintes (Elaboración propia)



4. FLUJO DE PRODUCCIÓN

4.1. Ingreso de materia prima

De acuerdo a la programación mensual a producir, se realizan las compra de materias primas. Para su ingreso a planta se verifica la documentación y el certificado de análisis. El área de Control de Calidad muestrea la materia prima y realiza los análisis respectivos según la especificación técnica. En el caso de cumplir todos los parámetros se procede con la aprobación; caso contrario se realiza el rechazo y la devolución total al proveedor.

4.2. Fraccionamiento de materia prima

El jefe de producción emite el programa de fabricación diario (tabla 1). El supervisor de Materia prima distribuye que productos fraccionará cada pesador y entrega la orden de fabricación, documento que especifica los datos del producto y las cantidades de las materias primas que deben pesarse para su fabricación. Al finalizar el fraccionamiento, la materia prima se coloca en la esclusa de materiales para posteriormente sean llevados a la esclusa de materiales del área de fabricación a través del montacarga I.

En la tabla 2 se observa la orden de fabricación para el champú translucido “Translucent” ya que es el producto que estamos investigando.

Tabla 1: Programa de Fabricación (Elaboración propia)

PROGRAMA DE FABRICACION						
ÓRDEN	Nº DE LOTE	BATCH (KG)	COD. BULK	NOMBRE DEL PRODUCTO	FABRICANTE	MÁQUINA
137606	2071274	1000	141	TRANSLUCENT SHAMPOO REFLEX	JU	R4
137607	2071284	1000	141	TRANSLUCENT SHAMPOO REFLEX	JU	R4
137608	2070094	1000	193	SHAMPOO MANZANILLA	JU	R4
137623	2070304	1000	5002	OXITEN ACTIVADOR EN CREMA 20 VOL.	JU	R4
137627	2070554	1000	095	NEUTRALIZANTE CREMOSO LANOSTERIN PROFESIONAL	JU	R4

Tabla 2: Orden de fabricación (Elaboración propia)

ORDEN DE FABRICACION			
Producto	SHAMPOO TRANSLUCENT		
Código:	141		
Lote:	2070014		
Orden:	175894		
Cantidad a producir:	1000 kg		
Fecha:	21/04/2025		
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
AG-XX	AGUA PURIFICADA	866.372	KG
AO-CO	ACIDO CITRICO USP	0.39	KG
C-11-D1	ROJO AMARANTO FD&C N°2, SOLUC 1%	0.259	KG
C-2-D1	AMARILLO 1000 NEC SOLUC 1%	1.168	KG
CO-SO	CLORURO DE SODIO	34.111	KG
IE-XX-02	COMPERLAND KD	17	KG
P-46	BOUQUET AZO4204TC	2	KG
PR-CG	PROCIDE CG	0.7	KG
TN-XX-09	EMAL 270-D	78	KG

4.3. Ingreso a la esclusa de materiales del área de fabricación

El habilitador coloca la materia prima en la esclusa de fábrica y el supervisor de fabrica verifica que la materia prima entregada se encuentre completa y conforme. Luego, el habilitador lleva la materia prima hacia el fabricante, según lo indicado en el programa de fabrica (Tabla 1). Si falta alguna materia prima se procede con la devolución y se informa al supervisor de materia prima.

4.4. Área de fabricación

El fabricante recepciona y verifica nuevamente la materia prima. El supervisor de fabrica entrega la guía de fabricación del producto a realizar. El fabricante inicia la fabricación del producto replicando el proceso que indica la guía.

4.5. Análisis de control de calidad

Al finalizar la fabricación el producto, el personal de control de calidad extrae una muestra del granel y realiza un análisis preliminar. Si los resultados son conformes, se imprime la tarjeta de cuarentena.

4.6. Descarga del granel

La tarjeta de cuarentena es entregada al fabricante y se coloca en los bidones donde procederá a descargar. Cada bidón tiene una capacidad de 200 kg, se rotula indicando los datos del granel y se pesa en la balanza.

4.7. Almacén de graneles

Los bidones son llevados al almacén de graneles y se coloca en la zona de cuarentena. Luego el personal de calidad revisa los bidones y extrae muestras para realizar un nuevo análisis de acuerdo a la especificación técnica. Si todos los resultados son conformes cambian la tarjeta de cuarentena por la tarjeta de aprobado.

4.8. Área de envasado

El granel aprobado es llevado del almacén de graneles al área de envasado. Al terminar de envasar, los bidones se devuelven al área de lavado de fábrica del segundo piso para que se laven y puedan utilizarse para descargar otros graneles.

5. HIPOTESIS Y VARIABLES

5.1.Hipótesis general

- La mejora del proceso de producción de champú translucido minimiza la incorporación de aire.

5.2.Hipótesis específicas

- La reducción de velocidad y tiempo minimiza la incorporación de aire
- La modificación del orden de adición de la materia prima mejora el aspecto del champú
- La automatización del proceso con paneles de control PLC reduce el tiempo de fabricación

5.3. Variable independiente

Velocidad y tiempo de mezcla del champú

Orden de adición de materias primas

Automatización de proceso con paneles PLC

5.4.Variable dependiente

Incorporación de aire en el proceso de fabricación

Aspecto del champú

Tiempo de fabricación del champú

5.5. Operacionalización de las variables

Tabla 3: Operacionalización de variables (Elaboración propia)

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADOR
Velocidad y tiempo de mezcla del champú	Parámetros operacionales aplicados durante el mezclado del champú	Disminuir el tiempo y velocidad durante la mezcla del champú	Mezclado	RPM Y MINUTOS
Orden de adición de materias primas	Secuencia en que se agregan los insumos	Modificación de secuencia del Coperland Kd	Proceso de fabricación	Adición de materia prima
Automatización de proceso con paneles PLC	Implementación de sistemas automáticos de control	Uso de paneles de control PLC	Automatización del proceso	Presencia o ausencia de paneles PLC
Incorporación de aire	Aire atrapado en el champú	Medición de la densidad	Análisis fisicoquímico	Densidad, % de aire, viscosidad
Aspecto del champú	Características visuales del producto	Evaluación visual	Análisis organoléptico	Aspecto, transparencia
Tiempo de fabricación del champú	Duración del proceso de fabricación	Tiempo empleado en la fabricación	Proceso de fabricación	Tiempo total

6. MATERIALES Y METODOS

6.1.Área de estudio

La presente investigación se realizó en la empresa Unibell, específicamente en el área de fabricación de Líquidos I.

6.2.Diseño de Investigación

La presente investigación es de tipo aplicada ya que busca resolver un problema en la empresa Unibell, con un enfoque cuantitativo debido a la recopilación y análisis de datos numéricos. Además, es cuasiexperimental de tipo comparativo porque se evalúan dos métodos operatorios

6.3.Población y muestra

La población del estudio está representada por los lotes fabricados de champú translucido de 1000 kg y la muestra es una cantidad aproximada de 500 gramos para realizar los análisis respectivos.

6.4.Procedimiento, técnicas e instrumentos de recolección de información

El procedimiento consiste en la fabricación de champú translucido, realizando un seguimiento de nueve lotes a cada método, actual y mejorado. En el caso del método actual, se realizan dos muestreos, el primero al finalizar la fabricación (análisis en proceso) y después de 48 horas (análisis en reposo). Los lotes fabricados con el método mejorado se muestrean tres veces, análisis en proceso, análisis en reposo I (12 horas) y análisis en reposo II (24 horas). Posteriormente, se analizan de acuerdo a la especificación técnica. Debido al cambio de método, se realiza una estabilidad acelerada por 3 meses a 40°C.

La recopilación de datos de tiempo y granel obtenido se registran en las guías de fabricación.

6.4.1. Mejoras del proceso de producción

La producción de champú bajo el método mejorado, se basa en la implantación de las siguientes mejoras:

- Disminución de la velocidad de mezcla
- Reducción del tiempo de mezcla
- Cambio de secuencia de adición de materia prima Emal-270 y Coperland KD
- Implementación de paneles de control PLC

6.4.2. Materia prima

El proceso de fabricación inicia con la entrega de materia prima. En la tabla 4 se detalla la cantidad necesaria para la producción del champú de 1000 Kg.

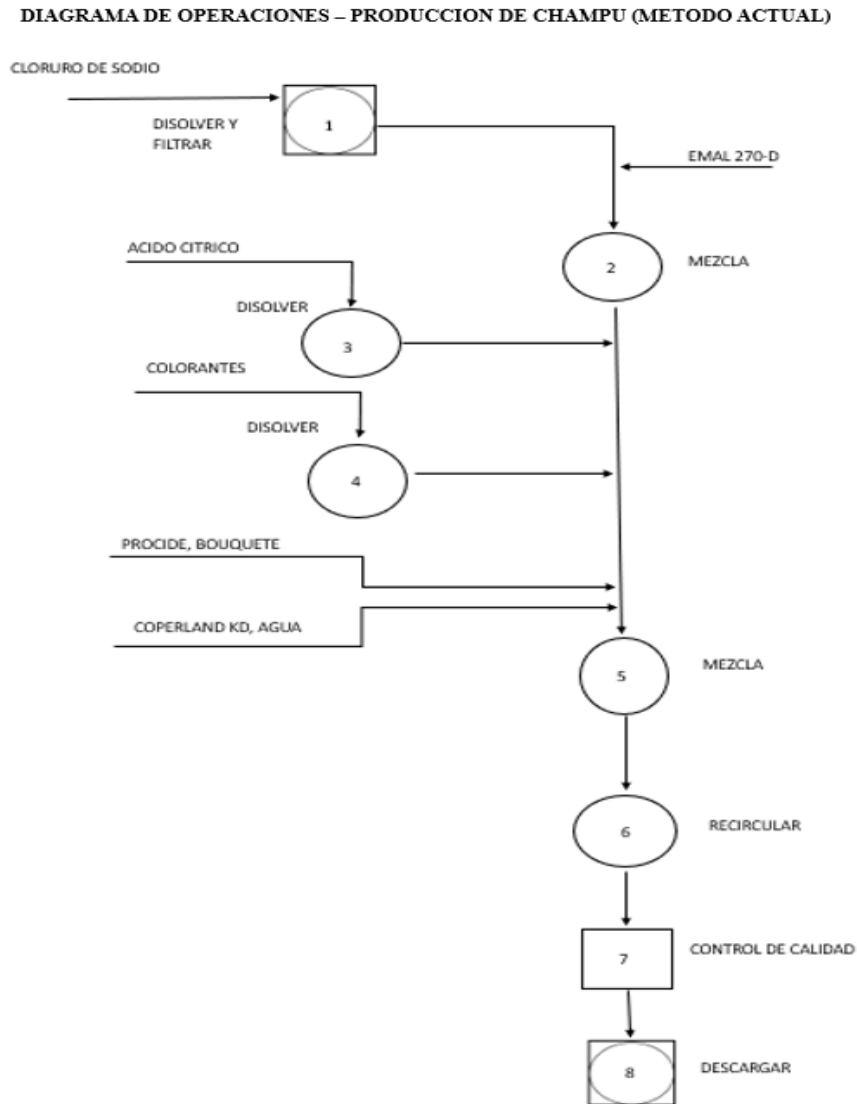
Tabla 4:Materia Prima (Elaboración propia)

DESCRIPCION	CANTIDAD (KG)	FUNCION
AGUA PURIFICADA	866.372	Solvente
ACIDO CITRICO USP	0.39	Regulador pH
ROJO AMARANTO FD&C N°2, SOLUC 1%	0.259	Colorante
AMARILLO 1000 NEC SOLUC 1%	1.168	Colorante
CLORURO DE SODIO	34.111	Agente viscosante
COMPERLAND KD	17	Surfactante 2
BOUQUET AZO4204TC	2	Fragancia
PROCIDE CG	0.7	Conservante
EMAL 270-D	78	Surfactante 1

6.4.3. Método actual de fabricación

Se detalla el proceso de fabricación de champú bajo el método actual (Diagrama 1)

Diagrama 1: DOP Producción de Champú (Método actual)



Paso 1: En un recipiente auxiliar a temperatura ambiente se disuelve el cloruro de sodio en 10% de agua purificada y se filtra con malla N° 100 para eliminar las impurezas y se agrega al reactor.

Paso 2: Luego se agrega EMAL 270-D, se mezcla a una velocidad de 20 Hz por 10 a 15 minutos.

Paso 3: En recipiente auxiliar se disuelve el ácido cítrico con agua purificada y se coloca en el reactor.

Paso 4: Añadir los colorantes disueltos, rojo amaranto y amarillo.

Paso 5: Agregar el procide, bouquet, coperland Kd y mezclar a 20 Hz por 10 a 15 minutos

Paso 6: Se agrega el agua purificada restante y se mezcla a 20 Hz

Paso 7: Recircular el 10% del granel y mezclar a 20 Hz por 5 a 10 minutos.

Paso 8: Se solicita al personal de control de calidad que muestre el granel para su análisis.

Paso 9: Control de Calidad entrega la tarjeta de cuarentena al fabricante

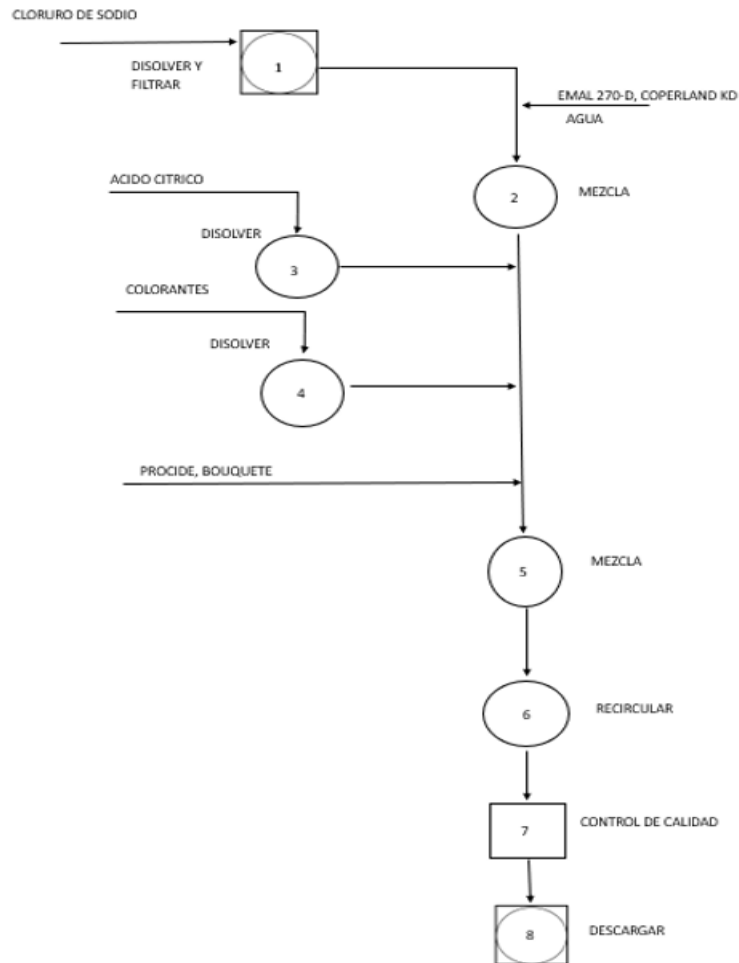
Paso 10: Se procede a descargar, pesar y rotular el granel.

6.4.4. Método mejorado de fabricación

Se detalla el proceso de fabricación de champú bajo el método mejorado (Diagrama 2)

Diagrama 2: DOP Producción de Champú (Método actual)

DIAGRAMA DE OPERACIONES – PRODUCCION DE CHAMPU (METODO MEJORADO)



Paso 1: En un recipiente auxiliar a temperatura ambiente se disuelve el cloruro de sodio en 10% de agua purificada y se filtra con malla N° 100 para eliminar las impurezas y se agrega al reactor.

Paso 2: Luego se agrega EMAL 270-D y Coperland, se mezcla a una velocidad de 40 RPM por 5 minutos.

Paso 3: Agregar 758 kg de agua purificada al reactor, mezclar a una velocidad de 10 RPM

Paso 4: En recipiente auxiliar se disuelve el ácido cítrico con agua purificada y se coloca en el reactor.

Paso 5: Añadir los colorantes disueltos, rojo amaranto y amarillo.

Paso 6: Agregar el procide, bouquet y mezclar a 30 RPM por 3 minutos

Paso 7: Recircular el 10% del granel y mezclar a 30 RPM por 2 minutos.

Paso 8: Se solicita al personal de control de calidad que muestre el granel para su análisis.

Paso 9: Control de Calidad entrega la tarjeta de cuarentena al fabricante

Paso 10: Se procede a descargar, pesar y rotular el granel.

6.4.5. Análisis del granel

Los análisis se realizan según la especificación técnica del producto (Tabla 5)

Tabla 5: Especificación Técnica (Elaboración propia)

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA		
ASPECTO	ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO	LIQUIDO VISCOSO TRANSPARENTE
COLOR		AMBAR SP
OLOR		PERFUMADO
PH (25°C)	ANÁLISIS FISCOQUÍMICO	4.8-6.8
VISCOSIDAD (25°C) SPIN 63; 6RPM		5000 - 16000 CPS
DENSIDAD (25°C)		0.999 - 1.039 G/ML

a) Análisis organoléptico:

Los análisis organolépticos se realizaron de acuerdo a especificación técnica del producto.

- Aspecto: se observó de manera visual las características del champú como transparencia, consistencia, uniformidad y presencia de aire. El material utilizado fue una espátula.
- Color: se colocó la muestra y el patrón del producto en beakers de 10 ml para visualizar la similitud de color. El análisis se realizó en una cabina de luz. La muestra puede colocarse en la centrifuga en caso de no percibir el color claramente por la presencia de aire.
- Olor: se percibió la fragancia directamente en los beaker; primero el patrón y luego la muestra para validar que la fragancia utilizada es la correcta.

b) Análisis fisicoquímico:

Los análisis fisicoquímicos se realizaron de acuerdo a especificación técnica del producto.

- pH: La muestra se colocó en un beaker de 500 ml a 25°C y se realizó la medición de pH de manera directa, sumergiendo el electrodo del potenciómetro Thermo Scientific Orion modelo 3 Star (Imagen 8); previamente calibrado en soluciones buffers 4.01, 7.00 y 10.01.

Imagen 8:Potenciómetro (Fuente propia)



- Viscosidad: En un beacker se colocó 500 ml de muestra a una temperatura de 25°C. La viscosidad del champú se midió en un viscosímetro digital marca Brookfield y modelo DV-E (Imagen 9), utilizando el spindle 63 a una velocidad de 6 RPM.

Imagen 9:Viscosímetro (Fuente propia)



- Densidad: La densidad se determinó utilizando un picnómetro metálico de 100 ml. En una balanza se pesó el picnómetro vacío y posteriormente el picnómetro lleno con

muestra de champú a una temperatura de 25°C. El volumen del picnómetro se obtuvo mediante el certificado de calibración.

c) Análisis de estabilidad

El primer lote de champú fabricado con el método mejorado se sometió a un ensayo de estabilidad acelerada por un periodo de 3 meses a una temperatura de 40°C, para evaluar si sus características organolépticas y fisicoquímicas se mantienen en el tiempo. Los análisis se desarrollaron según la especificación técnica del producto.

6.5. Análisis estadístico

Los datos recopilados se procesaron en el software SPSS para el análisis estadístico.

a) Prueba de normalidad: los datos se evaluaron con la prueba de shapiro wilk, para determinar si presentaban una distribución normal.

b) Prueba paramétrica

- Prueba t-student: se realizó la prueba t-student para evaluar si existe una diferencia significativa en los resultados, considerando un nivel de significancia de 95% ($\alpha=0.05$).

Los datos presentan una distribución normal.

c) Pruebas no paramétricas:

- Prueba Wilcoxon: se utiliza para comparar datos emparejados, pero no presentan una distribución normal.
- Prueba Mann-Whitney U: se emplea para comprar datos independientes que no cumplan con el criterio de normalidad
- Prueba Chi -cuadrado: se aplica para evaluar la relación de dos variables.

7. RESULTADOS

7.1. Presentación y Análisis de resultados

7.1.1. Resultados del tiempo de fabricación, cumplimiento de guía y rendimiento del método actual

La producción de champú se realizó conforme a la guía de fabricación que muestra a detalle las etapas operativas, así como el registro de temperaturas, tiempo y la cantidad de granel descargado. La información se presenta en la Tabla 24 (Anexo A).

El gráfico 1 indica el tiempo total de producción de cada lote y el gráfico 2 identifica que los lotes 1, 4 y 7 son los únicos que cumplieron con la guía.

En la tabla 26 (Anexo B) se consolida la información de tiempos y cumplimiento de la guía de fabricación, obteniendo un tiempo promedio de 1.61 horas.

En el gráfico 3 se observa el rendimiento por lote en el rango de 97 a 103%. Además, en la Tabla 28 (Anexo C) se especifica los pesos de cada bidón utilizado para almacenar el granel, peso neto total y el rendimiento de cada lote. El promedio de granel producido es 1000.4 kg con un rendimiento de 100.4%

Gráfico 1:Tiempo de fabricación por lote (Elaboración propia)

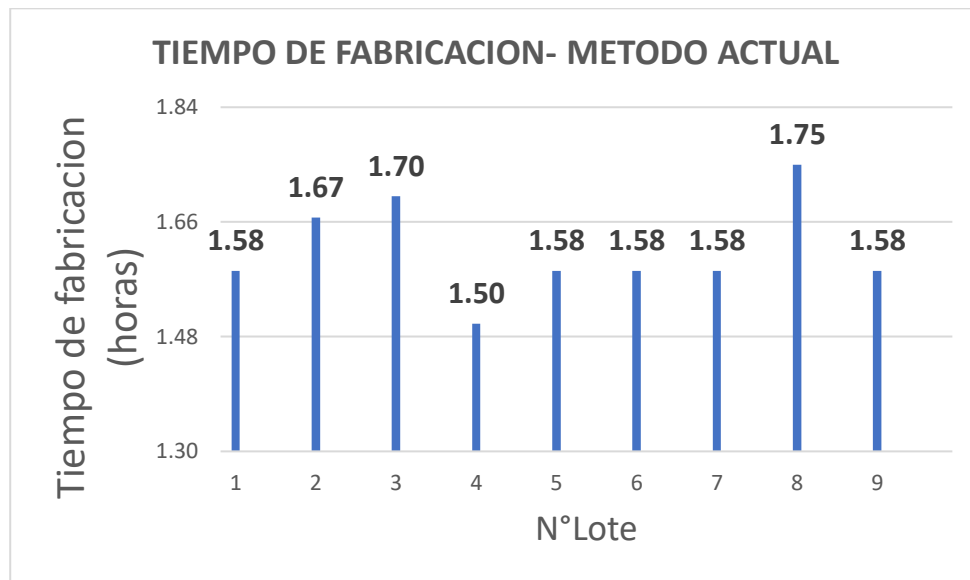


Gráfico 2:Cumplimiento de guía de fabricación por lote (Elaboración propia)

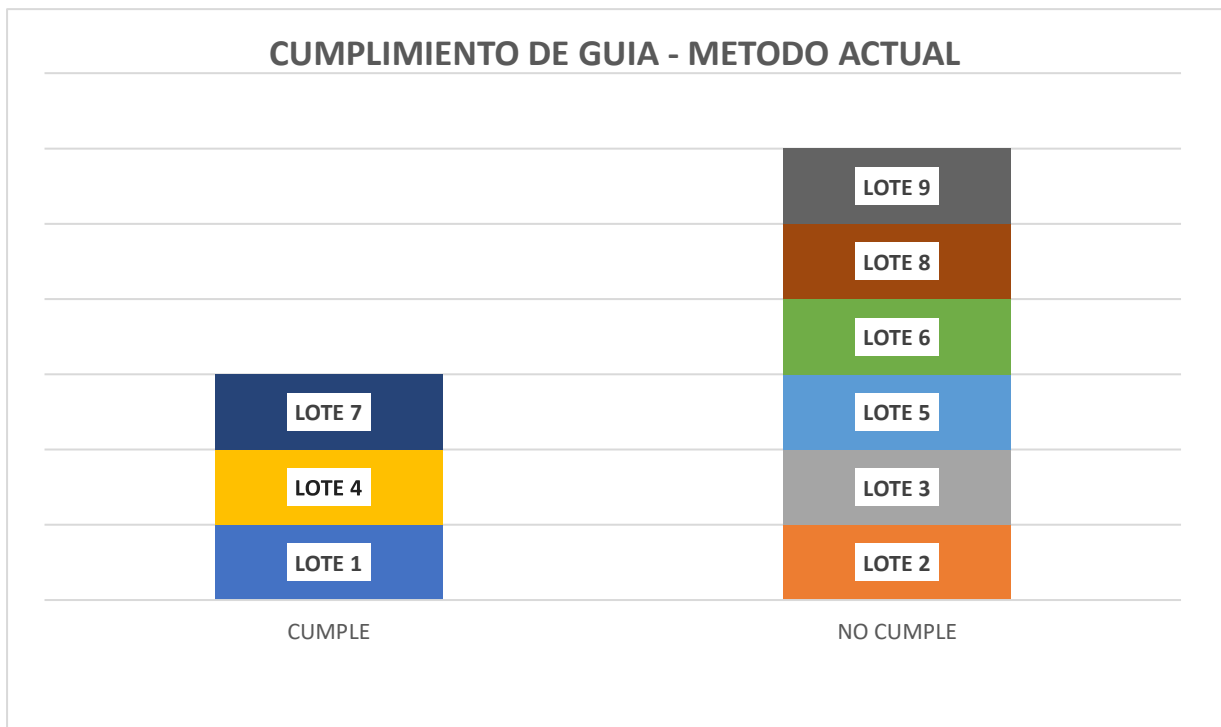
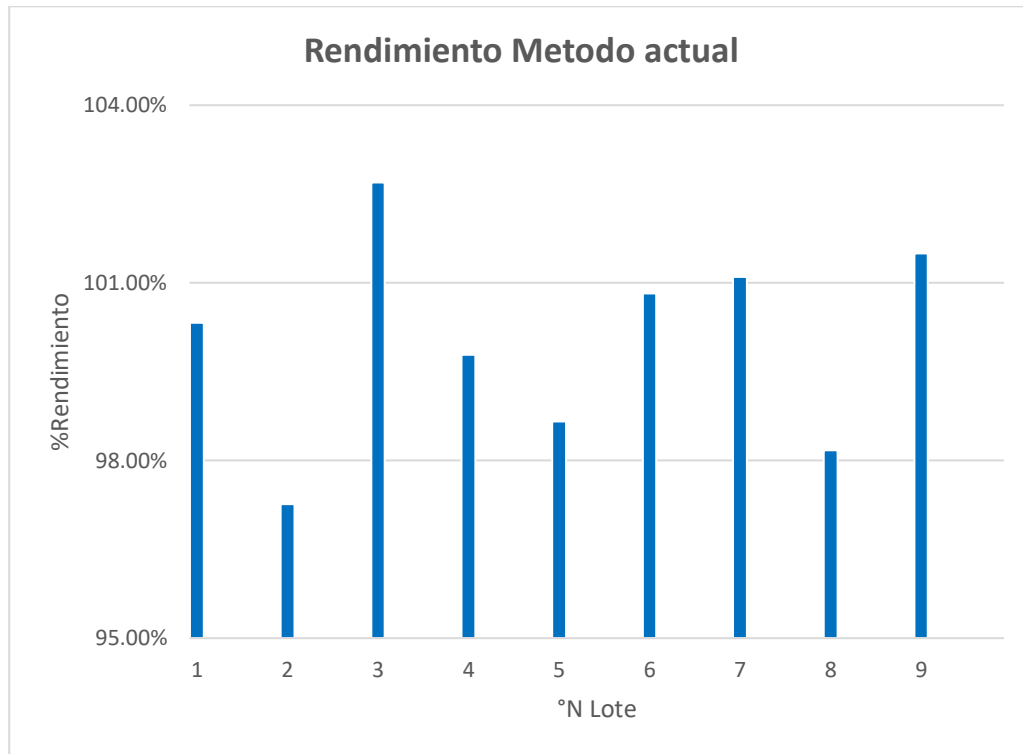


Gráfico 3: Rendimiento por lote fabricado (Elaboración propia)



7.1.2. Resultados del tiempo de fabricación, cumplimiento de guía y rendimiento del método mejorado

Los lotes 10 al 18 se fabricaron con el método mejorado de acuerdo a la guía de fabricación (Tabla 25- Anexo A), registrando los tiempos en cada etapa operativa y los pesos del granel descargado.

El gráfico 4 indica el tiempo total de producción de cada lote y el gráfico 5 identifica que todos los lotes producidos cumplieron con la guía.

En la tabla 27 (Anexo B) se consolida la información de tiempos y cumplimiento de la guía de fabricación, obteniendo un tiempo promedio de 1.36 horas.

En el gráfico 6 se observa el rendimiento por lote en el rango de 102 a 103%. Además, en la Tabla 29 (Anexo C) especifica los pesos de cada bidón utilizado para almacenar el granel, peso

neto total y el rendimiento de cada lote. El promedio de granel producido es 1021.5 kg con un rendimiento de 102.15%

Gráfico 4:Tiempo de fabricación por lote (Elaboración propia)

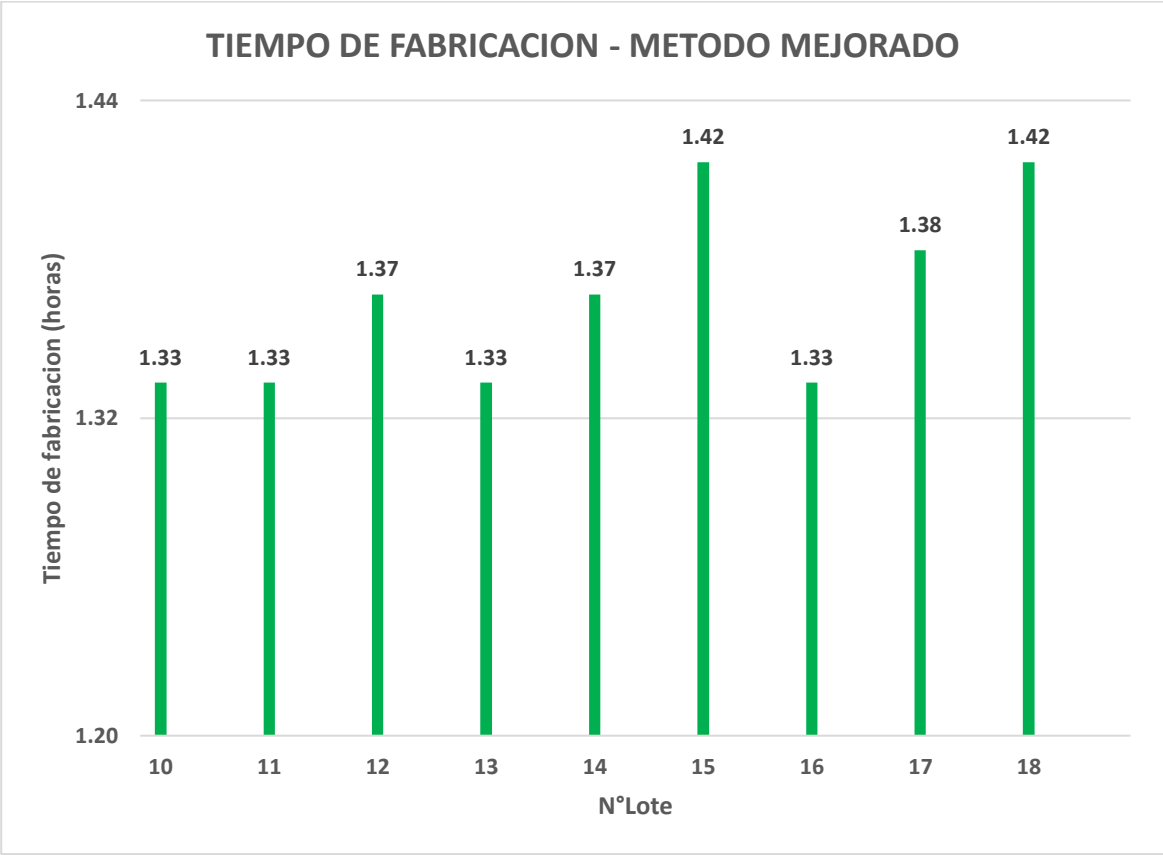


Gráfico 5: Cumplimiento de guía de fabricación por lote (Elaboración propia)

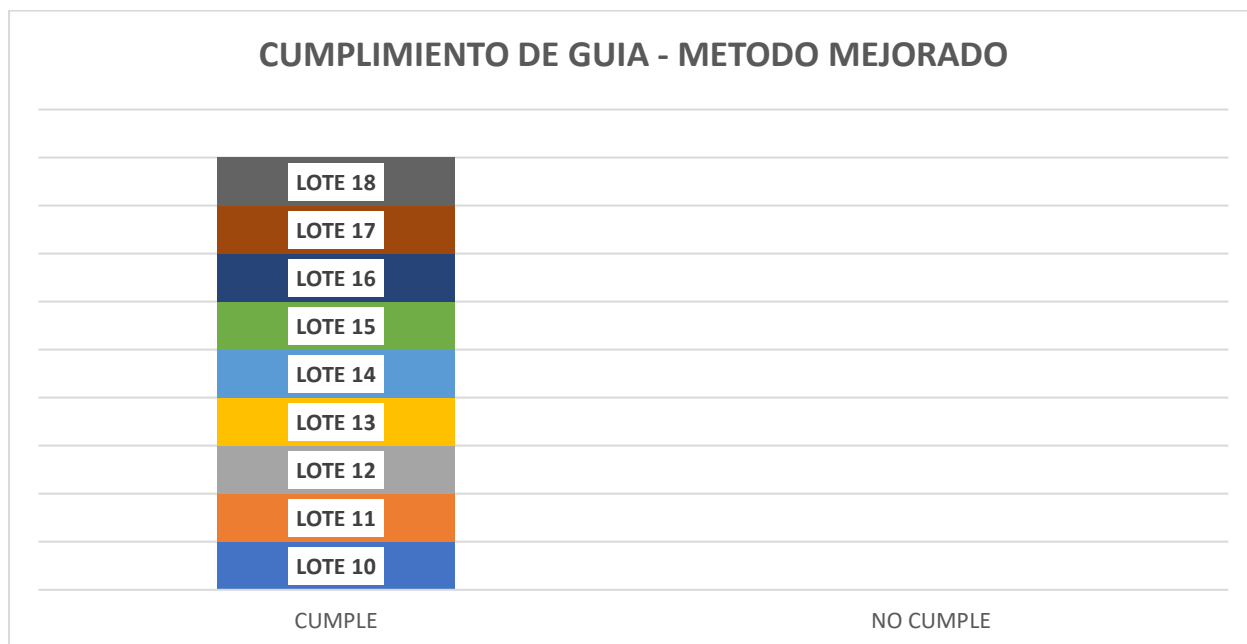
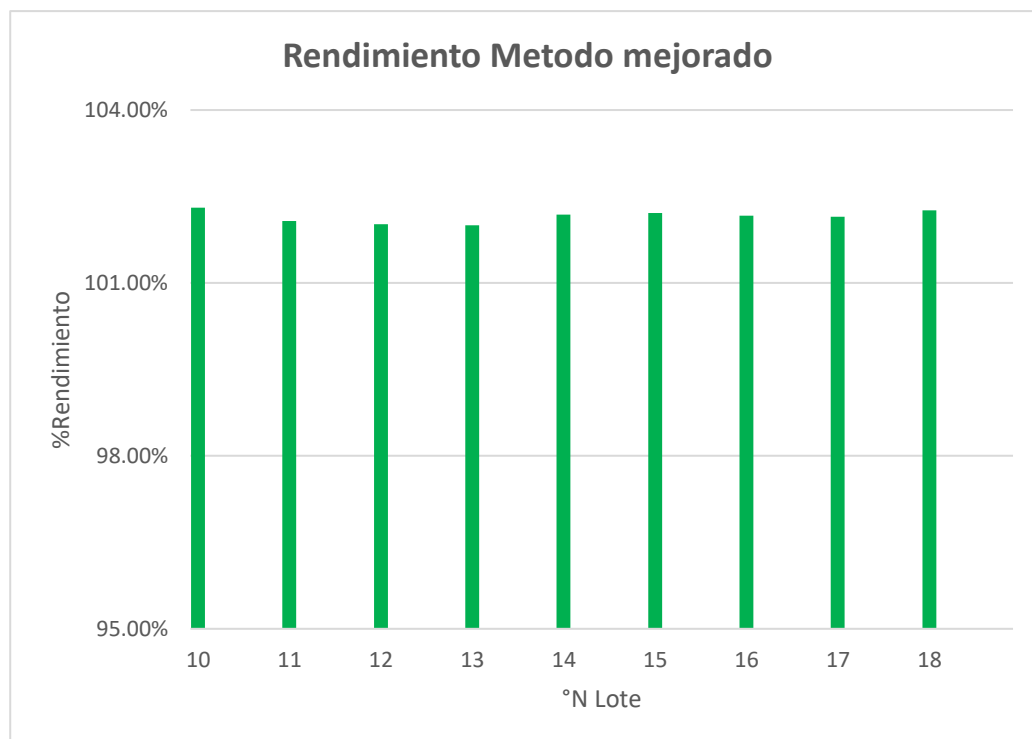


Gráfico 6: Rendimiento por lote fabricado (Elaboración propia)



7.1.3. Resultados de análisis – Método Actual

a) Análisis organoléptico

Los análisis organolépticos se encuentran conformes al patrón, sin embargo, el aspecto únicamente de las muestras tomadas durante el proceso se visualiza aireadas como se evidencia en la imagen 10. En las tablas 30 y 31 (Anexo D) se presentan los resultados de cada lote fabricado de acuerdo al método actual.

Imagen 10: Muestra de champú translucido en proceso-Método actual (Fuente propia)



b) Análisis fisicoquímico

La densidad de las muestras tomadas durante el proceso se encuentra en el rango de 0.8300 a 0.8700 g/ml, incumpliendo el rango estipulado en la especificación técnica, no obstante, los demás resultados son conformes de acuerdo a la Tabla 30 y 31 (Anexo D). En la tabla 35 (Anexo E) se detalla el cálculo de la densidad de las muestras en proceso y reposo.

Los lotes producidos con el método actual se aprobaron después de 48 horas. Además, existe una variación entre los resultados de análisis del proceso y reposo como se muestra en la Tabla 6. El pH disminuye entre el 1 a 9 %, la viscosidad se reduce de 4 a 6% y la densidad aumenta de 15 a

21%. En los gráficos 7,8 y 9 se visualiza la comparación de los resultados de pH, viscosidad y densidad.

Tabla 6: Tiempo de aprobación y % de variación (Elaboración propia)

N° LOTE	Tiempo de aprobación (horas)	% Variación pH	% Variación viscosidad	%Variación densidad
1	48	3.7%	6.1%	15.7%
2	48	1.6%	6.1%	16.7%
3	48	6.6%	4.5%	16.7%
4	48	8.1%	4.0%	16.7%
5	48	7.8%	5.5%	20.6%
6	48	4.8%	4.8%	19.6%
7	48	2.4%	5.4%	16.7%
8	48	2.4%	5.2%	17.9%
9	48	2.9%	5.8%	16.7%

Gráfico 7: Análisis de pH en proceso y reposo (Elaboración propia)

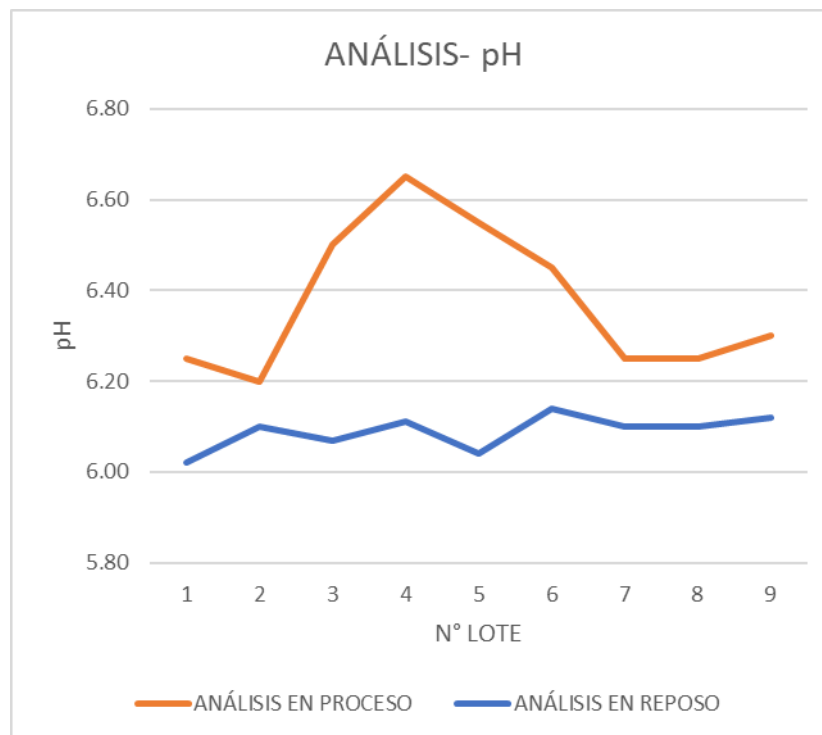


Gráfico 8: Análisis de viscosidad en proceso y reposo (Elaboración propia)

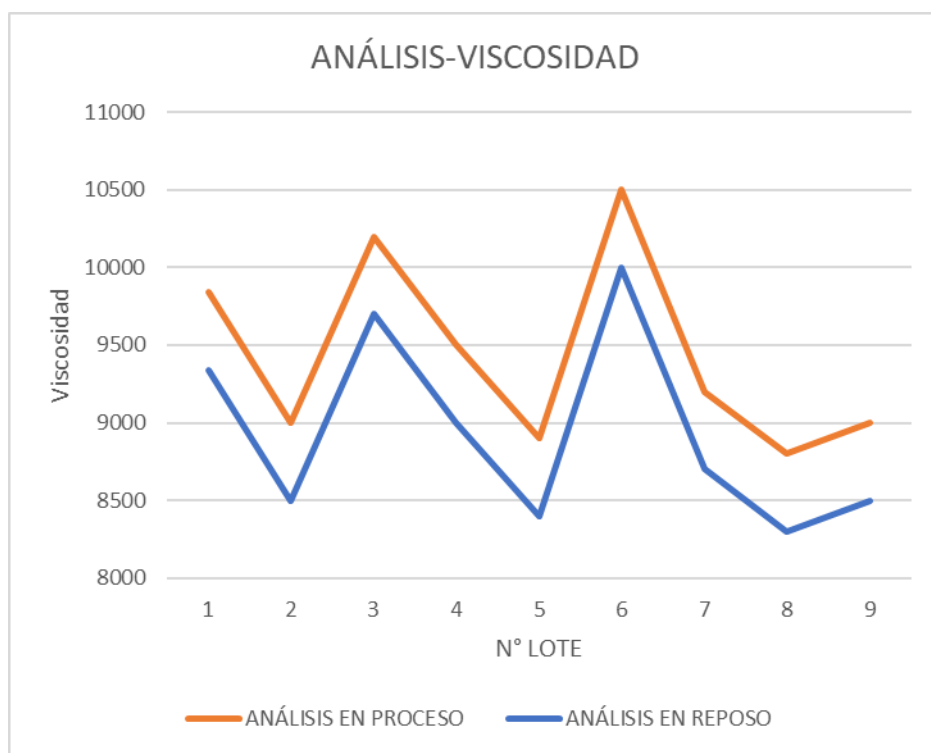
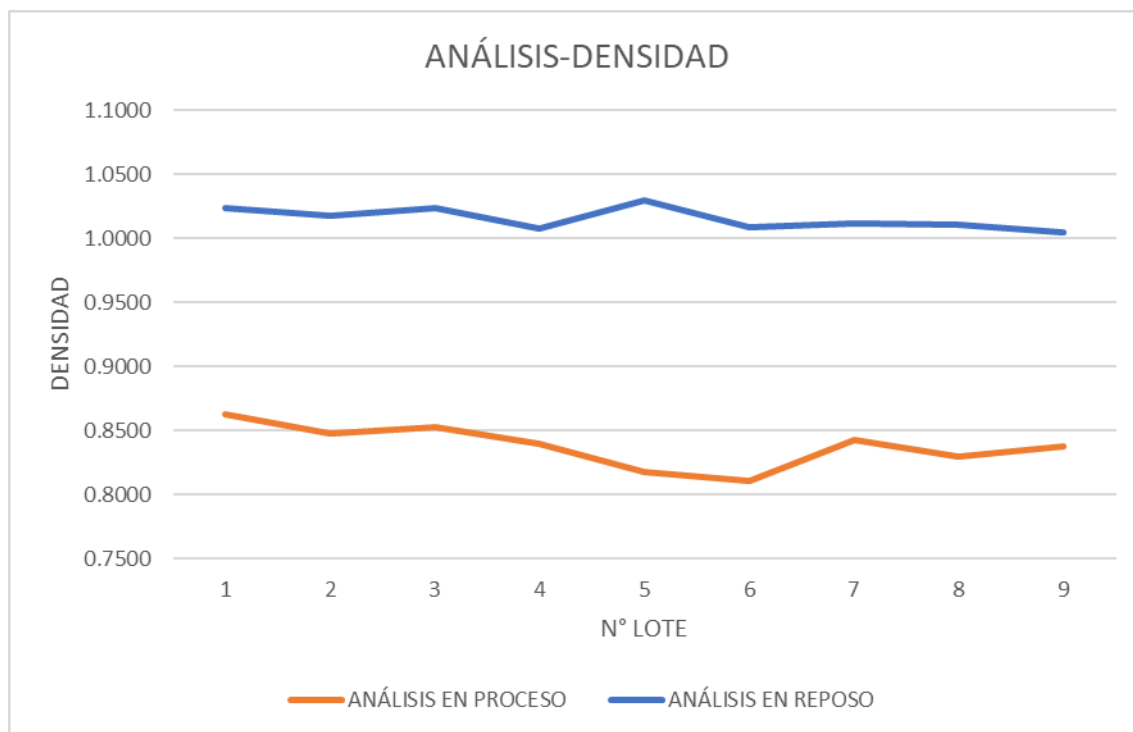


Gráfico 9: Análisis de densidad en proceso y reposo (Elaboración propia)

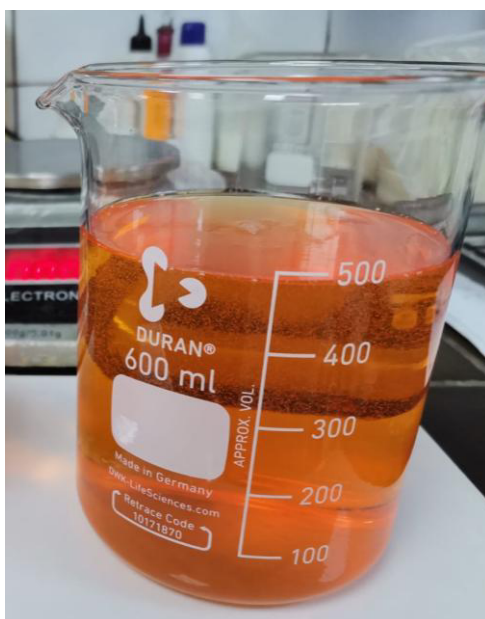


7.1.4. Resultados de análisis – Método mejorado

a) Análisis organoléptico

Los análisis organolépticos se encuentran conformes al patrón, sin embargo, el aspecto únicamente de las muestras tomadas durante el proceso se visualiza ligeramente aireadas como se evidencia en la imagen 11. En las tablas 32, 33 y 34 (Anexo D) se presentan los resultados de cada lote fabricado de acuerdo al método mejorado.

Imagen 11: Muestra de champú translucido en proceso – Método mejorado (Fuente propia)



b) Análisis fisicoquímico

Los resultados de los análisis fisicoquímicos del proceso, reposo I y II se encuentran dentro del rango indicado en la especificación técnica como se muestra en la Tabla 32, 33 y 34 (Anexo D).

En la tabla 36 (Anexo E) se detalla el cálculo de la densidad.

Los lotes producidos con el método mejorado se aprobaron 12 horas después de la fabricación. Además, existe una ligera variación entre los resultados de análisis del proceso y reposo I como se observa en la Tabla 7. El pH aumenta en 0.5 a 0.9 %, la viscosidad se reduce en 3.8% y la densidad incrementa en 0.3%. En los gráficos 10, 11 y 12 se visualiza la comparación de los resultados de pH, viscosidad y densidad.

Tabla 7: Tiempo de aprobación, % de variación de análisis procesos y Reposo I (Elaboración propia)

N° LOTE	Tiempo de aprobación (horas)	% Variación pH	% Variación viscosidad	%Variación densidad
10	12	0.8%	3.8%	0.3%
11	12	0.7%	3.8%	0.3%
12	12	0.8%	3.8%	0.3%
13	12	0.5%	3.8%	0.3%
14	12	0.9%	3.8%	0.3%
15	12	0.8%	3.8%	0.3%
16	12	0.5%	3.8%	0.3%
17	12	0.6%	3.8%	0.3%
18	12	0.8%	3.8%	0.3%

Gráfico 10: Análisis de pH en proceso y reposo I (Elaboración propia)

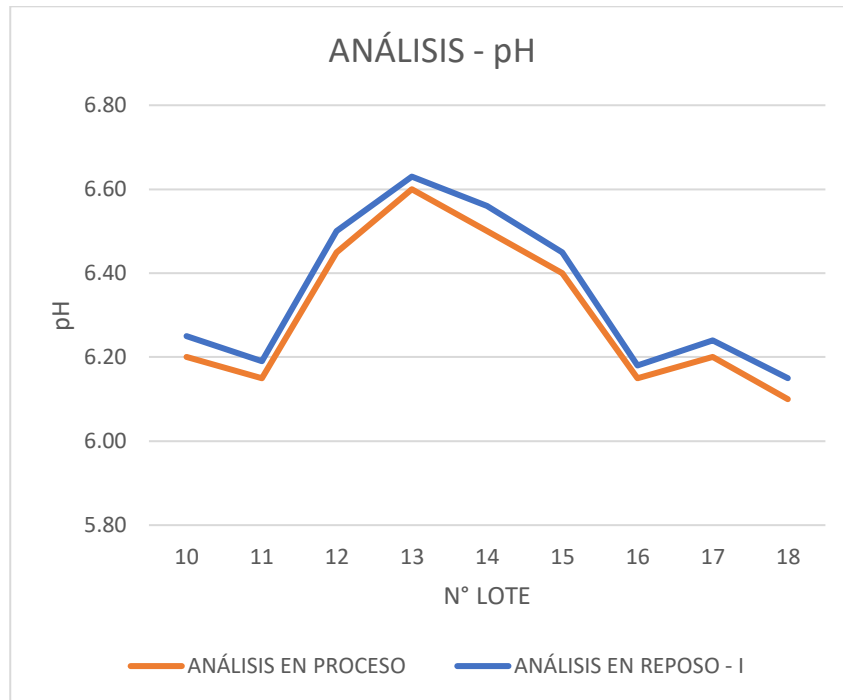


Gráfico 11: Análisis de viscosidad en proceso y reposo I (Elaboración propia)

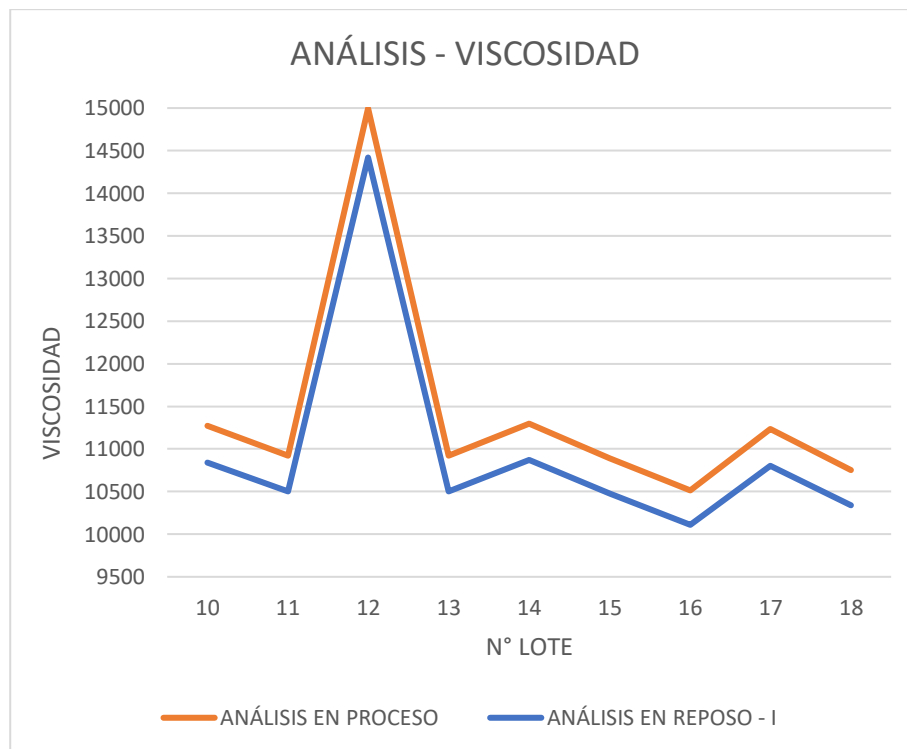
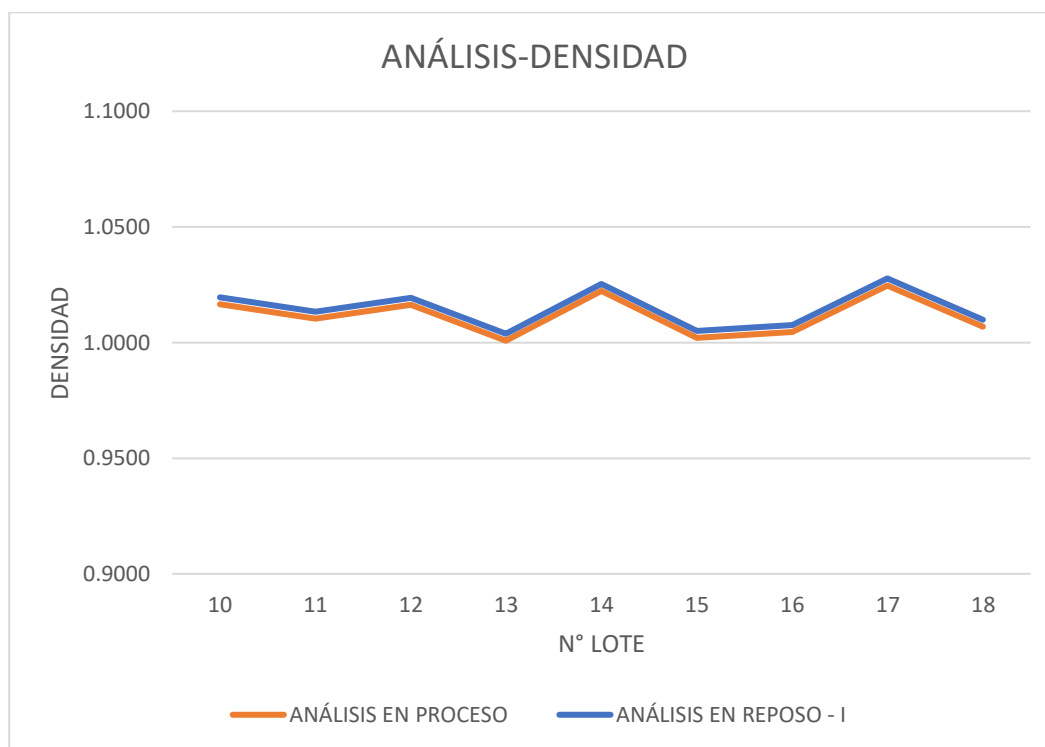


Gráfico 12: Análisis de densidad en proceso y reposo I (Elaboración propia)



El porcentaje de variación entre los resultados del análisis del reposo I y II es mínimo (Tabla 8).

El pH oscila entre -0.3 a 0.3%, la viscosidad en -0.3 a 0.2% y la densidad en -0.08 a 0.08%. En los gráficos 13, 14 y 15 se observan los resultados con 12 y 24 horas de reposo.

Tabla 8: % de variación de análisis de Reposo I y II (Elaboración propia)

N° LOTE	% Variación pH	% Variación viscosidad	%Variación densidad
10	0.3%	0.2%	0.07%
11	-0.2%	0.2%	0.02%
12	-0.2%	0.2%	-0.08%
13	-0.3%	-0.3%	-0.03%
14	0.3%	0.3%	0.06%
15	0.2%	0.2%	0.02%
16	-0.3%	-0.1%	0.03%
17	0.0%	0.2%	0.08%
18	0.3%	-0.3%	-0.03%

Gráfico 13: Análisis de pH en reposo I y II (Elaboración propia)

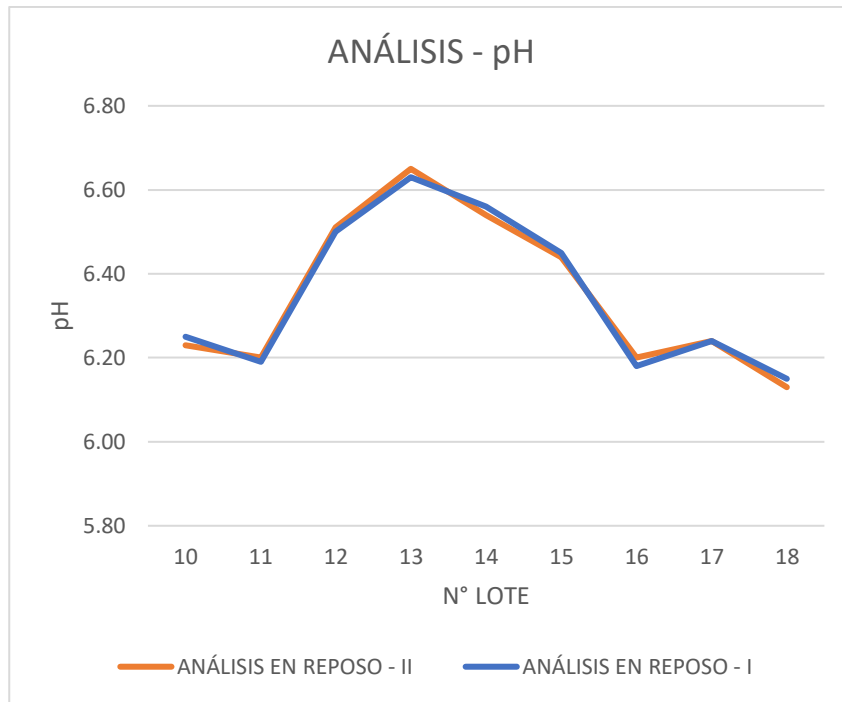


Gráfico 14: Análisis de viscosidad en reposo I y II (Elaboración propia)

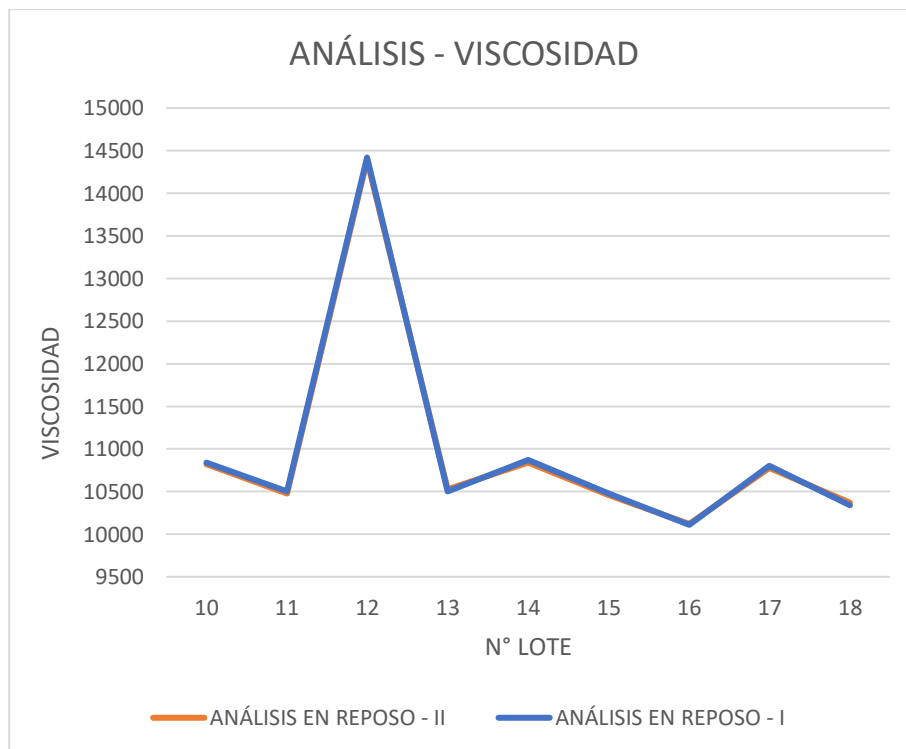
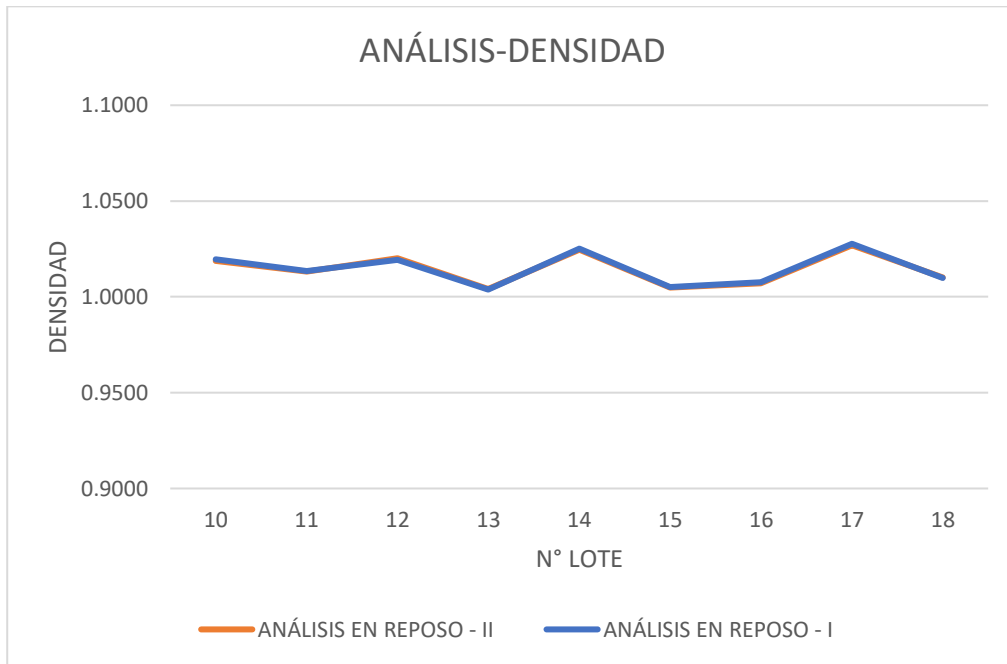


Gráfico 15: Análisis de densidad en reposo I y II (Elaboración propia)



7.1.5. Resultados del análisis de estabilidad

Se realizó un estudio de estabilidad acelerada a la muestra del lote N°10 por un periodo de 3 meses a una temperatura de 40°C. En la Tabla 9 se presentan los resultados de los parámetros analizados. Los gráficos 16, 17 y 18 muestran el comportamiento del pH, viscosidad y densidad respecto al tiempo.

Tabla 9: Estabilidad acelerada (Elaboración propia)

DESCRIPCION	SHAMPOO TRANSLUCENT				
COND. ALMACENAMIENTO	N°LOTE	10			
TEMPERATURA	40°C +/-2	Fecha de análisis			
HR%	75% +/-5 HR	30/04/2025	30/05/2024	30/06/2024	30/07/2025
ANALISIS	ESPECIFICACION TECNICA	0	1	2	3
ASPECTO	LIQUIDO VISCOSO TRANSPARENTE	OK	OK	OK	OK
COLOR	AMBAR SP	OK	OK	OK	OK
OLOR	PERFUMADO	OK	OK	OK	OK
PH (25°C)	4.80 - 6.80	6.25	6.24	6.25	6.26
VISCOSIDAD (25°C)	5000-16000	10840	10880	10925	10980
DENSIDAD (25°C)	0.9999 - 1.0390	1.0196	1.0218	1.0236	1.0259

Gráfico 16: Estabilidad acelerada- Análisis pH (Elaboración propia)

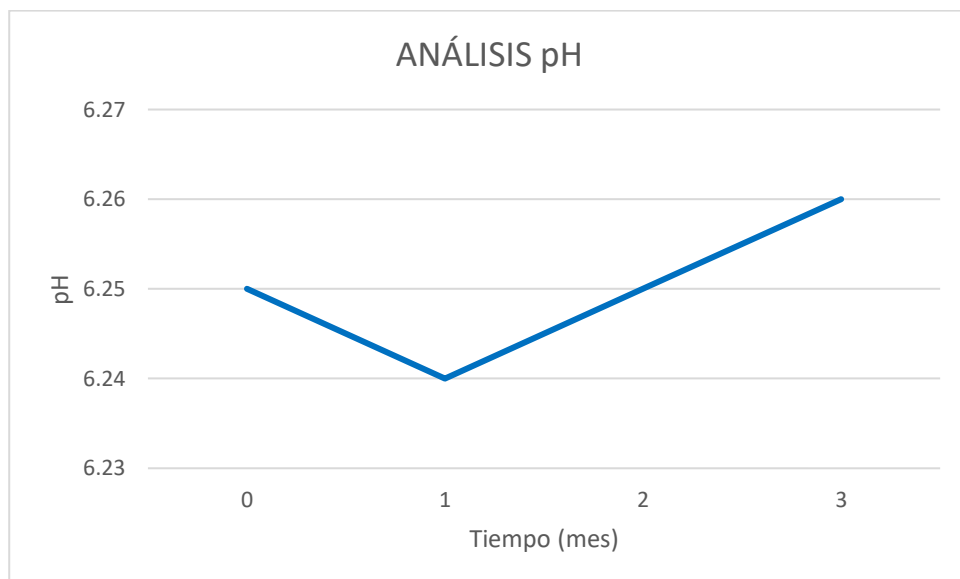


Gráfico 17: Estabilidad acelerada- Análisis viscosidad (Elaboración propia)

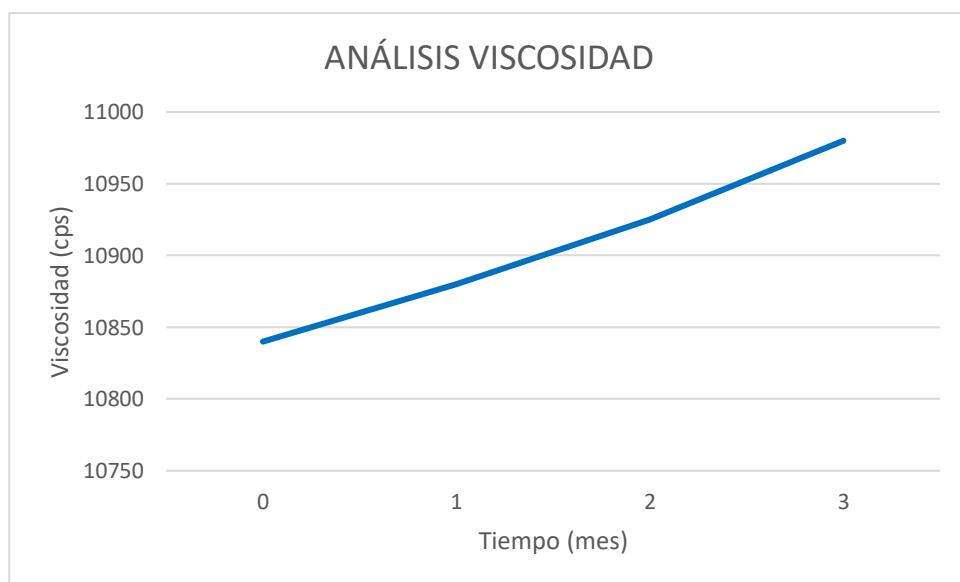
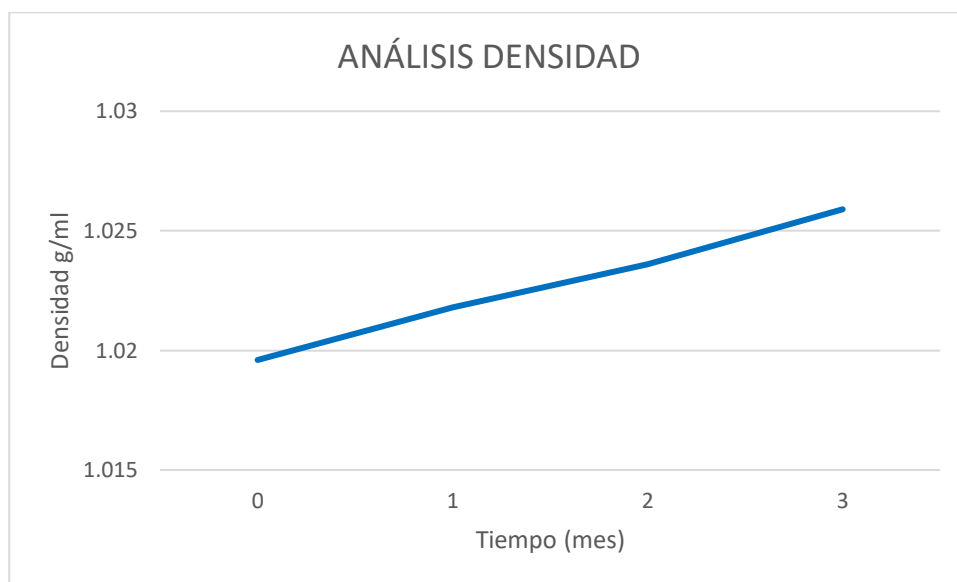


Gráfico 18: Estabilidad acelerada- Análisis densidad (Elaboración propia)



7.1.6. Resultados del Análisis estadístico

a) Tiempo de fabricación

Se realizó la prueba de normalidad con los tiempos de fabricación del método actual y mejorado. El valor p del método mejorado es menor a 0.05 (Tabla 10), por lo tanto, no presenta una distribución normal y se debe realizar una prueba no paramétrica para muestras independientes Mann-Whitney (Tabla 11). El valor de significancia es cero, indicando que existe una diferencia significativa entre los tiempos del método actual y mejorado.

Tabla 10: Prueba de normalidad

	Método	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Tiempo	Actual	.870	9	.123
	Mejorado	.819	9	.034

Tabla 11: Prueba Mann-Whitney

U de Mann-Whitney	.000
Estadístico de prueba estandarizado	-3.637
Significación exacta (prueba bilateral)	.000

b) Cumplimiento de guía de fabricación

La prueba chi-cuadrado se ejecuto con la cantidad de lotes que cumplieron o no con la guía de fabricación, sin embargo, el 50% de las celdas presentan un recuento menor a 5 por lo tanto se optó por la prueba exacta de Fisher. El valor de p es menor a 0.05, demostrando que el cumplimiento se relaciona con el método operatorio.

Tabla 12: Prueba exacta de Fisher

	Valor	gl	Significación asintótica (bilateral)	Significación exacta (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	9.000 ^a	1	.003	
Prueba exacta de Fisher				.009

c) Rendimiento de producción

El rendimiento de los lotes fabricados presenta una distribución normal porque el valor de significancia es mayor a 0.05 de acuerdo a la prueba de normalidad (Tabla 13). Por este motivo se puede realizar la prueba t-student para muestras independientes.

Tabla 13: Prueba de normalidad

	Método	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Rendimiento	Actual	.977	9	.946
	Mejorado	.957	9	.768

En la tabla 14 el valor de p es menor a 0.05 en la prueba de Levene, por lo tanto, no se asumen varianzas iguales y será considerado este criterio en la prueba t-student.

Tabla 14: Prueba Levene

		Prueba de Levene	
		F	Sig.
Rendimiento	Se asumen varianzas iguales	18.191	<.001
	No se asumen varianzas iguales		

El valor de p es menor a 0.05 de acuerdo a la prueba t-student (Tabla 15), es decir, existe una diferencia significativa entre el rendimiento de ambos métodos.

Tabla 15: Prueba t-student

		Prueba t			
		Gl	Sig.	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Inferior	Superior
Rendimiento	Se asumen varianzas iguales	16	.002	-3.34833	-.88500
	No se asumen varianzas iguales	8.059	.006	-3.45476	-.77858

d) Resultados fisicoquímicos método actual

El valor de p es mayor a 0.05 de acuerdo a la prueba de normalidad (Tabla 16), presenta distribución normal por lo tanto se realiza una prueba t-student para muestras emparejadas. Considerar que 1 y 2 son los resultados fisicoquímicos del proceso y reposo, respectivamente.

Tabla 16: Prueba de normalidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
ph1	.881	9	.162
vis1	.889	9	.196
den1	.976	9	.943
ph2	.919	9	.381
vis2	.871	9	.125
den2	.913	9	.341

En la prueba t-student, el valor de significancia es menor a 0.05 por lo tanto hay una diferencia significativa entre los resultados de análisis del proceso y reposo.

Tabla 17: Prueba t-student

Prueba de muestras emparejadas					
Diferencias emparejadas 95% de intervalo de confianza de la diferencia					Significación
	Inferior	Superior	t	gl	
ph1 - ph2	.16087	.41690	5.204	8	<.001
vis1 - vis2	448.154	542.957	24.108	8	<.001
den1 - den2	-.1901948	-.1643387	-31.619	8	<.001

e) Resultados fisicoquímicos de método mejorado

Se realizó la prueba de normalidad (Tabla 18), el valor de p es mayor a 0.05 en el caso de pH y viscosidad, por lo tanto, los valores tienen una distribución normal y se realiza una prueba t-student para muestras emparejadas. En el caso de la viscosidad 1 y 2, el valor p es menor a 0.05,

es decir no presenta una distribución normal y se debe de realizar una prueba no paramétrica Wilcoxon.

Considerar que 1 y 2 son los resultados fisicoquímicos del proceso y reposo I, respectivamente

Tabla 18: Prueba de normalidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
ph1	.885	9	.177
vis1	.573	9	<.001
den1	.931	9	.489
ph2	.874	9	.135
vis2	.573	9	<.001
den2	.930	9	.482

En la prueba t-student, la significancia es menor a 0.05 para el pH y densidad (Tabla 19) por lo tanto es significativo la variación de resultados del proceso y reposo I.

Tabla 19: Prueba t-student

Prueba de muestras emparejadas					
Diferencias emparejadas				Significación	
95% de intervalo de					
confianza de la diferencia					
Inferior	Superior	t	gl	P de dos factores	
ph1 - ph2	-.05224	-.03665	-13.152	8	<.001
den1 - den2	-.0030850	-.0030039	-173.293	8	<.001

En la prueba de Wilcoxon realizado para los datos de viscosidad 1 y 2, el valor de p es menor a 0.05, indicando que la variación de viscosidad es significativa.

Tabla 20: Prueba de Wilcoxon

Resumen de prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas

N total	9
Estadístico de prueba	.000
Error estándar	8.426
Estadístico de prueba estandarizado	-2.670
Sig. asintótica (prueba bilateral)	.008

Se realizó la prueba de normalidad para los resultados fisicoquímicos del reposo I y II. El valor de p es mayor a 0.05 para el pH y densidad, por lo tanto, presenta una distribución normal (Tabla 21) y se realiza una prueba t-student para muestras relacionadas. En el caso de la viscosidad 2 y 3, el valor de p es menor a 0.05, por ese motivo se realizará la prueba de Wilcoxon.

Considerar que 2 y 3 son los resultados fisicoquímicos del reposo I y II, respectivamente.

Tabla 21: Prueba de normalidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
ph2	.874	9	.135
vis2	.573	9	<.001
den2	.930	9	.482
ph3	.886	9	.181
vis3	.565	9	<.001
den3	.925	9	.438

En la prueba t- student (Tabla 22), se obtiene un valor de p mayor a 0.05, indicando que la variación no es significativa.

Tabla 22: Prueba t-student

Prueba de muestras emparejadas					
	Diferencias emparejadas 95% de intervalo de confianza de la diferencia				Significación
	Inferior	Superior	t	gl	P de dos factores
ph2 - ph3	-.01189	.01411	.197	8	.849
den2 - den3	-.0002532	.0005643	.878	8	.406

Se obtuvo una significancia mayor a 0.05 en la prueba de Wilcoxon para la viscosidad 2 y 3 (Tabla 23), es decir la variación no es significativa entre la viscosidad de reposo I y II.

Tabla 23: Prueba de Wilcoxon

Resumen de prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas

N total	9
Estadístico de prueba	16.000
Error estándar	8.292
Estadístico de prueba estandarizado	-.784
Sig. asintótica (prueba bilateral)	.433

8. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los lotes 1 al 9 se realizaron con el método actual, durante el seguimiento de las etapas operativas se observan que solo tres lotes (1,4 y 7) cumplen con los tiempos establecidos en la guía de fabricación. Los demás lotes incumplen al menos uno de los pasos dos, tres y seis que presentan un rango de tiempo, adicionando minutos de mezcla, generando una incorporación de aire que se incrementa con la alta velocidad del ancla del reactor de 20 Hz e incrementando los tiempos de producción. Los 9 lotes en promedio se fabricaron en 1.61 horas.

Los reactores presentan un tablero que controla la velocidad del ancla y homogenizador pero no cuenta con un sistema para programar el tiempo. Por este motivo los fabricantes regulan los tiempos visualizando la hora indicada por el reloj dispuesto en el termohigrómetro del área de Líquidos I, ubicado en la pared donde tienen un pequeño escritorio para escribir la documentación correspondiente. Este sistema poco práctico influye en el incumplimiento de tiempos de mezcla establecido en la guía de fabricación.

El granel obtenido en promedio es 1000.4 Kg y el rendimiento 100.04% pero no es constante ya que el rendimiento fluctúa entre el 97 a 103%, debido a que el fabricante realiza el llenado de agua de acuerdo a niveles de referencia ficticios en el reactor según su experiencia.

El aspecto al finalizar la fabricación es un champú aireado incumpliendo la especificación técnica que indica que el aspecto del champú es líquido viscoso transparente y para cumplir este parámetro se debe dejar en reposo por 48 horas para la liberación del aire. La incorporación de aire no solo se percibe de manera visual en el aspecto, también en los resultados de la densidad, ya que el aire atrapado en el champú afecta en su peso, obteniendo una densidad de 0.800 g/ml, menor a lo estipulado en la especificación técnica.

Además, cada lote es muestreado dos veces, el primero en el reactor cuando finaliza el proceso de fabricación (análisis en proceso) y el segundo después de 48 horas (análisis en reposo), de acuerdo a los resultados observados existe una variación en los análisis fisicoquímicos entre ambas muestras a pesar de tratarse del mismo lote. Adicionalmente, el pH y viscosidad es afectado por el aire incorporado e interfiere en las lecturas del potenciómetro y viscosímetro.

La diferencia entre ambos resultados es significativa y se comprobó en el análisis estadístico de acuerdo a la prueba paramétrica t- student y no paramétrica Wilcoxon con un valor de p menor a 0.05.

Los lotes se aprobaron después de 48 horas, es decir el granel permaneció por dos días en el almacén de graneles, ocupando espacio para almacenar nuevos graneles producidos que se derivaron a los pasillos que no cuentan con las condiciones adecuadas de almacenamiento e incumplimiento las BPM.

Los lotes del 9 al 18 se realizaron con el método mejorado y con la implementación de paneles de control PLC que permite programar el tiempo de funcionamiento del ancla y homogenizador, por lo tanto, todos los lotes cumplieron con lo establecido en la guía de fabricación. Además, el fabricante puede programar la cantidad de agua ya que el PLC cuenta con un contómetro de agua, beneficiando directamente al rendimiento. De acuerdo a la información recopilada el rendimiento es constante y mayor al rendimiento del método actual ya que se mantiene en 102%.

La implementación de paneles de control PLC ha generado también una reducción en el tiempo de fabricación de 15 minutos que representa un 15% menos del tiempo de fabricación del método actual, obteniendo un tiempo promedio de 1.36 horas.

Dentro de las mejoras realizadas se cambió la secuencia de materia prima, donde se mezcla el Emal 270-D con el Coperland ya que la mezcla de surfactantes primario y secundario mejora la

estabilidad del champú. La velocidad de mezcla se redujo significativamente a 30 RPM así como el tiempo de mezcla, una medida que evita que durante el proceso se incorpore aire en el champú. El aspecto de la muestra al finalizar la fabricación se observan con una menor presencia de aire a comparación de las muestras producidas con el método actual, incluso se percibe el color ámbar característico del champú sin tener que colocar la muestra en la centrifuga para percibir el color. Por otro lado, la densidad se encuentra dentro del rango de la especificación técnica. El valor de la densidad se encuentra en 1.0100 g/ml en todos los lotes al finalizar la fabricación y sin reposo a comparación de la densidad obtenida en las muestras del método actual. Los resultados fisicoquímicos cumplen con la especificación técnica, el color y olor son conformes al patrón, pero no se puede proceder a la aprobación del granel debido al aspecto ligeramente aireado. La variación entre los análisis del proceso y el reposo I del granel por 12 horas es menor en comparación a los resultados del método actual sin embargo la variación aun es significativa de acuerdo al análisis estadístico realizado para cada parámetro ya que el valor de p es menor a 0.05, indicando que aun la presencia de aire interfiere en los resultados. El granel con un reposo de 12 horas se aprobó ya que cumple todos los parámetros de la especificación técnica. Adicionalmente, se analizó muestras con un reposo de 24 horas (análisis en reposo II) y los resultados fisicoquímicos no difieren de los resultados del análisis en reposo I y presentan un porcentaje de variación mínimo, incluso se visualizan las gráficas superpuestas. El análisis estadístico evidencia y corrobora que la variación no es significativa ya que el valor de p es mayor a 0.05, esto significa que el reposo de 12 horas es suficiente para que el aire incorporado se libere. La reducción del tiempo de aprobación de 48 horas a 12 horas con el método mejorado ha permitido un flujo constante entre producción y envasado, así como la liberación de espacio del almacén de graneles para nuevos lotes producidos y cumpliendo con las BPM.

Se realizó un análisis de estabilidad acelerada únicamente al lote 10 y observar si existe algún cambio en sus parámetros en el tiempo exponiéndolo a una temperatura de 40°C por 3 meses. Los análisis fisicoquímicos y organolépticos son conformes, presentan un ligero incremento en la viscosidad que puede atribuirse a la evaporación del agua. Además, el coperland Kd, emal- 270 y el cloruro de sodio forman estructuras micelares más grandes y viscosas.

9. CONCLUSIONES

- El tiempo de fabricación se redujo en un 15% debido a la implantación de paneles de control PLC, ya que permite automatizar y controlar los tiempos de mezcla.
- El rendimiento ha aumentado y se mantiene constante debido a la implementación de paneles de control PLC que permite programar la cantidad de agua en el proceso de fabricación.
- La disminución de la velocidad y tiempo de mezcla ha incorporado menor cantidad de aire en el champú.
- El cambio en la secuencia de materias primas ha generado una mayor estabilidad en los resultados de análisis del champú y en la mejora del aspecto del producto.
- El porcentaje de variación entre los resultados físicoquímicos del proceso y reposo del método mejorado es menor que del método actual.
- El tiempo de aprobación del método mejorado es menor al método actual y solo se debe de esperar un reposo de 12 horas.

10. RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio de estabilidad a más lotes fabricados con el método mejorado a diferentes condiciones por un periodo mínimos de 6 meses para validar si no hay cambios o reacciones.
- Realizar análisis de espuma y materia activa aniónica en el champú para asegurar la funcionalidad del champú.
- Ejecutar ensayos o lotes pilotos con velocidades menores a 30 RPM y observar si se incorpora menor cantidad de aire en el proceso.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Al-Azkawi, A., Al-Battashi, H., & Sivakumar, N. (2020). Nonionic surfactants for enhancement of lignocellulose enzymatic hydrolysis. En V. G. Gupta, *Recent Developments in Bioenergy Research*.
- Bhatt, J., Rai, A., & Gupta, M. (2020). Surfactants: an emerging face of pollution. En A. Chavoshani, & M. Hashemi, *Micropollutants and Challenges*.
- EMERSON, A., & BRODELL, R. (2020). Therapeutic Shampoos. En S. E. Wolverton, *Comprehensive Dermatological Drug Therapy*.
- Halthur, T., & Carlstedt, J. (2025). Polymer – surfactant interactions and compatibility for ionic surfactants combined with hydrophilic polymers: Stability and miscibility vs. segregative or associative phase separation and deposition. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*.
- Kora, A. (2023). Plant saponin biosurfactants used as soap, hair cleanser, and detergent in India. En Inamuddin, & C. Adetunji, *Applications of Next Generation Biosurfactants in the Food Sector*.
- Martins, G., & Gavazzoni Dias, M. (2019). Hair Cosmeceuticals. En M. Miteva, *ALOPECIA*.
- Mwithiga, G., & Maina, S. (2025). Formulation and Comparative Analysis of Herbal Rosemary-Based Shampoos with Commercial Counterparts. *Next Research*.
- Pereira-Silva, M., Margarida Martins, A., & Sousa-Oliveira, I. (2022). Nanomaterials in hair care and treatment. *Acta Biomaterialia*.
- Thompson, C., Ainger, N., Starck, P., Mykhaylyk, O., & Ryan, A. (2022). Shampoo Science: A Review of the Physicochemical Processes behind the Function of a Shampoo. *Macromolecular Chemistry and Physics*.
- Iwata, H., & Shimada, K. (2013). Practice of Designing Cosmetics Formulations. En *Formulas, Ingredients and Production of Cosmetics*. Springer.
- Johnson, P., Trybala, A., & Starov, V. (2021). Effect of synthetic surfactants on the environment and the potential for substitution by biosurfactants. *Advances in Colloid and Interface Science*.
- Klein, K., & Palefsky, I. (2007). Shampoo Formulation. En I. Johansson, & P. Somasundaran, *Handbook for Cleaning/Decontamination of Surfaces*.
- Picken, C., Buensoz, O., & Fidge, C. (2025). Poly(malic acid) copolymers as degradable rheology modifiers in aqueous formulations. *Polymer Chemistry*.
- Sánchez Macías, D., Seraquive Gualán, N., & Saldaña Muñoz, B. (2023). Shampoo made with goat milk yogurt: Physicochemical characteristics, dirt dispersion and conditioning performance. *Small Ruminant Research*.
- Thirunavukkarasu, A., & Nithya, R. (2025). Optimization of green shampoo formulations with antifungal properties: An I-optimal mixture design approach. *Next Research*.
- Wang, H., Qin, Z., & Zhang, Y. (2023). Complexation between poly (styrene-co-methacrylic acid) and polyquaternium for use in shampoo formulations. *Journal of Molecular Liquids*.

- Yavrukova, V., Radulova, G., & Danov, K. (2020). Rheology of mixed solutions of sulfonated methyl esters and betaine in relation to the growth of giant micelles and shampoo applications. *Advances in Colloid and Interface Science*.

12. ANEXO

Anexo A: Guías de fabricación

Tabla 24: Guía de fabricación - Método actual (Elaboración propia)

GUIA DE FABRICACION					
PRODUCTO	SHAMPOO TRANSLUCENT				
N° LOTE	CANTIDAD A PRODUCIR (kg)	Método	fecha de fabricacion	Área	Reactor
LOTE 1	1000	Actual	10/02/2025	Líquidos I	R4
ITEMS	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES		Temperatura	HORA DE INICIO	HORA FINAL
1	EN UN RECIPIENTE AUXILIAR A T.AMB. DISOLVER CLORURO DE SODIO EN 10% DE AG-XX Y FILTRAR CON MALLA N°100 E INCORPORARLO EN EL REACTOR PRINCIPAL Y AÑADIR EL EMAL 270-D A T. AMB.				
2	MEZCLAR A 20 HZ POR 10 A 15 MIN				
3	AÑADIR ACIDO CITRICO (DISOLVER EN 2% DE AG-XX), ROJO AMARANTO, AMARILLO, PROCIDE, BOUQUETE, COPERLAND Y MEZCLAR A 20 HZ POR 10 A 15 MINUTOS				
4	AÑADIR AG-XX(RESTANTE) CON MEZCLA DE 20 HZ				
5	RECIRCULAR EL 10 % DEL GRANEL				
6	MEZCLAR A 20 HZ POR 5 A 10 MINUTOS				
7	SOLICITAR ANALISIS A CONTROL DE CALIDAD				
8	CON RESULTADO DEL CC DESCARGAR, PESAR Y ROTULAR EL GRANEL				
Observación	CC: Control de Calidad	T. AMB.: Temperatura ambiente		AG-XX: Agua Purificada	
PESOS DE GRANEL					
Observación	Peso bruto = Peso neto + Peso de bidón				
N° Bidones	Peso bruto (Kg)	Peso de bidón (Kg)		Peso neto (Kg)	
1					
2					
3					
4					
5					
6					

Tabla 25: Guía de fabricación - Método mejorado (Elaboración propia)

GUIA DE FABRICACION					
PRODUCTO	SHAMPOO TRANSLUCENT				
N° LOTE	CANTIDAD A PRODUCIR (kg)	Método	fecha de fabricacion	Area	Reactor
LOTE 1	1000	Mejorado	10/02/2025	Líquidos I	R4
ITEMS	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES		Temperatura	HORA DE INICIO	HORA FINAL
1	EN UN RECIPIENTE AUXILIAR A T. AMB. DISOLVER CLORURO DE SODIO EN 100 KG DE AG-XX Y FILTRAR CON MALLA N°100 E INCORPORAR AL REACTOR PRINICPAL. AÑADIR EL EMAL270-D Y COPERLAND				
2	MEZCLAR A 40 RPM POR 5 MINUTOS				
3	AÑADIR 758 KG DE AG-XX, ACIDO CITRICO (DISOLVER EN 10 KG DE AG-XX), ROJO Y AMARILLO PROCIDE Y BOUQUET A 10 RPM A T.AMB				
4	MEZCLAR A 30 RPM POR 3 MINUTOS A T.AMB.				
5	RECIRCULAR EL 10% DEL GRANEL				
6	MEZCLAR A 30 RPM POR 2 MINUTOS				
7	SOLICITAR MUESTRA A CC				
8	CON RESULTADO DEL CC DESCARGAR, PESAR Y ROTULAR EL GRANEL				
Observación	CC: Control de Calidad	T. AMB.: Temperatura ambiente		AG-XX: Agua Purificada	
PESOS DE GRANEL					
Observación	Peso bruto = Peso neto + Peso de bidón				
N° Bidones	Peso bruto (Kg)	Peso de bidón (Kg)		Peso neto (Kg)	
1					
2					
3					
4					
5					
6					

Anexo B: Tiempo y cumplimiento de guía de fabricación

Tabla 26: Registro de tiempo y cumplimiento de guía de fabricación - Método actual (Elaboración Propia)

N°LOTE	FECHA FABRICACION	PASOS	RANGO DE TIEMPO (min)		HORA INCIO	HORA FINAL	TIEMPO (MIN)	T. TOTAL (Horas)	CUMPLIMIENTO GUIA (SI/NO)
			Tiempo minimo	Tiempo maximo					
1	13/03/2025	1			07:00	07:15	15	1.58	SI
		2	10	15	07:15	07:25	10		
		3	10	15	07:25	07:40	15		
		4			07:40	07:50	10		
		5			07:50	07:55	5		
		6	5	10	07:55	08:05	10		
		7			08:05	08:15	10		
		8			08:15	08:35	20		
2	17/03/2025	1			09:00	09:12	12	1.67	NO
		2	10	15	09:12	09:25	13		
		3	10	15	09:25	09:35	10		
		4			09:35	09:50	15		
		5			09:50	09:55	5		
		6	5	10	09:55	10:08	13		
		7			10:08	10:20	12		
		8			10:20	10:40	20		
3	19/03/2025	1			11:00	11:12	12	1.70	NO
		2	10	15	11:12	11:30	18		
		3	10	15	11:30	11:40	10		
		4			11:40	11:50	10		
		5			11:50	11:58	8		
		6	5	10	11:58	12:10	12		
		7			12:10	12:22	12		
		8			12:22	12:42	20		
4	25/03/2025	1			14:00	14:10	10	1.50	SI
		2	10	15	14:10	14:25	15		
		3	10	15	14:25	14:40	15		
		4			14:40	14:50	10		
		5			14:50	14:55	5		
		6	5	10	14:55	15:00	5		
		7			15:00	15:10	10		
		8			15:10	15:30	20		
5	27/03/2025	1			10:00	10:10	10	1.58	NO
		2	10	15	10:10	10:27	17		
		3	10	15	10:27	10:35	8		
		4			10:35	10:45	10		

		5			10:45	10:50	5		
		6	5	10	10:50	11:05	15		
		7			11:05	11:15	10		
		8			11:15	11:35	20		
6	1/04/2025	1			12:00	12:13	13	1.58	NO
		2	10	15	12:13	12:30	17		
		3	10	15	12:30	12:40	10		
		4			12:40	12:50	10		
		5			12:50	12:57	7		
		6	5	10	12:57	13:05	8		
		7			13:05	13:15	10		
		8			13:15	13:35	20		
7	9/04/2025	1			14:30	14:40	10	1.58	SI
		2	10	15	14:40	14:55	15		
		3	10	15	14:55	15:10	15		
		4			15:10	15:20	10		
		5			15:20	15:25	5		
		6	5	10	15:25	15:35	10		
		7			15:35	15:45	10		
		8			15:45	16:05	20		
8	17/04/2025	1			08:00	08:10	10	1.75	NO
		2	10	15	08:10	08:30	20		
		3	10	15	08:30	08:45	15		
		4			08:45	08:55	10		
		5			08:55	09:00	5		
		6	5	10	09:00	09:12	12		
		7			09:12	09:22	10		
		8			09:22	09:45	23		
9	22/04/2025	1			11:00	11:10	10	1.58	NO
		2	10	15	11:10	11:25	15		
		3	10	15	11:25	11:35	10		
		4			11:35	11:45	10		
		5			11:45	11:52	7		
		6	5	10	11:52	12:05	13		
		7			12:05	12:15	10		
		8			12:15	12:35	20		
TIEMPO PROMEDIO DE FABRICACION (Horas)								1.61	

Tabla 27: Registro de tiempo y cumplimiento de guía de fabricación - Método mejorado (Elaboración Propia)

N°LOTE	FECHA FABRICACION	PASOS	TIEMPO DE MEZCLA (MIN)	HORA INCIO	HORA FINAL	TIEMPO (MIN)	T. TOTAL (Horas)	CUMPLIMIENTO GUIA (SI/NO)
10	29/04/2025	1		07:00	07:15	15	1.33	SI
		2	5	07:15	07:20	5		
		3		07:20	07:30	10		
		4	3	07:30	07:33	3		
		5		07:33	07:40	7		
		6	2	07:40	07:42	2		
		7		07:42	07:52	10		
		8		07:52	08:20	28		
11	1/05/2025	1		09:00	09:18	18	1.33	SI
		2	5	09:18	09:23	5		
		3		09:23	09:35	12		
		4	3	09:35	09:38	3		
		5		09:38	09:45	7		
		6	2	09:45	09:47	2		
		7		09:47	10:00	13		
		8		10:00	10:20	20		
12	2/05/2025	1		11:00	11:17	17	1.37	SI
		2	5	11:17	11:22	5		
		3		11:22	11:36	14		
		4	3	11:36	11:39	3		
		5		11:39	11:45	6		
		6	2	11:45	11:47	2		
		7		11:47	11:57	10		
		8		11:57	12:22	25		
13	8/05/2025	1		14:00	14:20	20	1.33	SI
		2	5	14:20	14:25	5		
		3		14:25	14:40	15		
		4	3	14:40	14:43	3		
		5		14:43	14:48	5		
		6	2	14:48	14:50	2		
		7		14:50	15:00	10		
		8		15:00	15:20	20		
14	13/05/2025	1		10:00	10:15	15	1.37	SI
		2	5	10:15	10:20	5		
		3		10:20	10:35	15		
		4	3	10:35	10:38	3		
		5		10:38	10:45	7		
		6	2	10:45	10:47	2		

		7		10:47	10:57	10		
		8		10:57	11:22	25		
15	16/05/2025	1		12:00	12:18	18	1.42	SI
		2	5	12:18	12:23	5		
		3		12:23	12:35	12		
		4	3	12:35	12:38	3		
		5		12:38	12:45	7		
		6	2	12:45	12:47	2		
		7		12:47	13:00	13		
		8		13:00	13:25	25		
16	21/05/2025	1		14:30	14:45	15	1.33	SI
		2	5	14:45	14:50	5		
		3		14:50	15:05	15		
		4	3	15:05	15:08	3		
		5		15:08	15:15	7		
		6	2	15:15	15:17	2		
		7		15:17	15:27	10		
		8		15:27	15:50	23		
17	29/05/2025	1		08:00	08:20	20	1.38	SI
		2	5	08:20	08:25	5		
		3		08:25	08:40	15		
		4	3	08:40	08:43	3		
		5		08:43	08:50	7		
		6	2	08:50	08:52	2		
		7		08:52	09:03	11		
		8		09:03	09:23	20		
18	2/06/2025	1		11:00	11:15	15	1.42	SI
		2	5	11:15	11:20	5		
		3		11:20	11:35	15		
		4	3	11:35	11:38	3		
		5		11:38	11:45	7		
		6	2	11:45	11:47	2		
		7		11:47	12:00	13		
		8		12:00	12:25	25		
TIEMPO PROMEDIO DE FABRICACION (Horas)							1.36	

Anexo C: Peso de bidones y % de Rendimiento

Tabla 28: Registro de pesos y % de Rendimiento - Método actual (Elaboración Propia)

N°LOTE	Cantidad teorica (kg)	N° Bidones	Peso bruto (Kg)	Peso de bidon (Kg)	Peso neto (Kg)	Peso neto total (Kg)	%Rendimiento
1	1000	1	164.6	7.2	157.4	1003.3	100.33%
		2	171.6	7.2	164.4		
		3	162.0	7.2	154.8		
		4	168.5	7.2	161.3		
		5	172.6	7.2	165.4		
		6	164.0	7.2	156.8		
2	1000	1	160.7	7.2	153.5	972.6	97.26%
		2	160.5	7.2	153.3		
		3	164.8	7.2	157.6		
		4	156.3	7.2	149.1		
		5	164.8	7.2	157.6		
		6	165.5	7.2	158.3		
3	1000	1	168.2	7.2	161.0	1027.0	102.70%
		2	171.9	7.2	164.7		
		3	170.7	7.2	163.5		
		4	173.3	7.2	166.1		
		5	173.4	7.2	166.2		
		6	169.5	7.2	162.3		
4	1000	1	169.2	7.2	162.0	997.9	99.79%
		2	166.1	7.2	158.9		
		3	165.2	7.2	158.0		
		4	160.2	7.2	153.0		
		5	167.6	7.2	160.4		
		6	169.6	7.2	162.4		
5	1000	1	164.8	7.2	157.6	986.6	98.66%
		2	166.9	7.2	159.7		
		3	160.6	7.2	153.4		
		4	165.5	7.2	158.3		
		5	168.1	7.2	160.9		
		6	160.7	7.2	153.5		
6	1000	1	166.2	7.2	159.0	1008.2	100.82%
		2	166.7	7.2	159.5		
		3	169.5	7.2	162.3		
		4	171.7	7.2	164.5		
		5	168.2	7.2	161.0		
		6	165.9	7.2	158.7		
7	1000	1	174.0	7.2	166.8	1011.0	101.10%
		2	163.5	7.2	156.3		

		3	165.1	7.2	157.9		
		4	166.4	7.2	159.2		
		5	171.2	7.2	164.0		
		6	170.8	7.2	163.6		
8	1000	1	169.6	7.2	162.4	981.7	98.17%
		2	173.9	7.2	166.7		
		3	156.7	7.2	149.5		
		4	155.0	7.2	147.8		
		5	160.2	7.2	153.0		
		6	166.3	7.2	159.1		
9	1000	1	173.3	7.2	166.1	1015.0	101.50%
		2	160.0	7.2	152.8		
		3	170.6	7.2	163.4		
		4	170.8	7.2	163.6		
		5	169.8	7.2	162.6		
		6	170.5	7.2	163.3		
PROMEDIO						1000.4	100.04%

Tabla 29: Registro de pesos y % de Rendimiento - Método mejorado (Elaboración Propia)

NºLOTE	Cantidad teorica (Kg)	Nº Bidones	Peso bruto (Kg)	Peso de bidon (Kg)	Peso neto (Kg)	Peso neto total (Kg)	%Rendimiento
10	1000	1	179	7	172	1023.1	102.31%
		2	178	7	171		
		3	177	7	170		
		4	178	7	171		
		5	177	7	170		
		6	178	7	170		
11	1000	1	178	7	171	1020.7	102.07%
		2	177	7	170		
		3	176	7	169		
		4	178	7	170		
		5	179	7	172		
		6	176	7	169		
12	1000	1	176	7	169	1020.2	102.02%
		2	178	7	171		
		3	176	7	169		
		4	178	7	170		
		5	178	7	170		
		6	178	7	171		
13	1000	1	176	7	169	1020.0	102.00%
		2	177	7	170		

		3	177	7	170		
		4	179	7	172		
		5	178	7	170		
		6	176	7	169		
14	1000	1	177	7	170	1021.9	102.19%
		2	179	7	172		
		3	176	7	169		
		4	178	7	171		
		5	177	7	170		
		6	177	7	170		
15	1000	1	179	7	171	1022.1	102.21%
		2	178	7	171		
		3	175	7	168		
		4	178	7	171		
		5	179	7	172		
		6	177	7	169		
16	1000	1	178	7	170	1021.7	102.17%
		2	177	7	170		
		3	178	7	171		
		4	178	7	171		
		5	177	7	169		
		6	177	7	170		
17	1000	1	178	7	171	1021.5	102.15%
		2	178	7	171		
		3	179	7	172		
		4	177	7	170		
		5	177	7	170		
		6	175	7	168		
18	1000	1	177	7	169	1022.6	102.26%
		2	176	7	169		
		3	178	7	171		
		4	178	7	171		
		5	179	7	172		
		6	178	7	170		
PROMEDIO					1021.5	102.15%	

Anexo D: Resultados de análisis organoléptico y fisicoquímico

Tabla 30: Análisis en proceso (Reactor)- Método Actual (Elaboración Propia)

ANÁLISIS EN PROCESO								
N° LOTE	FECHA ANALISIS	ESPECIFICACION TECNICA						ESTATUS
		ASPECTO	COLOR	OLOR	PH (25°C)	VISCOSIDAD (25°C)	DENSIDAD (25°C)	
		LIQUIDO VISCOSO TRANSPARENTE	AMBAR	PERFUMADO	4.8-6.8	5000 -16000	0.999 - 1.039	
1	13/03/2025	AIREADO	OK	OK	6.25	9840	0.8632	NO CONFORME
2	17/03/2025	AIREADO	OK	OK	6.20	9000	0.8480	NO CONFORME
3	19/03/2025	AIREADO	OK	OK	6.50	10200	0.8530	NO CONFORME
4	25/03/2025	AIREADO	OK	OK	6.65	9500	0.8400	NO CONFORME
5	27/03/2025	AIREADO	OK	OK	6.55	8900	0.8180	NO CONFORME
6	1/04/2025	AIREADO	OK	OK	6.45	10500	0.8110	NO CONFORME
7	9/04/2025	AIREADO	OK	OK	6.25	9200	0.8431	NO CONFORME
8	17/04/2025	AIREADO	OK	OK	6.25	8800	0.8298	NO CONFORME
9	22/04/2025	AIREADO	OK	OK	6.30	9000	0.8377	NO CONFORME

Tabla 31: Análisis en reposo - Método Actual (Elaboración Propia)

ANÁLISIS EN REPOSO								
N° LOTE	FECHA ANALISIS	ESPECIFICACION TECNICA						ESTATUS
		ASPECTO	COLOR	OLOR	PH (25°C)	VISCOSIDAD (25°C)	DENSIDAD (25°C)	
		LIQUIDO VISCOSO TRANSPARENTE	AMBAR SP	PERFUMADO	4.8-6.8	5000 -16000	0.999 - 1.039	
1	15/03/2025	OK	OK	OK	6.02	9240	1.0238	APROBADO
2	19/03/2025	OK	OK	OK	6.10	8450	1.0176	APROBADO
3	21/03/2025	OK	OK	OK	6.07	9740	1.0236	APROBADO
4	27/03/2025	OK	OK	OK	6.11	9120	1.0080	APROBADO
5	29/03/2025	OK	OK	OK	6.04	8410	1.0296	APROBADO
6	3/04/2025	OK	OK	OK	6.14	10000	1.0092	APROBADO
7	11/04/2025	OK	OK	OK	6.10	8700	1.0117	APROBADO
8	19/04/2025	OK	OK	OK	6.10	8340	1.0104	APROBADO
9	24/04/2025	OK	OK	OK	6.12	8480	1.0052	APROBADO

Tabla 32: Análisis en proceso (Reactor)- Método Mejorado (Elaboración Propia)

ANÁLISIS EN PROCESO								
N° LOTE	FECHA ANALISIS	ESPECIFICACION TECNICA						ESTATUS
		ASPECTO	COLOR	OLOR	PH (25°C)	VISCOSIDAD (25°C)	DENSIDAD (25°C)	
		LIQUIDO VISCOSO TRANSPARENTE	AMBAR SP	PERFUMADO	4.8-6.8	5000 -16000	0.999 - 1.039	
10	29/04/2025	LIGERAMENTE AIREADO	OK	OK	6.20	11274	1.0165	NO CONFORME
11	1/05/2025	LIGERAMENTE AIREADO	OK	OK	6.15	10920	1.0104	NO CONFORME
12	2/05/2025	LIGERAMENTE AIREADO	OK	OK	6.45	14997	1.0162	NO CONFORME
13	8/05/2025	LIGERAMENTE AIREADO	OK	OK	6.60	10920	1.0008	NO CONFORME
14	13/05/2025	LIGERAMENTE AIREADO	OK	OK	6.50	11300	1.0222	NO CONFORME
15	16/05/2025	LIGERAMENTE AIREADO	OK	OK	6.40	10890	1.0020	NO CONFORME
16	21/05/2025	LIGERAMENTE AIREADO	OK	OK	6.15	10514	1.0045	NO CONFORME
17	29/05/2025	LIGERAMENTE AIREADO	OK	OK	6.20	11232	1.0246	NO CONFORME
18	2/06/2025	LIGERAMENTE AIREADO	OK	OK	6.10	10750	1.0068	NO CONFORME

Tabla 33: Análisis en reposo I - Método Mejorado (Elaboración Propia)

ANÁLISIS EN REPOSO - I								
N° LOTE	FECHA ANALISIS	ESPECIFICACION TECNICA						ESTATUS
		ASPECTO	COLOR	OLOR	PH (25°C)	VISCOSIDAD (25°C)	DENSIDAD (25°C)	
		LIQUIDO VISCOSO TRANSPARENTE	AMBAR SP	PERFUMADO	4.8-6.8	5000 -16000	0.999 - 1.039	
10	29/04/2025	OK	OK	OK	6.25	10840	1.0196	APROBADO
11	1/05/2025	OK	OK	OK	6.19	10500	1.0134	APROBADO
12	3/05/2025	OK	OK	OK	6.50	14420	1.0193	APROBADO
13	9/05/2025	OK	OK	OK	6.63	10500	1.0038	APROBADO
14	13/05/2025	OK	OK	OK	6.56	10870	1.0253	APROBADO
15	17/05/2025	OK	OK	OK	6.45	10480	1.0050	APROBADO
16	22/05/2025	OK	OK	OK	6.18	10110	1.0075	APROBADO
17	29/05/2025	OK	OK	OK	6.24	10800	1.0277	APROBADO
18	3/06/2025	OK	OK	OK	6.15	10340	1.0098	APROBADO

Tabla 34: Análisis en reposo II-Método Mejorado (Elaboración Propia)

ANÁLISIS EN REPOSO - II								
N° LOTE	FECHA ANALISIS	ESPECIFICACION TECNICA						ESTATUS
		ASPECTO	COLOR	OLOR	PH (25°C)	VISCOSIDAD (25°C)	DENSIDAD (25°C)	
		LIQUIDO VISCOSO TRANSPARENTE	AMBAR SP	PERFUMADO	4.8-6.8	5000 -16000	0.999 - 1.039	
10	30/04/2025	OK	OK	OK	6.23	10820	1.0189	
11	2/05/2025	OK	OK	OK	6.20	10480	1.0132	
12	3/05/2025	OK	OK	OK	6.51	14390	1.0201	
13	9/05/2025	OK	OK	OK	6.65	10530	1.0041	
14	14/05/2025	OK	OK	OK	6.54	10840	1.0247	
15	17/05/2025	OK	OK	OK	6.44	10460	1.0048	
16	22/05/2025	OK	OK	OK	6.20	10120	1.0072	
17	30/05/2025	OK	OK	OK	6.24	10780	1.0269	
18	3/06/2025	OK	OK	OK	6.13	10370	1.0101	

Anexo E: Calculo de densidad

Tabla 35: Cálculo de densidad - Método actual (Elaboración Propia)

DENSIDAD								
Especificación Técnica: Densidad (g/ml)			0.999 - 1.0390		Temperatura	25°C	Volumen Picnómetro (ml)	100.0247
N° LOTE	Análisis en proceso				Análisis en reposo			
	PESO BRUTO	PESO PICNOMETRO	PESO NETO	DENSIDAD	PESO BRUTO	PESO PICNOMETRO	PESO NETO	DENSIDAD
1	284.4536	198.1123	86.3413	0.8632	300.5185	198.1132	102.4053	1.0238
2	282.934	198.1131	84.8209	0.8480	299.898	198.1129	101.7851	1.0176
3	283.4338	198.1127	85.3211	0.8530	300.4986	198.1133	102.3853	1.0236
4	282.1341	198.1134	84.0207	0.8400	298.9387	198.1138	100.8249	1.0080
5	279.9331	198.1129	81.8202	0.8180	301.0988	198.1134	102.9854	1.0296
6	279.2332	198.1132	81.1200	0.8110	299.0578	198.1129	100.9449	1.0092
7	282.4433	198.1125	84.3308	0.8431	299.3086	198.1136	101.195	1.0117
8	281.1135	198.1130	83.0005	0.8298	299.1784	198.1134	101.065	1.0104
9	281.9035	198.1128	83.7907	0.8377	298.6579	198.1131	100.5448	1.0052

Tabla 36: Cálculo de densidad - Método mejorado (Elaboración Propia)

DENSIDAD												
Especificación Técnica: Densidad (g/ml)					0.999 - 1.0390		Temperatura		25°C	Volumen Picnometro (ml)		100.0247
N° LOTE	Análisis en proceso				Análisis en reposo I				Analisis en reposo II			
	PESO BRUTO	PESO PICNOMETRO	PESO NETO	DENSIDAD	PESO BRUTO	PESO PICNOMETRO	PESO NETO	DENSIDAD	PESO BRUTO	PESO PICNOMETRO	PESO NETO	DENSIDAD
10	299.7924	198.1133	101.6791	1.0165	300.0985	198.1128	101.9857	1.0196	300.0282	198.1130	101.9152	1.0189
11	299.1734	198.1124	101.0610	1.0104	299.4774	198.1130	101.3644	1.0134	299.4583	198.1133	101.3450	1.0132
12	299.7617	198.1126	101.6491	1.0162	300.0678	198.1130	101.9548	1.0193	300.1482	198.1130	102.0352	1.0201
13	298.2166	198.1129	100.1037	1.0008	298.5177	198.1133	100.4044	1.0038	298.5482	198.1134	100.4348	1.0041
14	300.3603	198.1131	102.2472	1.0222	300.6684	198.1129	102.5555	1.0253	300.6081	198.1128	102.4953	1.0247
15	298.3367	198.1130	100.2237	1.0020	298.6378	198.1136	100.5242	1.0050	298.6173	198.1125	100.5048	1.0048
16	298.5855	198.1127	100.4728	1.0045	298.8876	198.1124	100.7752	1.0075	298.858	198.1131	100.7449	1.0072
17	300.6005	198.1132	102.4873	1.0246	300.9086	198.1130	102.7956	1.0277	300.829	198.1136	102.7154	1.0269
18	298.8151	198.1132	100.7019	1.0068	299.1179	198.1138	101.0041	1.0098	299.1479	198.1130	101.0349	1.0101

Tabla 37: Calculo de densidad estabilidad

DENSIDAD				
N°LOTE	10	Volumen Picnómetro(ml)		100.0247
PERIODO (mes)	PESO BRUTO	PESO PICNOMETRO	PESO NETO	DENSIDAD
1	300.3184	198.1132	102.2052	1.0218
2	300.4982	198.1129	102.3853	1.0236
3	300.7277	198.1124	102.6153	1.0259

Jorge Cardenas Ruiz

Ada Milla Cespedes