



REPORTE DE RESIDENCIA PROFESIONAL

INGENIERIA BIOQUÍMICA

JAROCHOS CARNICERIAS, S.A. de C.V.

**“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA PLANTA DE SAPONIFICACION A PARTIR DE
RESIDUOS GRASOS DEL PROCESADO DE CARNES”**

ALUMNO: CRUZ PÉREZ BENIGNO.

ASESOR INTERNO: DRA. PATRICIA SANCHEZ ITURBE.

REVISORES.

ING. MARGARITA MARCELIN MADRIGAL.

ING. JAQUELINE LEYRA HERNANDEZ.

TUXTLA GUTIERREZ, CHIAPAS A 08 DE ENERO DEL 2013.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|---|----|
| CAPITULO I INTRODUCCIÓN | 7 |
| 1.1. Costos de construcción de la planta | 8 |
| 1.2. Componentes de la economía de un proceso..... | 9 |
| 1.2.1. Tasa de retorno..... | 10 |
| 1.2.2. Beneficio extra..... | 11 |
| CAPITULO II OBJETIVOS..... | 12 |
| 2.1. Objetivo General..... | 12 |
| 2.2. Objetivos Específicos..... | 12 |
| CAPITULO III JUSTIFICACIÓN | 13 |
| CAPITULO IV ANTECEDENTES..... | 14 |
| 4.1. Historia de la saponificación | 14 |
| 4.2. Saponificación..... | 15 |
| 4.3. Pasos de manufactura de producción de jabón..... | 15 |
| 4.4. La industria manufacturera en México | 21 |
| 4.5. La industria manufacturera en México..... | 21 |
| 4.6. DISEÑO DE UNA PLANTA QUÍMICA..... | 28 |
| 4.6.1. Localización de la planta | 28 |
| 4.6.2. Mercados de venta de materia necesaria..... | 28 |
| 4.7. Transportación | 29 |
| 4.8. Contar con drenajes | 29 |
| 4.9. Servicios auxiliares | 29 |
| 4.10. Mano de obra..... | 29 |
| 4.11. Diseño equipos necesarios para el proceso | 30 |
| 4.11.1. Diseño del reactor | 30 |
| CAPITULO V DISEÑO DE LA PLANTA DE SAPONIFICACIÓN..... | 34 |
| 5.1. Localización de la planta..... | 34 |
| 5.2. Materia prima..... | 35 |
| CAPITULO VI DISEÑO EXPERIMENTAL DEL PROCESO..... | 37 |

| | |
|---|----|
| 6.1. Materiales y métodos | 42 |
| 6.4. Resultados | 45 |
| 6.3. Costo De Jabón a Nivel Laboratorio | 47 |
| CAPITULO VII DISEÑO DE LA PLANTA | 50 |
| 7.1. Proceso de saponificación..... | 53 |
| CAPITULO VIII DETECCION DE SERVICIOS AUXILIARES | 58 |
| CAPITULO IX PRODUCTO | 62 |
| CAPITULO X RESIDUO | 64 |
| CAPITULO XI COSTO DE PROCESO..... | 65 |
| 11.1. Resultados de costos..... | 66 |
| CAPITULO XII DISEÑO DE REACTORES DE SAPONIFICACIÓN..... | 67 |
| CAPITULO XIII CONCLUSIÓN | 69 |
| CAPITULO XIV COMENTARIOS..... | 69 |
| CAPITULO XV BIBLIOGRAFÍA..... | 70 |
| CAPITULO XVI ANEXOS | 73 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Índice de saponificación para aceites y grasas (Campo di fiore, 2002.)..... | 16 |
| Tabla 2. Producción mensual de jabones y detergentes del estado de Chiapas (Fuente: BID del INEGI; 2008). | 26 |
| Tabla 3. Composición de algunas grasas (proporción de ácidos grasos en porcentaje) (Fuente: Mayer 1987) | 38 |
| Tabla 4. Composición media en ácidos grasos e índice de iodo. (Fuente: Olle Dahl 1976). | 39 |
| Tabla 5. Pesos moleculares de los reactantes como: ácidos grasos, NaOH y agua. (Fuente: Raymond Ch, 2010)..... | 40 |
| Tabla 6. Resultados de viscosidad..... | 45 |
| Tabla 7. Resultados de medición de densidad..... | 45 |
| Tabla 8. Comparación del producto con marcas comerciales. | 46 |
| Tabla 9. Cantidad de materias primas y precios unitarios cada una en valor al menudeo..... | 47 |
| Tabla 10. Material necesario para realizar el proceso. | 47 |
| Tabla 11. Servicios auxiliares del proceso a nivel laboratorio. | 48 |
| Tabla 12. Costos de la materia prima utilizada..... | 48 |
| Tabla 13. Precios de procesos de elaboración de jabón sólido y líquido..... | 49 |
| Tabla 14. Personal necesario para el proceso. | 51 |
| Tabla 15. Tabla de servicios de la primera saponificación. | 58 |
| Tabla 16. Detección de servicios auxiliares de la segunda saponificación..... | 59 |
| Tabla 17. Detección de servicios auxiliares del paso de acabo del producto. | 59 |
| Tabla 18. Detección de servicios auxiliares de empacado de producto. | 60 |

| | |
|--|----|
| Tabla 19. Normas para etiquetado. | 62 |
| Tabla 20. Normas aplicadas a residuos de industrias químicas. | 64 |
| Tabla 21. Materia prima necesaria para el proceso. | 65 |
| Tabla 22. Costo general de proceso. | 65 |
| Tabla 23. Presupuesto de la inversión del proyecto. | 66 |
| Tabla 24. Características del primer reactor. | 67 |
| Tabla 25. Características del segundo reactor. | 68 |
| Tabla 26. Presupuesto de la inversión del proyecto. | 81 |
| Tabla 27. Presupuesto del costo de producción. | 82 |
| Tabla 28. Costos de mano de obra. | 83 |
| Tabla 29. Evaluación económica sin financiamiento. | 83 |
| Tabla 30. Presupuesto de inversión. | 84 |
| Tabla 31. Flujo neto de efectivo del proyecto sin financiamiento. | 84 |
| Tabla 32. INDICADORES. | 84 |
| Tabla 33. Presupuesto de gastos generales con financiamiento. | 85 |
| Tabla 34. Estado de pro-forma son financiamiento. | 85 |
| Tabla 35. Presupuesto de inversión anual. | 86 |
| Tabla 36. Flujo neto del efectivo con financiamiento. | 86 |
| Tabla 37. Indicadores. | 86 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|--------------------------------------|
| Figura 1. Gráfico de pastel de industria de manufactura en México. (Fuente INEGI; 2008). | 22 |
| Figura 2. Mapa Geográfico de principales estados de mayor aportación al PIB. (Fuente INEGI, 2008). | 23 |
| Figura 3. Capital recaudado en la fabricación de jabones, detergentes y dentífricos (Fuente INEGI, 2008). | 24 |
| Figura 4. Producción de fabricación de jabones, detergentes y dentífricos (Fuente: INEGI, 2008). 25 | |
| Figura 5. Partes de un reactor. | 33 |
| Figura 6. Materia Grasa usada para el proceso. | 35 |
| Figura 8. Primera Saponificación a nivel laboratorio. | 42 |
| Figura 15. Comparación de jabón experimental con marcas comerciales. | 46 |
| Figura 9. Diagrama de bloques del proceso de elaboración de jabón. | 50 |
| Figura 10. Mapa jerárquico de empleados destinado para la empresa. | 52 |
| Figura 11. Diagrama general del proceso. | 55 |
| Figura 12. Diagrama de proceso de jabón sólido. | ¡Error! Marcador no definido. |
| Figura 13. Diagrama de proceso de jabón líquido. | 57 |
| Figura 14. Detección de servicios auxiliares del proceso. | 61 |
| Figura 16. Partes del reactor. | 67 |
| Figura 17. Partes del segundo reactor. | 68 |
| Figura 18. Croquis de construcción de planta de saponificación. | 79 |
| Figura 19. Croquis de segundo piso del edificio de área de procesado. | 80 |

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

Los jabones para la vida diaria del humano son indispensables ya que es de ayuda para su limpieza personal; desde su invención en la época antigua su producción se ha estado realizando en mayores cantidades hoy en día existen una variedad de jabones con un sin de fin de aromas y colores, para usos muy específicos.

En la producción de jabones las materias primas orgánicas como aceites y grasas ocupan un lugar preponderante para el proceso, así como la utilización de productos sintéticos para su mejora, al proceso de obtención de jabón se le denomina saponificación y se refiere al hacer reaccionar una grasa o aceite con un álcali para lograr la esterificación de los ácidos grasos para obtener este producto principal, no obstante en este proceso también se obtiene el glicerol que es empleado como aditivo para jabones ya que tiene cualidades hidratantes únicas, tales como el cuidar la piel de una resequedad y arrugas. Tomando como la gran utilización de jabones se puede mencionar que este sería un campo de ventas altamente rentable.

El presente trabajo da la propuesta para la construcción de una planta de saponificación que utilizara materias grasas de desecho provenientes de carnicerías del municipio de Tuxtla Gutiérrez.

Se parte del conocimiento de donde se obtendría la materia prima, en Chiapas existen un sinnúmero de carnicerías u rastros de las cuales se obtendría la materia fundamental que son las grasas, necesarios para el proceso.

Para asegurar la calidad del producto se hicieron análisis necesarios a las grasas cuales fueron la determinación de viscosidad, la densidad y el índice iodo. Los análisis como viscosidad y densidad son requeridos para el cálculo de potencias y capacidades de bombas y del tipo de tuberías empleadas para el proceso. Mencionando que estos análisis fueron requeridos para el diseño rústico de los reactores de saponificación donde se requerirá de

materiales que resistan la corrosión, en muchas industrias el material usado para estos reactores son el acero inoxidable, en este caso el proyecto utilizara el acero inoxidable con un grosor de 8 mm y un empleo de tuberías de 1.5 pulgadas ya que el fluido es altamente viscoso, tomando como base los datos del código ASME sección VII que trata de materiales y resistencia de equipos que se encuentran a presión (Avolene E; Baumeister T; 1976)

Así también se propone un diagrama del proceso y de los pasos requeridos para la obtención del producto, esto para tomar en cuenta la distribución del equipo y determinar la producción total mediante un balance de materia, el balance se realizó de datos obtenidos de un previo diseño a nivel laboratorio.

El proceso se ajustó al tamaño del terreno que se empleará para la construcción de la planta, lo cual tomó en cuenta las normas oficiales mexicanas (NOM-189-SSA1/SCFI-2002; NOM-001-STPS-1993; NOM-020-STPS-2002; NOM-026-STPS-1998) tanto para asegurar una seguridad a empleados y así como calidad al producto terminado. Por lo antes mencionado el presente trabajo toma como objetivo principal el diseñar la propuesta para construir una planta de saponificación de residuos grasos de carnicerías, un enfoque manejando al evita

1.1. Costos de construcción de la planta

Para llevar a cabo la materialización de un proyecto industrial se requiere asignarle una cantidad de recursos que se puede agrupar en dos grandes grupos:

- A) Los que se requieren para la adquisición e instalación de la planta.
- B) Los requeridos para la operación de la misma.

Los recursos necesarios para la adquisición e instalación de la planta constituyen la inversión fija del proyecto y los que requiere la operación de la planta, una vez que se realiza el proyecto, integra el capital de trabajo.

La Inversión Fija Bruta, que representa los gastos realizados en maquinaria y equipo de origen nacional e importado, así como los de construcción, aumentó 1.05% en el noveno mes del año con relación al mes inmediato anterior, con series desestacionalizadas. (INEGI; 2002).

La cuantía relativa y la naturaleza de los rubros integrantes de la inversión fija variaran considerablemente según los diferentes tipos de proyectos, pero en términos generales incluye el costo de los siguientes rubros:

1. Investigaciones y estudios previos
2. Organización de la empresa.
3. Patentes y conocimientos técnicos especializados.
4. Elaboración de un proyecto final.
5. Terreno para la instalación de la planta.
6. Consideraciones para la explotación de recursos naturales.
7. Maquinaria y equipo.
8. Instalación de maquinaria y equipo
9. Obra civil.
10. Servicios Auxiliares e instalaciones complementarias
11. Ingeniería, supervisión y administración de la instalación.
12. Puesta en marcha de la planta.
13. Intereses durante la realización del proyecto.
14. Imprevistos o contingencias.

1.2. Componentes de la economía de un proceso

Para poder realizar un actividad económica se requiere de una inversión. La cual se puede obtener de ventas, lo cual esta tiende a la obtención de recursos para la facilidad de construcción del proyecto.

La inversión requerida puede descomponer en una inversión fija, I_F , y un capital de trabajo o circulante, I_w :

$$I = I_F + I_w$$

Donde I es la inversión total, I_F incluye la inversión o capital inmovilizado componentes del proceso, tales como columnas, reactores, bombas , etc, y el capital de trabajo o circulante

que se estipula para mantener la operación del proceso bajo variaciones en la disponibilidad de insumos.

A su vez, la inversión fija se puede dividir en dos partidas.

$$I_F = I_E + I_A$$

Donde I_E se refiere a los componentes principales del proceso, mientras que I_A incluye la inversión en equipo auxiliar tal como generadores de vapor, torres de enfriamiento, etc.

El costo de operación de un proceso puede evaluarse por unidad de tiempo (\$/año), o por unidad de producción (\$/kg). Este concepto incluye los costos asociados con la inversión, los costos variables y los costos de mano de obra.

$$C = aI_F + b MP + c E + d MO - p SP$$

Donde C es el costo de operación del proceso; a es un factor que considera gastos anuales como regalías, mantenimiento, etc., b es el costo de cada materia prima MP ; c es el costo de cada servicio E ; d MO es el costo de mano de obra y p es el precio de cada subproducto SP que se pudiera producir en el proceso además del producto principal.

Si S son las ventas anuales, la utilidad bruta o beneficio bruto R se define como la diferencia entre las ventas y costo de operación anual.

$$R = S - C.$$

La utilidad neta P se calcula restando de la utilidad bruta la depreciación del equipo y el pago de impuestos.

$$P = R - e I - t(R - d I)$$

Donde e es el factor de depreciación para finales contables, d es el factor de depreciación para fines de impuestos y t es la tasa de impuestos.

1.2.1. Tasa de retorno.

Es un de las medidas más usadas para medir la rentabilidad de un proceso. Se define como el beneficio neto dividido por la inversión total del proceso.

$$ROI = \frac{P}{I}$$

Para que una alternativa tenga atractivo, ROI debe ser mayor que un valor mínimo establecido por la compañía.

$$ROI > i_{min}$$

1.2.2. Beneficio extra.

El beneficio adicional con respecto al beneficio mínimo establecido por lka compañía es otro criterio que puede usarse para evaluar alternativas:

$$V = P - I_{min} I$$

Resulta claro que si $ROI > i_{min}$ se cumple, entonces V será positiva, lo cual establece el requisito para factibilidad económica usando este criterio.

$$V > 0$$

CAPITULO II

OBJETIVOS

2.1. Objetivo General.

Diseñar la propuesta para construir una planta de saponificación de residuos grasos

2.2. Objetivos Específicos.

Investigar métodos de saponificación.

Realizar análisis de viscosidad, densidad e índice de iodo de la materia prima.

Realizar cálculos para el diseño del reactor de saponificación.

Realizar dimensionamiento del terreno donde se construirá la planta.

Realizar pruebas de calidad de jabón comparando su eficiencia con marcas comerciales.

CAPITULO III

JUSTIFICACIÓN

En muchas empresas dedicadas al procesamiento de carnes no hay uso a los residuos grasos generados, en carnicerías pequeñas estos residuos son utilizados para la elaboración de diversos embutidos y frituras pero en estos procesos normalmente hay residuos grasos desechados, lo cual permite que todos residuos sean tirados en basureros municipales, o en su caso de aceites son depositados en drenajes, acción que es perjudicial ya que provoca una contaminación hacia los suelos y el agua en caso de drenajes que llegan a desembocar en ríos.

Una de las solución alternativa en el caso de estos residuos grasos animales es de emplear a estos en un proceso de saponificación, este proceso se basa en la utilización de la grasas reaccionando con un álcali como son el hidróxido de sodio y/o de potasio para la obtención de jabón, en este proceso empleado por diferentes empresas para producción de jabones.

El jabón ha sido utilizado históricamente ya sea desde en la edad media, proceso que ha tenido un gran desarrollo, ya que en épocas antiguas este se obtenía a través del carbonato de sodio que se obtenía de las cenizas de maderas logrando un jabón duro con ciertas capacidades para limpieza. El desarrollo de tecnologías como es el caso del uso de reactores que son empleados para tener condiciones óptimas de reacción y así también el empleo de álcalis puros para efectuar una reacción más rápida y dando una mayor rentabilidad satisfactoria, abrieron paso a las industrias que emplean equipo adecuado para la fabricación de jabones. Para desarrollar una industria dedicada a la saponificación es necesario un diseño que se realiza antes de la construcción, no obstante el diseño de ésta rectifica si el proceso será viable o no, tomando un serie de datos que se obtienen de investigaciones previas, tales como la realización de pruebas de laboratorio o un estudio de campo para conocer otras empresas dedicadas al mismo rubro para poder analizar y aplicar una competencia. El diseñar y para construir una planta de saponificación para el procesamiento de residuos grasos animales se ha tomado como objetivo de este proyecto,

considerando que en el procesado de carnes los residuos grasos se obtienen en cantidades que son consideradas las adecuadas para una producción necesaria para autoconsumo dentro de la misma empresa o para la venta.

CAPITULO IV

ANTECEDENTES

4.1. Historia de la saponificación

La obtención de jabón a partir de residuos grasos es un proceso muy antiguo que no se tiene una fecha dada a la cual esta práctica. Desde la edad antigua hasta la edad media, se realizaba la fabricación de jabón pero se sabe que antes de la era Cristiana, se empleaban grandes cantidades de jabón, en Roma, habiéndose conservado una fábrica completa, entre las ruinas de Pompeya, sepultada en el año 79 a. J.C. en la edad media en ciertas ciudades de Italia, Francia e Inglaterra, alcanzando el siglo XVII un alto grado de desarrollo en diversos lugares, sobre todo Marsella, que constituye todavía un centro importante de fabricación (E. Bailey A, 19984).

Los restos de jabón más antiguos hallados son de origen babilónico que datan del año 2800 A.C. estos restos de jabón fueron encontrados en tarros de arcilla. En medio oriente la práctica de la preparación de jabón aplicaban el uso de grasas con una mezcla de álcali desde hace unos 5000 años. Así también se menciona que la utilización del jabón se tomo desde los babilónicos, romanos y pueblos europeos que producían jabón tanto para limpieza personal o como medicinal ya que utilizaban este jabón para el lavado de heridas (E. Bailey A; 19984).

El proceso de saponificación en épocas remotas se realizaba con grasas animales las cuales eran fundidas por calor haciéndolas reaccionar con carbonato de sodio proveniente de la cenizas de madera, de lo cual resultaba un jabón duro con una intensidad de espumas baja pero muy densa a la cual se le admiraba por su capacidad de poder quitar la suciedad de

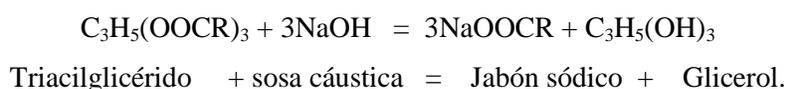
prendas, se menciona la fabricación de jabones durante la segunda guerra mundial donde eran utilizados para el lavado de ropa tomando como base el mismo proceso que realizaban en épocas más antiguas.

Hoy en día en las empresas dedicadas a la producción de jabón tiende a la utilización de equipo más sofisticado y así también de los álcalis que son de un carácter más puro para acelerar la reacción y acotar el tiempo de obtención del producto.

4.2. Saponificación.

Se entiende como proceso de la obtención de un jabón anhidrido efectuando la reacción de una grasa animal o vegetal con una álcali ya sea hidróxido de sodio o hidróxido de potasio, con esta reacción se obtiene tanto el jabón producto de interés como un derivado que es el glicerol que se pueden dar usos diferentes.

La reacción general es:



Entre los pasos empleados para la saponificación se encuentran: 1) reacción de la grasas con el álcali, 2) cortar o granear el jabón con una solución de sal común para la recuperación de glicerol, 3) ebullición del producto con un exceso de álcali para la saponificar de todos los ácidos grasos presentes, 4) separación del producto y el residuo entre ellos se encuentra el glicerol trazas de sal y de álcali, 5) proceso de acabado como una coloración, aromatización y el moldeo para el empaquetado para su venta, y una posible disolución con agua para obtener una jabón líquido. (Cavitch S, 2003)

4.3. Pasos de manufactura de producción de jabón.

Para la obtención de jabón se emplean muchos métodos, uno de los puntos principales que se debe tomar en cuenta es la selección de materia prima como es el caso del aceite o grasa ya sea proveniente vegetal o animal.

El aceite de coco con una mezcla de sebo de res son las grasas más empleadas para la obtención de jabones, cada aceite y cada grasa tiene un diferente nivel de saponificación denominado como índice de saponificación, mostrados en la siguiente tabla.

Tabla 1. Índice de saponificación para aceites y grasas (Campo di fiore, 2002.)

| Grasa o aceite | Valor IS para KOH | Valor IS para NaOH |
|-----------------------------|-------------------|--------------------|
| Aceite de aguacate | 187,50 | 133,69 |
| Aceite de albaricoque | 195,00 | 139,04 |
| Aceite de aleurites | 190,00 | 135,47 |
| Aceite de almendra dulce | 192,50 | 137,25 |
| Aceite de avellana | 195,00 | 139,04 |
| Aceite de babassu | 247,00 | 176,11 |
| Aceite de borraja | 188,00 | 134,05 |
| Aceite de cacahuete | 192,10 | 136,97 |
| Aceite de caléndula | 190,00 | 135,47 |
| Aceite de canola | 174,00 | 124,06 |
| Aceite de cáñamo | 192,80 | 137,47 |
| Aceite de cártamo | 192,00 | 136,90 |
| Aceite de coco | 268,00 | 191,09 |
| Aceite de escaramujo | 193,00 | 137,67 |
| Aceite de germen de trigo | 185,00 | 131,91 |
| Aceite de jojoba | 97,50 | 69,52 |
| Aceite de kukui | 189,00 | 134,76 |
| Aceite de lino | 190,00 | 135,47 |
| Aceite de maíz | 192,00 | 136,90 |
| Aceite de neem | 194,50 | 138,68 |
| Aceite de nuez de macadamia | 195,00 | 139,04 |
| Aceite de oliva | 199,10 | 135,26 |
| Aceite de palma | 199,10 | 141,96 |
| Aceite de palmiste | 219,90 | 156,79 |
| Aceite de primula | 191,00 | 136,19 |

| | | |
|----------------------------------|--------|--------|
| Aceite de recino | 180,30 | 128,56 |
| Aceite de semilla de albaricoque | 190,00 | 135,47 |
| Aceite de semilla de algodón | 194,00 | 138,47 |
| Aceite de semilla de calabaza | 193,00 | 137,61 |
| Aceite de semilla de girasol | 188,70 | 134,55 |
| Aceite de sésamo | 187,90 | 133,98 |
| Aceite de soja | 190,60 | 135,90 |
| Aceite de uva | 181,00 | 129,06 |
| Cera de carnauba | 81,00 | 57,75 |
| Lanolina | 106,00 | 75,58 |
| Manteca de cerdo | 194,60 | 138,18 |
| Manteca de cacao | 106,00 | 75,58 |
| Manteca de karite | 180,00 | 128,34 |
| Sebo de vaca | 197,00 | 140,46 |

Estos son datos estandarizados para la saponificación de aceites y por lo tanto para el cálculo de la cantidad de hidróxido de sodio se multiplica el índice de saponificación por los gramos de grasa:

$$\text{gr de NaOH necesarios} = (\text{I.S de cada aceite o grasa}) * (\text{Kg de aceite o grasa}) \dots \text{Formula 1}$$

Si es una mezcla de grasas lo que se desea saponificar, para determinar el índice de saponificación determinar de manera independiente cada uno de los índices de saponificación por el porcentaje aportado por cada grasa y después se hace una sumatoria del total de grasas tal como se muestra en el siguiente ejemplo:

$$(\% \text{ de Aceite 1}) * (\text{I.S correspondiente}) + (\% \text{ de Aceite 2}) * (\text{I.S correspondiente}) + (\% \text{ de Aceite n}) * (\text{I.S correspondiente}) = \text{I.S. de la de mezcla} \dots \text{Fórmula 2.}$$

Este índice de saponificación obtenido se multiplica por los kg de aceites totales de la suma de la mezcla.

$(I.S. \text{ de la mezcla}) * (Kg \text{ de totales}) \text{ gr necesarios de NaOH} \dots\dots\dots$ Fórmula 3

Siguiendo las fórmulas se muestra un ejemplo de una mezcla de dos aceites y una grasa que son las cantidades más comunes para realizar jabones de tocador:

50% sebo de vaca.

30% aceite de coco.

20% aceite de oliva.

Cada porcentaje se multiplica por cada índice de saponificación siguiendo la fórmula 2, tomando en cuenta que álcali se va utilizar para el proceso, determinando el índice de saponificación tenemos.

$(0,50) * (140,46) + (0,20)*(135,26) + (0,30) * (191,09)=154.609$ este es el índice de saponificación para la mezcla de aceites.

Multiplicando por la cantidad de aceite que se va a saponificar siguiendo la fórmula 3.

Tomando como ejemplo que se desean saponificar 150 gr de sebo de vaca, 90 gr de aceite de coco y 60 gr de aceite de oliva. Se tiene:

$(0.150+0,090+0,060)*(154.609)=46,3827$ gr NaOH necesarios para saponificar.

No obstante en México existe una norma oficial NMX-F-174-S-1981 con la cual se pretende explicar el método experimental para la obtención de índice de saponificación deseado para cierto aceite.

Para realizar el proceso de saponificación se utilizan reactores de forma cilíndrica con un fondo circular y un serpentín donde se da el paso de vapor caliente para elevar la

temperatura a 80-90 °C que es la temperatura óptima de la reacción. Este paso se le denomina saponificación inicial cuyo resultado es la obtención de un jabón de carácter graso con muy poca solubilidad en el agua con características de fases aceite-agua, en métodos muy artesanales a esta etapa se le prolonga por un tiempo de 24 horas, la obtención de jabón puro implica, de acuerdo a métodos tradicionales, emplea de 3 a 4 semanas.

Para reducir este tiempo se realizó una segunda saponificación para la obtención del jabón puro en poco tiempo. En la primera saponificación se obtiene el 65 % por ciento de materia saponificada y efectuando la segunda saponificación se obtendrá más del 90% de materia saponificada después se lleva a cabo un lavado con una solución de sal o en algunos casos las empresas utilizan el empleo de sal en grano aunque esta es más difícil de disolver en el jabón por lo cual este representa un factor que el lavado no efectuó de manera óptima.

El lavado con una solución saturada de sal es la más adecuada ya que ha reportado mayor solubilidad hacia el jabón, este paso sirve para la eliminación de presencia de álcali ya que este es muy perjudicial hacia la piel, una vez efectuado el lavado se separa el jabón de los residuos representan aproximadamente 15 % en donde están presentes trazas de álcali y sal, también uno de los residuos más importantes durante este procedimiento es el glicerol que representa un 30%, este se emplea para la producción de glicerina de la cual sirve como aditivo para el jabón terminado ya que este tiene cualidades humectantes y suavizantes hacia la piel de humana.

El jabón obtenido es enfriado y se efectúa un proceso de acabado. Este consiste en el molido en este paso es donde se le adiciona los aromas que son esencias o ésteres para efectuar la aromatización, y colorantes, entre los colores más empleados en jabones se encuentran el blanco, el azul y verde, se pueden emplear colorantes artificiales que efectúan un mayor potencial de color ante los colorantes vegetales, así como otros componentes que le dará un valor plus hacia este producto, entre los productos tomados como aditivos se menciona utilización de vitamina E, antiexfoliantes, etc. Después se lleva a cabo el proceso de moldeado y cortado para el empaquetado final. (Bailey A, 19984)

Jabón líquido.

Uno de los productos de saponificación que se puede obtener es el jabón líquido o diluido en el cual en este proceso se utilizan el álcali KOH o llamado sosa potásica que formula un jabón más suave.

Métodos de saponificación

Entre los métodos reportados para el realizar el proceso de obtención jabón por medio de grasas, se pueden encontrar.

Proceso en frío. En el cual el proceso se lleva a cabo por medio de saponificación a una temperatura ambiente, en lo cual representa un problema ante la velocidad de la reacción ya que esta se puede extender hasta un tiempo de 24 hrs de reacción y un proceso de maduración de jabón de 2-3 semanas, este proceso se empleado por familias que se dediquen a fabricar jabones de una manera artesanal.

Saponificación continúa. Este proceso se lleva a cabo una temperatura de ebullición para acelerar la reacción en la cual el proceso se acortara de 2 hr y este paso se lleva a cabo para jabones para ropas y jabones de baño de alta calidad (Bailey A, 1984; Cavitch, 2003).

Entre los procesos reportados y patentados de saponificación continua se encuentran:

Proceso de Mills.

Este proceso implica una primera fase de hidrólisis de la materia grasa con producción de ácidos grasos libres. Los ácidos grasos se purifican por destilación, que a veces se hace en la fase de lavado, en la separación del jabón puro, eliminándose en ella, los compuestos coloreadas y otras impurezas (Bailey A, 1984).

A este método se emplean catalizadores para acelerar la reacción como es el óxido de zinc que efectúa la aceleración de la hidrolisis (Bailey A; 1984).

Proceso de Sharples.

Este proceso es el más aceptable ante las empresas ya que aplica la saponificación, lavado y separación entre el jabón puro y graso. Todas las etapas se realizan rápida y continuamente, separando jabón y lejías, y jabón puro y graso, por medio de centrifugas. Para transformar la materia grasa en jabón puro se necesitan menos de dos horas y consumo de vapor de unos 0,17 Kg por Kg de grasa tratada; lo cual viene a ser el 15 al 20 % del que se emplean en las calderas discontinuas. El jabón puro es equivalente, por su contenido en jabón, glicerina, álcali libre y sal, y superior en color, al obtenido por ebullición normal (Bailey A, 19984).

4.4. La industria manufacturera en México

En México los procesos de manufactura empleador se clasifican en nueve divisiones de actividad.

- I. Productos alimenticios, bebidas y tabaco.
- II. Textiles, prendas de vestir e industria del cuero.
- III. Industria de la madera y productos de madera.
- IV. Papel, productos de papel, imprentas y editoriales.
- V. Sustancias químicas, derivados del petróleo, productos del caucho y plástico.
- VI. Productos de minerales no metálicos, exceptuando derivados del petróleo y carbón.
- VII. Industrias metálicas básicas.
- VIII. Productos metálicos, maquinaria y equipo.
- IX. Otras industrias manufactureras.

4.5. La industria manufacturera en México.

Al año 2003, las divisiones de esta industria que contribuyen con el mayor porcentaje al producto interno bruto (PIB) de las manufacturas en México son:

- Productos alimenticios, bebidas y tabaco con 29.8%
- Productos metálicos, maquinaria y equipo con 28.5%.

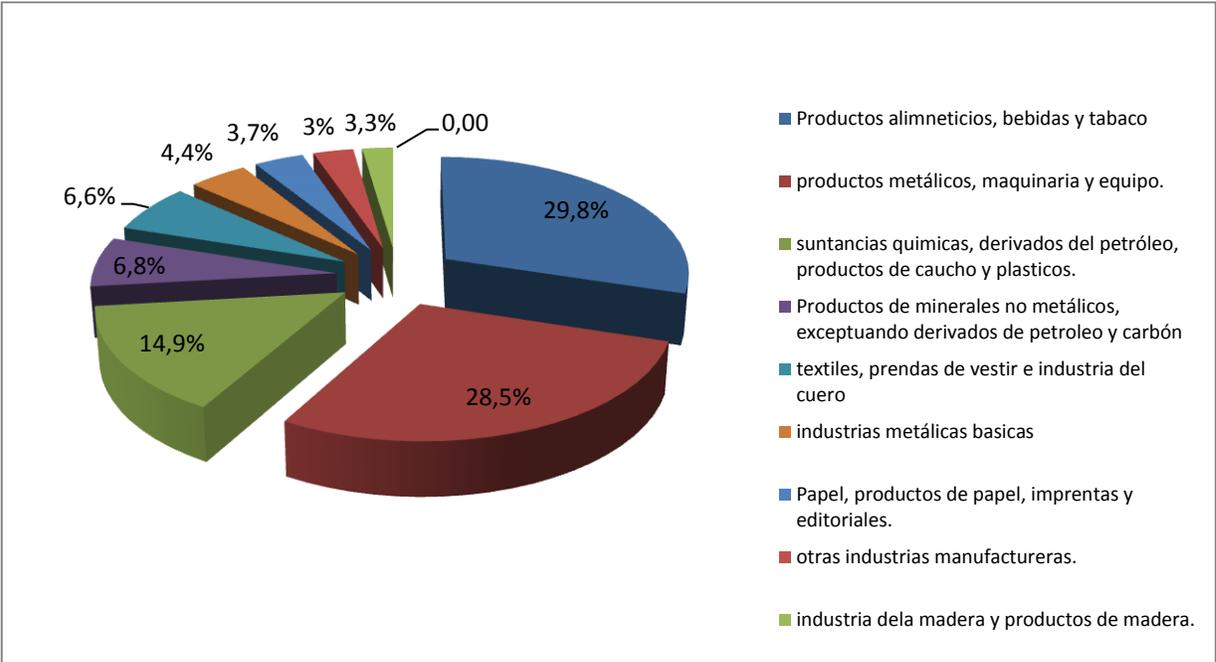
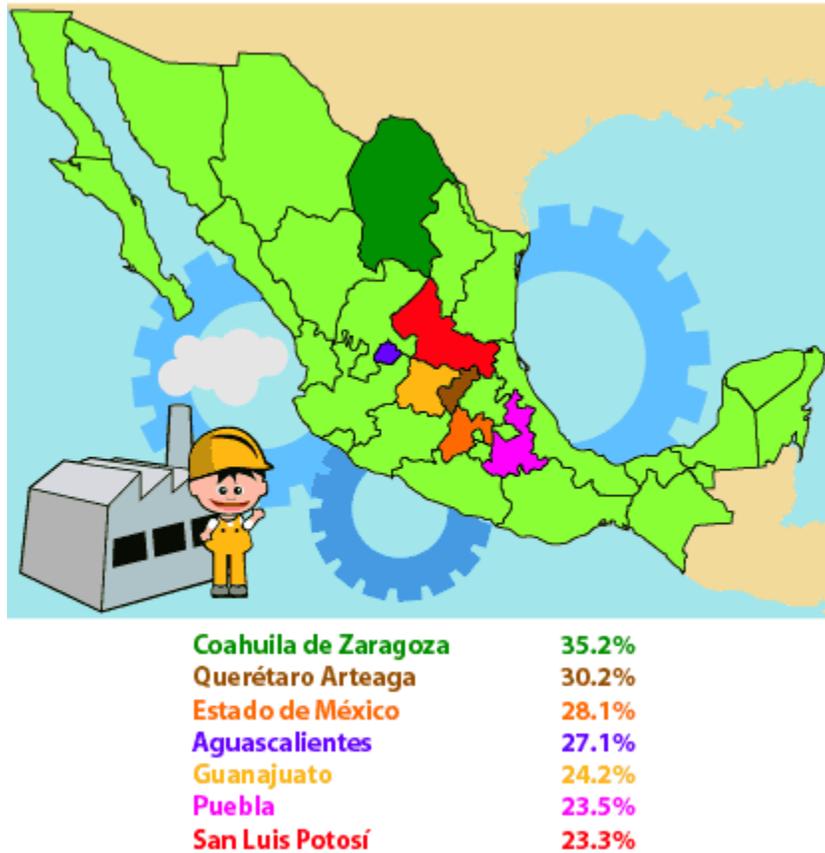


Figura 1. Gráfico de pastel de industria de manufactura en México. (Fuente INEGI; 2008).

Como se representa en el gráfico en México a la actividad de producción de diversas sustancias químicas entre estos la producción de jabón, detergentes y productos cosméticos es la producción de productos derivados de petróleo.

Las zonas industriales existentes en México reportadas por el INEGI en el 2005 son los estados de Coahuila de Zaragoza, Querétaro Arteaga, Estado de México, Aguascalientes, Guanajuato, Puebla y San Luis Potosí, que son los estados que aportan mayor cantidad al PIB. (INEGI, 2008)



**Figura 2. Mapa Geográfico de principales estados de mayor aportación al PIB.
(Fuente INEGI, 2008).**

Una importante industria manufacturera ésta formada por las maquiladoras de exportación, que son fábricas donde se producen o ensamblan una gran variedad de productos (como equipos electrónicos o autopartes).

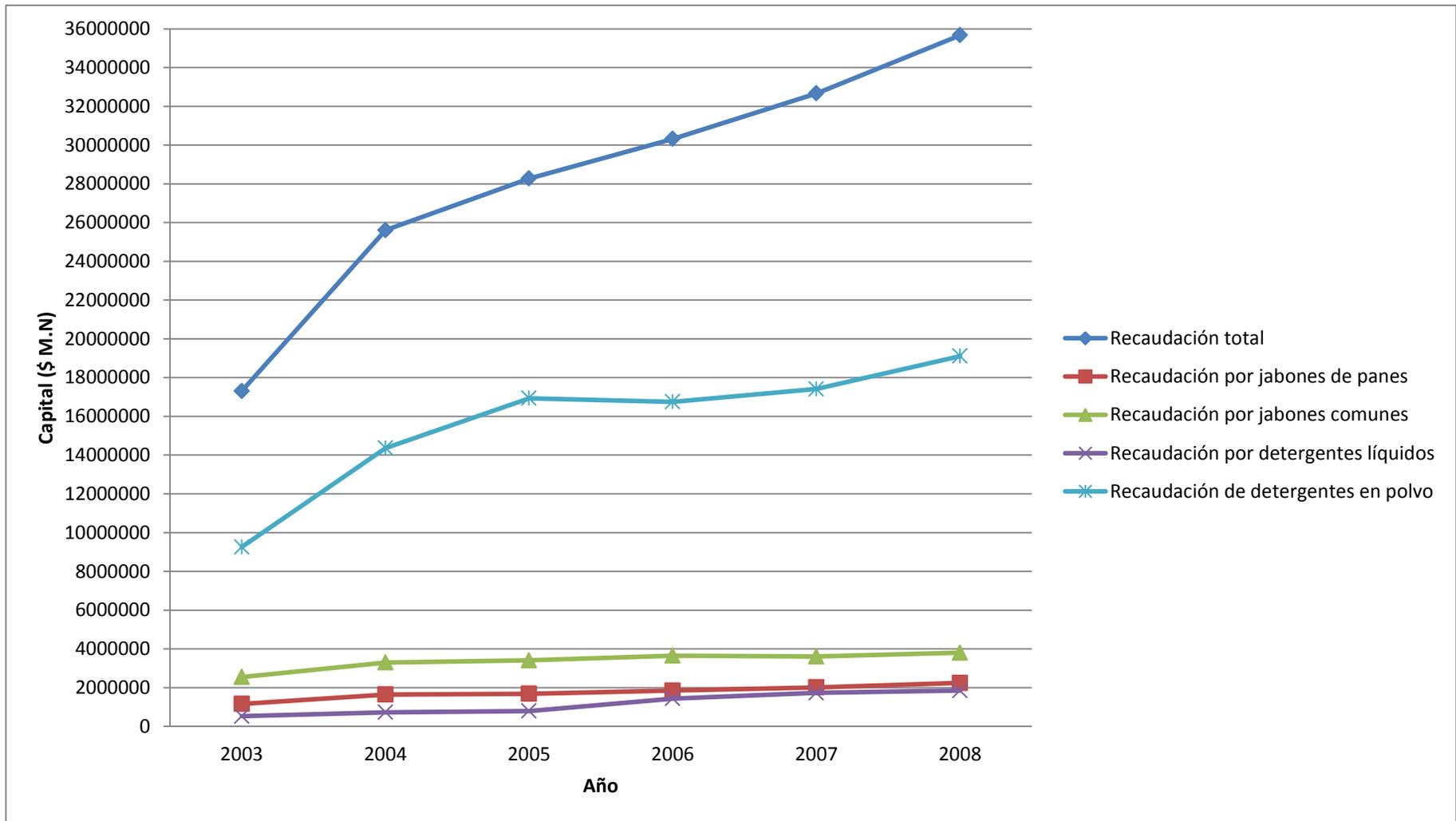


Figura 3. Capital recaudado en la fabricación de jabones, detergentes y dentífricos (Fuente INEGI, 2008).

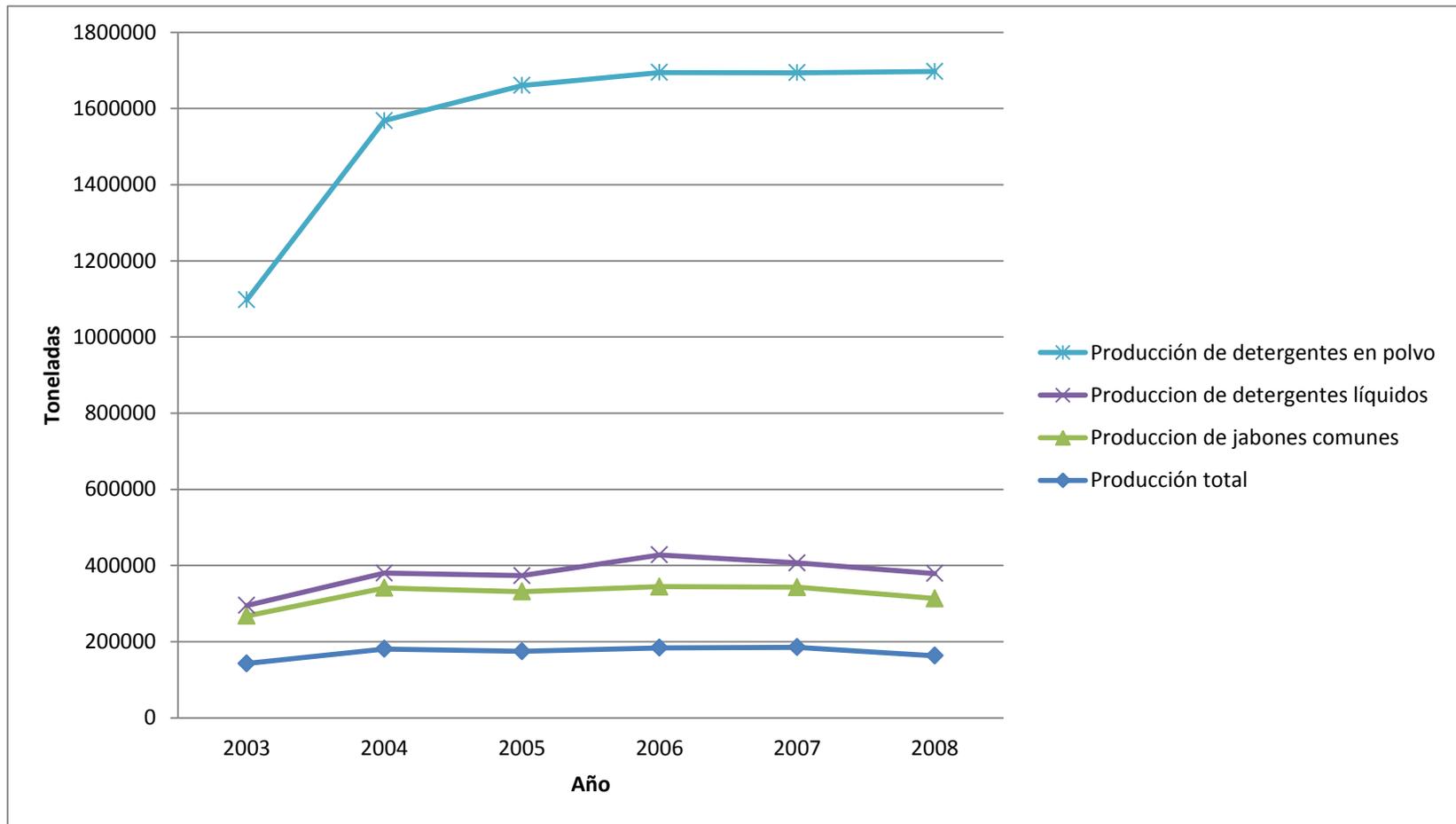


Figura 4. Producción de fabricación de jabones, detergentes y dentífricos (Fuente: INEGI, 2008).

La producción de jabones en México ha registrado un alto consumo de estos productos por habitante.

Producción de jabones y detergentes en el estado de Chiapas

Tabla 2. Producción mensual de jabones y detergentes del estado de Chiapas (Fuente: BID del INEGI; 2008).

| Chiapas | | | | | |
|---------|------------|---------|------------|---------|------------|
| Periodo | Toneladas | Periodo | Toneladas | Periodo | Toneladas |
| 2003/01 | 104,428332 | 2006/04 | 107,417285 | 2009/07 | 99,923859 |
| 2003/02 | 102,575153 | 2006/05 | 103,642581 | 2009/08 | 105,955958 |
| 2003/03 | 108,179897 | 2006/06 | 99,7205045 | 2009/09 | 99,0518389 |
| 2003/04 | 101,445314 | 2006/07 | 105,694704 | 2009/10 | 100,307897 |
| 2003/05 | 94,5352033 | 2006/08 | 103,725474 | 2009/11 | 90,0591707 |
| 2003/06 | 94,4450979 | 2006/09 | 99,1487754 | 2009/12 | 95,5491466 |
| 2003/07 | 94,9503934 | 2006/10 | 104,428086 | 2010/01 | 89,3713109 |
| 2003/08 | 96,9465614 | 2006/11 | 96,9039354 | 2010/02 | 85,5540205 |
| 2003/09 | 96,7929356 | 2006/12 | 106,194578 | 2010/03 | 104,361427 |
| 2003/10 | 97,7082368 | 2007/01 | 109,986503 | 2010/04 | 100,318141 |
| 2003/11 | 96,6535025 | 2007/02 | 101,760114 | 2010/05 | 92,8633567 |
| 2003/12 | 111,339374 | 2007/03 | 109,88717 | 2010/06 | 88,6047977 |
| 2004/01 | 103,856654 | 2007/04 | 110,07343 | 2010/07 | 98,2681583 |
| 2004/02 | 106,528704 | 2007/05 | 107,419724 | 2010/08 | 104,244206 |
| 2004/03 | 111,964127 | 2007/06 | 98,749764 | 2010/09 | 96,9189309 |
| 2004/04 | 110,048327 | 2007/07 | 100,30222 | 2010/10 | 114,694105 |
| 2004/05 | 100,112223 | 2007/08 | 94,0311857 | 2010/11 | 105,382648 |
| 2004/06 | 100,445124 | 2007/09 | 96,3988594 | 2010/12 | 96,7100304 |
| 2004/07 | 92,4854713 | 2007/10 | 65,6368948 | 2011/01 | 93,756283 |
| 2004/08 | 94,256706 | 2007/11 | 88,5855253 | 2011/02 | 78,3985801 |
| 2004/09 | 95,0817118 | 2007/12 | 102,253957 | 2011/03 | 89,4585318 |
| 2004/10 | 97,9237342 | 2008/01 | 98,6074585 | 2011/04 | 95,8590316 |
| 2004/11 | 99,6843061 | 2008/02 | 92,5288989 | 2011/05 | 87,0566791 |

| | | | | | |
|---------|------------|---------|------------|---------|------------|
| 2004/12 | 112,17432 | 2008/03 | 95,3359719 | 2011/06 | 83,2886477 |
| 2005/01 | 111,956697 | 2008/04 | 99,7253794 | 2011/07 | 85,4610272 |
| 2005/02 | 106,002737 | 2008/05 | 97,6167871 | 2011/08 | 105,955588 |
| 2005/03 | 112,912217 | 2008/06 | 87,4187069 | 2011/09 | 96,4071154 |
| 2005/04 | 111,733355 | 2008/07 | 88,6621048 | 2011/10 | 93,950932 |
| 2005/05 | 103,581473 | 2008/08 | 90,5217984 | 2011/11 | 90,2243398 |
| 2005/06 | 103,217783 | 2008/09 | 94,0167979 | 2011/12 | 66,6799078 |
| 2005/07 | 96,0824784 | 2008/10 | 90,9058835 | 2012/01 | 84,4631294 |
| 2005/08 | 97,700712 | 2008/11 | 91,162736 | 2012/02 | 81,2757173 |
| 2005/09 | 86,34985 | 2008/12 | 91,5752774 | 2012/03 | 98,2873363 |
| 2005/10 | 73,1298474 | 2009/01 | 102,302865 | 2012/04 | 102,061631 |
| 2005/11 | 76,1867196 | 2009/02 | 97,6915945 | | |
| 2005/12 | 104,628391 | 2009/03 | 95,1827833 | | |
| 2006/01 | 111,109671 | 2009/04 | 99,5231071 | | |
| 2006/02 | 101,84842 | 2009/05 | 106,808802 | | |
| 2006/03 | 105,397521 | 2009/06 | 102,285809 | | |

La mayor producción de jabones en el estado de Chiapas fué en el año del 2005, en el 2012 la producción mostro una ligera baja.

En el país la producción de productos químicos entre ellos los jabones implica que es un buen rubro de producción y así también para su comercialización, tomando en cuenta que los detergentes y jabones son un producto de uso diario, el precio es uno de los factores determinantes en la venta de tal producto.

4.6. DISEÑO DE UNA PLANTA QUÍMICA

Para el diseño de una planta de saponificación se deben tomar en cuenta los siguientes factores: (Urlich D, 1986; Pailuzi R, 1992).

- Localización de la planta.
- Contar con mercador de ventas de materia necesaria.
- Materia prima.
- Transportación.
- Contar con drenaje.
- Servicios auxiliares.
- Mano de obra.
- Costo de materiales de construcción y de proceso.
- Diseño de equipo.

4.6.1. Localización de la planta

Para la localización de la planta es importante considerar aspectos relacionados en estudios de impacto ambiental, con la geografía del lugar, clima, etc.

4.6.2. Mercados de venta de materia necesaria

Es necesario tener una buena ubicación de la materia prima para su compra, reduciendo de esta manera el precio de transportación hacia la planta.

4.6.2.1. Materia prima

En un proceso el estado de la materia prima es importante, ya que si esta necesitara algún tratamiento previo, el precio del costo del producto será afectado en una elevación del mismo. No obstante el análisis de la materia prima es determinante, en muchos casos a la materia prima siempre se le adjudica un tratamiento previo al proceso de transformación.

4.7. Transportación

Es otro factor importante, si la planta se localiza lejos de donde se puede comercializar el producto, es de donde se pueda obtener la materia prima, el costo y precio del producto se elevaran.

4.8. Contar con drenajes

El contar con un drenaje permite el lavado de material, los fluidos resultantes serían depositados directamente hacia el drenaje municipal o en su caso a este residuo se le dará un tratamiento para su reutilización, este proceso implicaría incremento en el precio del producto.

4.9. Servicios auxiliares

En una empresa el contar con servicios auxiliares es predominante hacia el costo del producto ya que estos siempre van implicados en este. Entre los servicios se encuentran el contar con agua, vapor de agua, gas, energía eléctrica, etc. El construir o comprar una planta generadora de energía tendría una repercusión hacia el precio del producto. Así también el caso de agua se debe tomar en consideración la calidad del agua que se empleara en proceso.

4.10. Mano de obra.

La mano de obra es lo más importante para una empresa, implica el personal necesario para poder realizar el proceso de producción, también este va implicado en el

precio del producto final. Al personal se le adjudica un porcentaje de las ganancias para el pago por su labor.

Costo de materiales de construcción y costo del proceso

Al igual que todos los puntos anteriores uno de los más importantes es el costo de construcción ya que este permite conocer si el producto final vendido podrá dar una regresión hacia el capital invertido en la construcción de la planta, no obstante también el costo del proceso implicaría la cantidad necesaria de materia prima y costo que tendrá cada una implica la cantidad de producto final y también tendrá afectación para saber si el proceso es rentable o será necesario cambiar de método de producción para reducir el consumo de capital (Blank L and Torquin A,2000; Ulrich D, 1986).

Diseño de la planta

Uno de los pasos más importantes en el diseño de la planta es el diagrama de flujo y esquema de distribución de los equipos para su buen funcionamiento.

Tomando en cuenta que este paso implicará si el equipo a utilizar será construido o será comprado con empresas dedicadas al rubro. Esto afectara el costo del producto final y también permite visualizar si la venta del producto dará la remuneración del capital consumido.

4.11. Diseño equipos necesarios para el proceso

4.11.1. Diseño del reactor

En el diseño de un reactor se toman como base puntos de los cuales se pueden mencionar los siguientes:

- 1) capacidad requerida para el reactor.
- 2) composición del producto.

3) las condiciones de operación requeridas, esta incluye temperaturas, presiones y la composición de los reactantes dentro del reactor.

Conocer lo anterior, esto se requieren de cálculos fundamentales, también debe tomarse en consideración costos, grado de seguridad y factores ambientales. También se toma en cuenta el tipo de reactantes lo que define las características del reactor como también del proceso (Harris G, 1973; Perry, 2001; Avolone E. and Baumeister T, 1976).

Los datos que son normalmente se deben conocer son la temperatura, presión y composición de la corrientes de alimentación y de sus velocidades de flujo, esta información determina las condiciones del diseño y con estos datos se determina si el diseño es factible en su funcionamiento.

Pueden existir muchas combinaciones de tamaño y condiciones de operación para un tipo específico de reactor que satisfaga las condiciones de diseño. El diseño óptimo desde el punto de vista de las utilidades financieras depende de las materias primas, de los costos de inversión y de operación y del valor de los productos finales en el mercado. Primero es necesario establecer el método de cálculo para el funcionamiento del reactor para después aplicar una técnica de optimización que determine el diseño más provechoso (M. Smith, 1991).

Para un diseño de un reactor se debe llevar pasos esenciales que parten de un diseño a un nivel de laboratorio y proseguir a un escalamiento de volúmenes de operación, por ejemplo:

1. A partir de un reactor a escala de laboratorio, diseñado para operar a temperatura prácticamente constante.

Generalmente se seleccionan las condiciones de operación que faciliten la diferenciación de los efectos de difusión y de transferencia de calor (procesos físicos) de las mediciones experimentales, de tal forma que se pueda evaluar con precisión la velocidad del proceso químico. Este es el método que produce los mejores resultados (Harris G, 1973; Perry, 2001; Avolone E. and Baumeister T, 1976).

2. A partir de un reactor a pequeña escala (planta piloto) en el cual se pueden variar la composición, la temperatura y la presión.

En este caso se requieren cálculos similares, aunque invertidos, a las etapas de diseño que se necesitan para evaluar la velocidad de la reacción química. La diferenciación precisa de los efectos de difusión y de transferencia de calor y de los procesos químicos intrínsecos puede ser una tarea difícil (Harris G, 1973; Perry, 2001; Avolone E. and Baumeister T, 1976).

3. A partir de un reactor a escala comercial que se pueda utilizar para este propósito.

Los problemas de la obtención de una expresión de la velocidad química son similares a los del método 2, pero suelen ser más severos, pues se cuenta con menos instrumentación y, por tanto, con menor cantidad de datos (Harris G, 1973).

Por lo tanto los componentes de un reactor se definen con el sistema de agitación y el sistema de un volumen.

Los sistemas de agitación se componen del motor, los baffles y el rodete que son los componentes principales encargados de la homogenización de las sustancias reactantes. En el sistema de volumen se encuentra el contenedor, este es construido con el material adecuado para los reactantes a utilizar esto quiere decir que en caso de que los reactantes sean de un carácter corrosivo, deben tener una cubierta especial o en un caso que el material soporte esta corrosión durante todo el tiempo de reacción.

Los componentes necesarios en un reactor son los medidores de temperatura, presión, pH, flujo volumétrico. Factores primordiales para permitir que la reacción se realice de manera óptima.

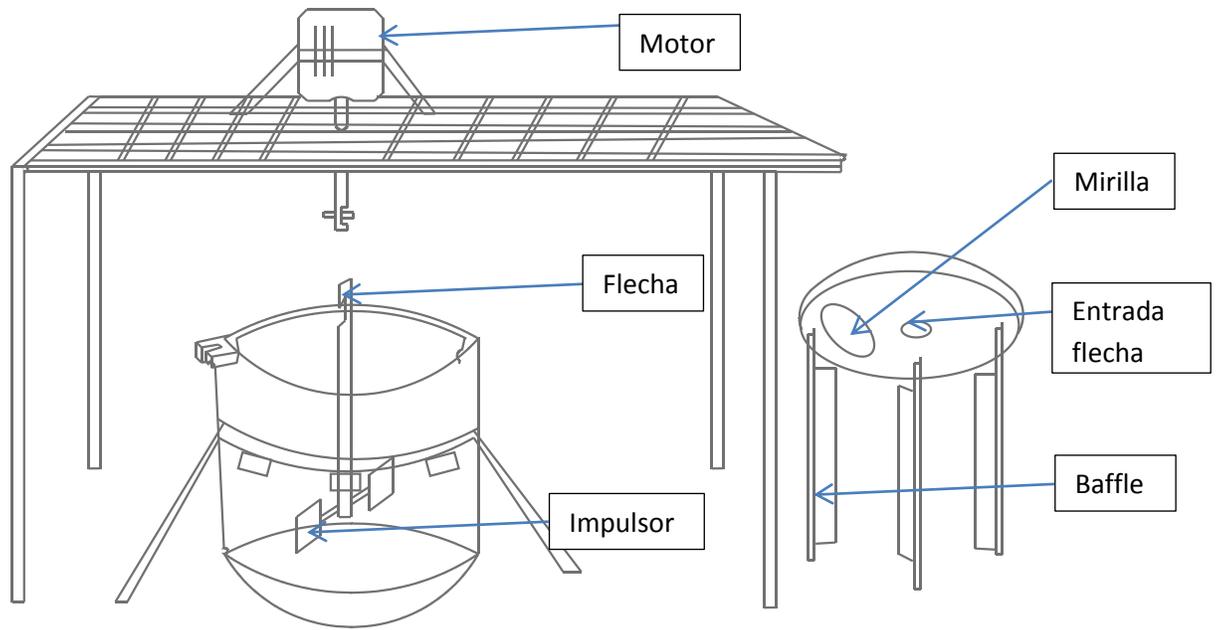


Figura 5. Partes de un reactor.

CAPITULO V

DISEÑO DE LA PLANTA DE SAPONIFICACIÓN

5.1. Localización de la planta.

La planta de se localizara en la dirección.

Carretera Emiliano Zapata Km 7.5 Real del Bosque Municipio de Tuxtla Gutiérrez, en esta localidad se localiza planta de procesado y empacado de embutidos como jamón, chuleta y tocino “Jarochos Carnicerías S.A. de C.V”.

La temperatura promedio de este terreno son de 25-35 ° C, las lluvias estan presentes de junio a septiembre, y el clima caluroso durante enero a marzo y clima frío durante octubre a enero.

La localización del terreno de construcción de la planta está en una área donde se encuentran los siguientes servicios:

Agua: Donde la recepción es por parte del sistema de abastecimiento de agua SMAPA y adicionalmente se considerará la posibilidad de abastecimiento de agua en pipa, esto para tener establecido un precio en cada litro de agua usado.

Energía eléctrica: la localización de la planta cuenta con redes eléctricas hacia la empresa, suministrando tal servicio de una manera óptima, no obstante en cuenta en caso fallo de tal red la empresa no cuenta con sistema secundario de generación de energía eléctrica, también se sabe que es un sistema de alto voltaje lo cual no afecta en el caso de los equipo a usar. El sistema de suministro de energía eléctrica es por parte de la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

Drenaje: este servicio se cuenta por parte de las redes de drenaje del estado, y no marca una limitante ante el proceso.

Transporte: la localización de la empresa cuenta con carreteras las cuales se encuentran en buen estado la empresa se en localizará a un lado de la carretera no entrado a las otras poblaciones cercanas.

5.2. Materia prima

Entre las materias primas a utilizar durante el proceso se marcan las siguientes.

Residuos Grasos: Estos provenientes del procesado de las carnes, mencionan como procesado el limpiado de musculo del animal dedicado para alimentación humana, tomando en cuenta que una parte de esta también provendrá de la producción de chicharon ya que en este proceso es utilizada grasas industrializadas y los residuos de estas se utilizaran para el proceso. La adquisición de estas será directamente de la empresa y en caso de que la empresa no pueda rendir con la cantidad necesaria de materia prima se comprará esta materia prima con empresas vinculadas con ésta.

A las grasas se consideran las características de olor y color, para decidir de acuerdo a los resultados de estas pruebas si tal materia requerirá un tratamiento de desodorización y decoloración para que no se vean afectadas las características finales del producto.



Figura 6. Materia Grasa usada para el proceso.

Sosa caustica o potásica: Esta materia prima es fundamental para el proceso, se obtendrá de las empresas Pochteca Tuxtla Gutiérrez y Phapsa Puebla, ya se cuenta con un vínculo de compra hacia la empresa de procesado de carnes, esta materia prima una vez obtenida será almacenada en condiciones de humedad baja ya que este reactivo se hidrata con facilidad en presencia de humedad ambiental elevada y conservando una temperatura ambiente.

Agua: como se describió anteriormente, será suministrada por las redes de abastecimiento de SMAPA y lo cual se remarca que en caso que el abastecimiento no sea necesario se implementara la compra de pipas para no detener el procesado diario.

Colorantes: Utilizados para la generación de color los cuales son de un tono azul y verde, ya que estos son los colores más utilizados en industrias jaboneras, así también estos serán sintéticos ya que reporta una mayor capacidad colorante lo que disminuirá el costo del producto terminado.

Aromatizantes. Serán utilizados aromatizantes sintéticos y esencias que potencialicen el olor, cada olor se ajustará hacia el fin con el que este hecho el producto, tomando como ejemplo, si el producto es usado para el lavado de utensilios domésticos o industriales que sirven durante el proceso será de acuerdo con la mayoría de olores que sirven para lavado de utensilios de cocina.

Alcohol Etoxilado (texapon) o Espumante vario. Este producto utilizado en jaboneras para la potencialización y la formación de espuma en el producto final dará un valor plus hacia el producto.

Boratos, Sulfatos y carbonatos. Estos productos son utilizados como abrasivos, en este caso el proceso se utilizaran para la generación de un jabón en líquido con propiedades abrasivas adicionando estos productos.

Desengrasantes. Este será utilizado para la producción de un jabón con elevada capacidad desengrasante, apto para ser utilizado en carnicerías aplicable en la limpieza de material de la empresa como son las cortadoras, bandejas y sierras, para asegurar que no queden residuos grasos.

CAPITULO VI

DISEÑO EXPERIMENTAL DEL PROCESO

Teniendo en cuenta las materias primas que son fundamentales para el proceso se realizó un procedimiento experimental para proponer los pasos del proceso de producción del jabón que se tomara para el proceso industrial.

Las grasas animales tendrán un costo unitario de veintidós pesos por kilogramo. Remarcando que la mayoría de grasas será proveniente de puerco, ya que la empresa maneja este tipo de carnes en mayor proporción y resulta una mayor cantidad de estos residuos comparándolos con la producción proveniente de la res.

Como se sabe las grasas del puerco son más dedicadas para la alimentación ya que se pueden usar para la generación de otros alimentos, pero en este caso las grasas utilizadas para el proceso ya son grasas residuales de la producción de chicharrones

Siguiendo las bases para la saponificación según la tabla proporcionada con índice de saponificación de la grasa o manteca de cerdo, lo cual nos indica que el índice de saponificación de esta es de 0.144 g de NaOH/ g de Grasa. (Bailey A, 1984)

Para el diseño experimental se tomaron de grasas 5 kilogramos para la verificar la cantidad de hidróxido de sodio es conveniente para la saponificación de grasas, se prosiguió al cálculo de la sosa requerida siguiendo la fórmula número 1, en este caso no se usaron mezclas de aceites aunque se pretende aplicar posteriormente una cantidad de aceite de coco para el aumento de dureza y la generación de espuma en el jabón de barra.

Se realizaron experimentos para corroborar si de acuerdo a la teoría, la cantidad de hidróxido de sodio calculado permitirá la saponificación de 5 kilogramos de grasa, aplicando el índice de saponificación para manteca de cerdo (138.18 para NaOH) y la cantidad de grasa (5 Kg) se obtuvo que con 690.9 gramos de hidróxido de sodio es posible saponificar los cinco kilogramos de grasa.

La cantidad de sosa fue disuelta en agua en una relación de uno a tres previamente a ser aplicada a la grasa animal.

Por lo tanto siguiendo la fórmula uno donde la cantidad de grasa a utilizar son 5000 gr de manteca de cerdo:

$$\text{gr de NaOH necesarios} = (\text{I. S de cada aceite o grasa}) * (\text{Kg de aceite o grasa})$$

$$(138.18 \text{ I. S. de manteca de cerdo}) * (5 \text{ Kg de grasa}) = 690.9 \text{ gr de NaOH necesarios}$$

Los 690.9 gramos de NaOH cálculos se disolvieron en una cantidad de agua usando la relación antes mencionada.

Lo para corroborar los resultados de este índice de saponificación, se realizaron los cálculos por estequiometria de la reacción. Al analizar la siguiente tabla en que se muestran los tipos y cantidades de ácidos grasos presentes en la manteca de cerdo.

Tabla 3. Composición de algunas grasas (proporción de ácidos grasos en porcentaje) (Fuente: Mayer 1987)

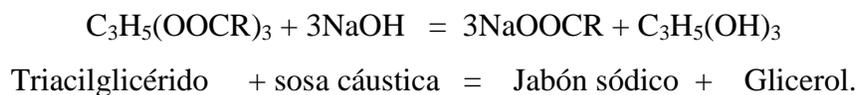
| Grasa | Aceite de haba de soja | Aceite de lino | Ácido mirístico | Ácido palmítico | Ácido esteárico | Ácido oleico | Ácido linoleico |
|---------------------|------------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|-----------------|
| De cerdo | 2 | 3,0 | 2,0 | - | - | - | - |
| Sebo de ternero | 23,5 | 29,0 | 4,6 | 9,0 | 8,0 | 6,5 | 5,6 |
| Sebo de carnero | 11,4 | 19 | 4,6 | 9,0 | 8,0 | 6,5 | 5,6 |
| Aceite de oliva | 12 | 46,5 | 36 | 83 | 56 | 33,5 | 21 |
| Aceite de cacahuete | 12 | 3 | 4,3 | 6,0 | 26,0 | 52,5 | 24,0 |

Tabla específica de la composición de algunos ácidos grasos de grasas que sirven para manufactura para elaboración de diversos productos, en esta tabla especifica que la presencia principal de ácidos grasos en la manteca de cerdo es de aceite de lino y ácido mirístico, no obstante según reportado por Olle Dahl en 1976 en la siguiente tabla:

Tabla 4. Composición media en ácidos grasos e índice de iodo. (Fuente: Olle Dahl 1976).

| Tipo de grasas | Ácidos grasos saturados | | | Ácidos grasos no saturados | | | | | | | Índice de iodo |
|--|-------------------------|-----------------|-----------------|----------------------------|---------------------|--------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------------|----------------|
| | Ácido mirístico | Ácido palmítico | Ácido esteárico | Monoenoicos | | | | Dienoico | Trienoico | Tetraenoico | |
| | | | | Ácido tetradecenoico | Ácido hexadecenoico | Ácido oleico | Ácido eicosenoico | Ácido linoleico | Ácido linoleico | Acido de araquidónico | |
| Sebo de vacuno | | | | | | | | | | | |
| Sebo interno... | 5 | 33 | 23 | 0,5 | 4 | 32 | - | 2 | 0,75 | Trazas | 37 |
| Sebo externo (sebo subcutáneo) | 5 | 30 | 5 | 3 | 12,5 | 39 | 0,5 | 4 | 1 | Trazas | 52 |
| Sebo del pecho | 4 | 32 | 5 | 2 | 16,5 | 37 | 0,5 | 3 | - | Trazas | 57 |
| Grasa de cerdo: | | | | | | | | | | | |
| Grasa de cerdo | 2 | 30 | 17 | 0,5 | 3,5 | 39 | - | 6,5 | 0,5 | 1 | 53 |
| Grasa externa (tocino) | 3 | 28 | 11 | 0,5 | 3,5 | 45 | - | 7 | 1 | 1 | 60 |
| Grasa de caballo (grasa de barriga + grasa de la cruz) | | | | | | | | | | | |
| Tras la alimentación es estabulación | 7 | 28 | 4 | 1 | 8 | 37 | - | 8 | 6 | 1 | 78 |
| (=primavera) | 6 | 28 | 3 | 1 | 9 | 30 | - | 8 | 12 | 1 | 88 |
| (=otoño)... | | | | | | | | | | | |
| Grasa de huesos (huesos mezclados de vacuno) | 3 | 23 | 23 | 1 | 5 | 58 | - | 2 | 1 | 1 | 64 |

Se observa que los ácidos grasos más predominantes para esta grasa son: Acido palmítico, Acido estearítico y el ácido oleico, los demás se consideran que se encuentran en cantidades mínimas. Siguiendo la reacción de saponificación:



Donde se indica que la cadena importante de Triacilglicérido está conformada por los tres ácidos grasos mencionados anteriormente ligados a una molecular de glicerol, se prosiguió al cálculo estequiométrico.

Los pesos moleculares de cada ácido grado y así también del glicerol y del NaOH es de:

Tabla 5. Pesos moleculares de los reactantes como: ácidos grasos, NaOH y agua. (Fuente: Raymond Ch, 2010)

| Reactante | Peso molecular. |
|------------------|-----------------|
| Ácido Palmítico | 256.43 |
| Ácido Esteárico | 284.48 |
| Ácido Oleico | 282.47 |
| NaOH | 40 |
| Agua. | 18 |
| Glicerol | 89.03 |
| Triacilglicérido | 882.41 |

Tomado en cuenta estos pesos moleculares se calculó donde se calculó a partir de 5000 gramos de grasa.

$$\underline{5000 \text{ gramos de Grasa}}$$

$$= \frac{1 \text{ mol de grasa}}{882.41 \text{ gramos de Triacilglicérido en los 5 Kg de manteca.}}$$

$$= 5.666 \text{ moles de grasa.}$$

Por tanto se tienen 5.666 moles de grasa, se calcula cuantas moles se requieren para la reacción.

$$\frac{5.666 \text{ moles de grasa}}{1 \text{ mol de TG..}} = \frac{3 \text{ moles de NaOH}}{1 \text{ mol de TG..}} = 16.999 \text{ moles de NaOH.}$$

Así teniendo las moles de NaOH necesarias se cálculos cuanto equivale en gramos.

$$\frac{16.999 \text{ moles de NaOH}}{1 \text{ mol de NaOH.}} = \frac{40 \text{ gramos de NaOH}}{1 \text{ mol de NaOH.}} = 679.56 \text{ gramos de NaOH.}$$

También se calcularon las moles de jabón y agua que se producen y se necesitan para la reacción.

$$\frac{5.666 \text{ moles de TG}}{1 \text{ mol de TG.}} = \frac{3 \text{ moles de jabón}}{1 \text{ mol de TG.}} = 16.98 \text{ moles de jabon.}$$

$$\frac{16.98 \text{ moles de jabón}}{3 \text{ moles de jabón.}} = \frac{862.35 \text{ gramos de jabón}}{3 \text{ moles de jabón.}}$$

$$= 4880.901 \text{ gramos de jabon a producir.}$$

$$\frac{5.666 \text{ moles de TG}}{1 \text{ mol de TG.}} = \frac{1 \text{ mol de agua}}{1 \text{ mol de TG.}} = 5.666 \text{ moles de agua.}$$

$$\frac{5.666 \text{ moles de agua}}{1 \text{ mol de agua.}} = \frac{18 \text{ gramos de agua}}{1 \text{ mol de agua.}} = 101.988 \text{ gramos de agua sugeridos.}$$

Los cálculos estequimétricos de la reacción indica que el índice de saponificación es el verdadero para el cálculo de NaOH necesario para la saponificación de la mayoría de ácidos grasos presentes. Lo cual se condiciona que los ácidos grasos que se tomaron en cuenta solo fueron que estaban en mayor proporción y así que el índice nos indica que se requieren 690.9 gramos de NaOH para saponificar 5 kilogramos de manteca y por estequiometría se necesitan 679.56 gramos de NaOH lo cual se discute que los demás gramos para resultar los 690.9 fueron los que saponifican los ácidos grasos que se encuentran en una proporción menor a estos. Si también mencionando que la realización de la segunda saponificación se requiere de los gramos utilizados en la primera saponificación esto para asegurar la mayor esterificación de los ácidos grasos para tener un mayor rendimiento.

6.1. Materiales y métodos

Teniendo los cálculos de las materias primas, se procedió a la generación del proceso a la aplicación del método de Sharples pero se realizó una modificación.

Primera Saponificación.

En la primera fase que es realizar una reacción primaria entre las grasa de cerdo con el álcali o sosa caustica de marca Phapsa anteriormente calculado, la temperatura a la cual se elevó en una rango de 80-90 °C usando un termómetro de mercurio de marca Duve que es el rango para la primera saponificación, durante 45 min con una agitación de 1550 RPM con un motor marca Mc Milan donde el cual se adaptó a un base, esto para garantizar una temperatura homogénea y así también para verificar que el reactante esté presente en todo el sistema.

Terminado este proceso se procedió a realizar la segunda saponificación, tomando que en este proceso solo es el agregado de una nueva carga de álcali.

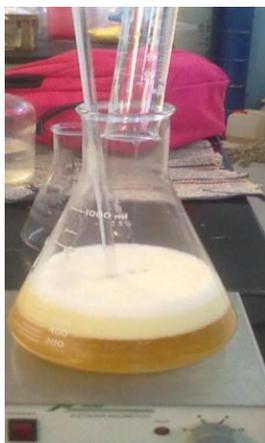


Figura 7. Primera Saponificación a nivel laboratorio.

Segunda saponificación.

En la segunda saponificación el líquido purgado de la primera saponificación se depositó en una reactor para luego agregar una solución de álcali para lograr se agito a 1550 RPM , a 80-90 °C de temperatura durante 15 minutos, al observar una pasta formada se agregó el jabón graso anteriormente formado y para permitir la reacción con la lejía que todavía presente, se mantuvo a las mismas revoluciones con el mismo rango de temperatura durante 30 minutos hasta la formación de una pasta más densa.

Una vez transcurridos los 45 minutos de duración del proceso se prosiguió a efectuar lavados con una solución de sal común de una concentración de 0.233 gr/ml para la eliminación de trazas de sodio que pueda estar presente en el jabón puro, una vez efectuados los lavados se efectuó un purgado para la eliminación de la parte líquida donde el glicerol, sal y la lejía.

Pasos para la elaboración de jabones en presentaciones barra y líquido.

Jabón solido en presentación en barra.

En este paso el jabón previamente elaborado se agita a 1550 RPM esto para el agregado de aromatizantes y colorantes, este proceso duró en agitación 15 minutos, lo cual a la mezcla se le agrego los carbonatos o boratos, prosiguiendo de una baja de temperatura para lograr una solidez del jabón, esto para poder pasarlo en troquelado o excrutor para su formación de barras y así se realizó su cortado de acuerdo a los gramos de presentación.

El proceso de troquelado es un paso la formación y cortado en las presentaciones de las que se quiera obtener.

Manufactura de jabón líquido

Este paso es similar del procesado de jabón solido lo cual en este caso este paso se lleva a una dilución en donde el porcentaje de jabón en la dilución fue de 10% y el restante fue de agua, con una pequeña proporción de alcohol. Este proceso sirve para la producción de jabón con capacidad desengrasante por lo cual en este se le agrega el desengrasante y el

alcohol etoxilado para que el producto tenga una producción de espuma. Así terminado el producto es envasado y almacenado para su distribución o uso.

Medición de parámetros físicos.

Medición de Viscosidad.

Para la medición de la viscosidad se utilizó un viscosímetro rotatorio modelo VT-02, donde se utilizó el método descrito por el manual del fabricante del equipo. Donde se midió la viscosidad del jabón y el residuo utilizando el medidor de numero 3.

Medición de Densidad.

Para la densidad se utilizó un método que consistió en pesar 5 gramos de jabón previamente realizado, después se midió un volumen de 35 ml de agua en una probeta de 50 ml, entonces se dejó caer la el jabón previamente pesado y se midió el volumen ocupante una vez dejado caer el jabón pesado y se calculó con la siguiente formula.

$$\delta = \frac{\textit{Gramos de muestra pesada}}{\textit{Volumen final - Volumen inicial}}$$

Para la medición de la densidad del residuo se utilizó un picnómetro, donde el método consiste en poner a peso constante al picnómetro vacío y pesarlo, después se coloca la muestra sin derramar nada y luego se pesa el picnómetro con muestra, la densidad se calcula con la fórmula del picnómetro.

$$\delta = \frac{\textit{Peso del picnómetro con muestra - Peso del picnómetro vacío.}}{\textit{Volumen del picnómetro.}}$$

Comparación de productos con marcas comerciales

El producto se comparó con las características de calidad de productos comerciales de empresas dedicadas a la venta a granel. Los cuales las características a medir fueron pH, pH en disolución, viscosidad, Detergencia visual, cantidad de disolución tomando como cantidad de jabón/agua, y así como el olor.

Entre la medición de pH se realizó con un Potenciometro marca Hanna intruments modelo 98HI129 tomando como método la medición del producto punto y la medición del producto diluido en una cantidad de 10 mL de jabón con 100 mL de agua. La medición de viscosidad se realizó con un viscosímetro rotatorio marca Hanna. Dando los siguientes resultados.

6.4. Resultados

Resultados del diseño experimental.

El jabón resultante de la saponificación fue del 132% de jabón resultante tomando como referencia la cantidad de grasa usada. Una vez obtenido el jabón se dedica a la obtención del producto terminado de acuerdo a qué tipo de jabón se obtendrá. La cantidad de jabón obtenida fue de 6660 gramos. Una vez terminado el proceso de saponificación se procedió a dar el acuerdo para la presentación final del jabón en barra y el líquido.

Resultados de medición de viscosidad.

Tabla 6. Resultados de viscosidad.

| Muestra | Primera Medición | Segunda Medición | Tercera Medición. | Media Aritmética. |
|----------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Jabón a 80 °C | 1.5 Poise | 1 Poise | 1.2 Poise | 1.233 Poise |
| Jabón a 24 °C | 8 Poise | 7.5 Poise | 8 Poise | 7.933 Poise |
| Residuo | 0.8 Poise | 0.6 Poise | 0.8 Poise | 0.733 Poise |

En la tabla 6 se muestra que la viscosidad del jabón disminuye en cuanto aumenta su temperatura, a su vez el residuo no cuenta con una viscosidad muy grande por lo cual nos indica que la bomba a calcular será de baja potencia, no obstante en el caso del jabón producido este muestra una viscosidad de 1.233 cuando se encuentra a 80 °C, lo cual nos indica que será mejor transportarla a otro reactor con una tubería grande y este será transportado por caída libre, mencionando que inicialmente no se utilizara bombas esto para reducir el costo del producto, pero se utilizaran bombas si se presenta un crecimiento en la empresa esto para agilizar el proceso.

Resultados de medición de Densidad.

Tabla 7. Resultados de medición de densidad.

| Muestra | Primera Medición | Segunda Medición | Tercera Medición | Media Aritmética | Densidad calculada. |
|-------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------|
| 5 gramos de jabón | 38.5 ml de elevación | 39 ml de elevación | 39 ml de elevación | 3.8333 | 1.30 gr/ml |

Utilizando el método planteado la densidad es de 1,30 gr/ml de lo cual se remarca que este método no es tan exacto como el método del picnómetro.

Para la medición de la densidad del residuo se utilizó un picnómetro lo cual su peso inicial fue de 10.3 gramos y su peso con muestra resulto de 15,3 gramos, el picnómetro tenía un volumen de 50 ml, entonces utilizando la formula la densidad resulto de:

$$\delta = \frac{\text{Peso del picnómetro con muestra} - \text{Peso del picnómetro vacío.}}{\text{Volumen del picnómetro.}}$$

$$\delta = \frac{15.3 \text{ gramos} - 10.3 \text{ gramos.}}{50 \text{ ml.}} = 0.1 \frac{\text{gramos}}{\text{ml}}$$

Lo cual nos indica que la densidad del residuo es pequeña.

Resultados de comparación con otras marcas.

Tabla 8. Comparación del producto con marcas comerciales.

| Muestra | Ph | pH Diluido | Detergencia | (%) de Disolu. | Características |
|------------|-------|------------|-----------------|----------------|-------------------|
| Dogo | 9.45 | 8.98 | Buena y delgada | 5:10 | Olor irritante |
| Alcar | 1.42 | 2.35 | Buena y delgada | 5:10 | Olor irritante |
| Poliec | 9.01 | 9.07 | Buena y delgada | 5:10 | Suave |
| Vario | 11.11 | 10.55 | Buena y delgada | 5:10 | s/ olor |
| Jabon Exp. | 7.6 | 9.10 | Buena y espuma | 5:10 | Agradable y suave |
| | | | | | |

La tabla nos indica que los pH's de otras marcas comerciales son demasiado básico en unas y en otras marca una acidez muy grande por lo cual estos productos son muy agresivos para la piel y así también se muestra que la espuma formada por estos es de baja duración ya que presentaron una espuma delgada, no obstante el jabón producido demuestra un pH casi neutro por lo cual indica que no será muy agresivo hacia la piel del consumidor, también se demuestra que su formación de espuma tiene tiempo más prolongado de duración ya que presentan una espuma espesa lo cual hace que esta dure mas tiempo.



Figura 8. Comparación de jabón experimental con marcas comerciales.

6.3. Costo De Jabón a Nivel Laboratorio

Este proceso nos sirve cual es el nivel de gasto y beneficio al procesado de grasas para la elaboración de jabones líquidos y sólidos.

En esta caso se hizo un recuento de los precios de las materia primas a un precio en menudeo esto porque la compra solo se pudo efectuar de esta manera.

Tabla 9. Cantidad de materias primas y precios unitarios cada una en valor al menudeo.

| Materia prima | Cantidad adquirida. | Precio unitario \$ M.N. | Total |
|----------------------|---------------------|-------------------------|-------|
| Grasa | 5 kilogramos | 22 pesos | 110 |
| Sosa caustica | 2 kilogramos | 25 | 50 |
| Alcohol Etoxilado | 1960 ml | 32,5 | 63.7 |
| Colorante artificial | 30 gramos | 16,47 | 16.47 |
| Aromatizantes | 30 ml | 49,7 | 49.7 |
| Sal común | 1 kilogramo | 6,5 | 6,5 |
| Alcohol etílico | 450 ml | 5 pesos | 5 |

La tabla anterior representa la cantidad de materia prima obtenida y así también lo precios unitarios de cada una de las materias primas no obstante se aclara que el agua es proporcionada por la red de distribución de agua potable SMPA.

Lo cual también se contó con material en el cual se realizó el proceso.

Tabla 10. Material necesario para realizar el proceso.

| Material | Cantidad | Precio \$ M.N. |
|-------------------------------|----------|----------------|
| Olla de acero inoxidable | 1 | 135 pesos |
| Pala de madera | 2 | 6 pesos |
| Cubetas de plástico de 19 lts | 3 | 10 pesos |
| Licadora | 1 | 850 pesos |
| Motor de 1/70 hp | 1 | 190 pesos |

Servicios Auxiliares del proceso.

Tabla 11. Servicios auxiliares del proceso a nivel laboratorio.

| Servicio auxiliar | Cantidad | Precio \$ M.N |
|-------------------|----------|---------------|
| Agua Potable | 3000 lts | 150 |
| Gas propano | 30 Kg | 353 |
| Electricidad | 139 kWh | 92.43 \$/mes |

Así tomando en cuenta todas las materias primas y los servicios necesarios auxiliares involucrados en proceso se determinó la cantidad necesaria de materia prima para un proceso de 5 kg que fue el diseño experimental, se obtuvo el costo y el precio unitario del producto final que se representa en la siguiente tabla.

Tabla 12. Costos de la materia prima utilizada.

| Materia Prima | Cantidad | Costo (pesos M.N) |
|----------------------|----------|-------------------|
| Grasa** | 5 Kg | 22 |
| Sosa caustica | 1.4 Kg | 35 |
| Sal | 0.648 Kg | 3,88 |
| Colorante | 0.001 ml | 0,01647 |
| Aceite de Pino | 50 ml | 3,955 |
| Aceite de citronella | 10 ml | 16,5666 |
| Alcohol etoxilado | 1200 ml | 39,7959 |
| Alcohol etílico | 250 ml | 10 |

**materia prima proporcionada por la empresa no entra como materia prima comprada, pero en el costo del producto se involucra el precio de mercado.

Así tomando la suma de la materia prima utilizada y el costo de la materia usado nos resulta un precio para el proceso de cada producto representado en la siguiente tabla.

Tabla 13. Precios de procesos de elaboración de jabón sólido y líquido.

| | Solido (pesos M.N) | Liquido (pesos M.N) |
|------------------|--------------------|---------------------|
| Costo de Proceso | 84,06297 | 136,196291 |

Terminado el proceso el proceso se determina que los precios unitarios de cada producto fluctuaría en un aproximado de 12.74 pesos el kilogramo de jabón sólido y 1.6731 peso el litro en jabón líquido, lo cual se consideró la mano de obra. Estos resultados se utilizaron para los balances de masa y así también para la estimación de costos a nivel planta.

CAPITULO VII

DISEÑO DE LA PLANTA

Tomando como base el proceso de nivel laboratorio, se formuló los pasos a seguir y así también como el diagrama de bloques del proceso.

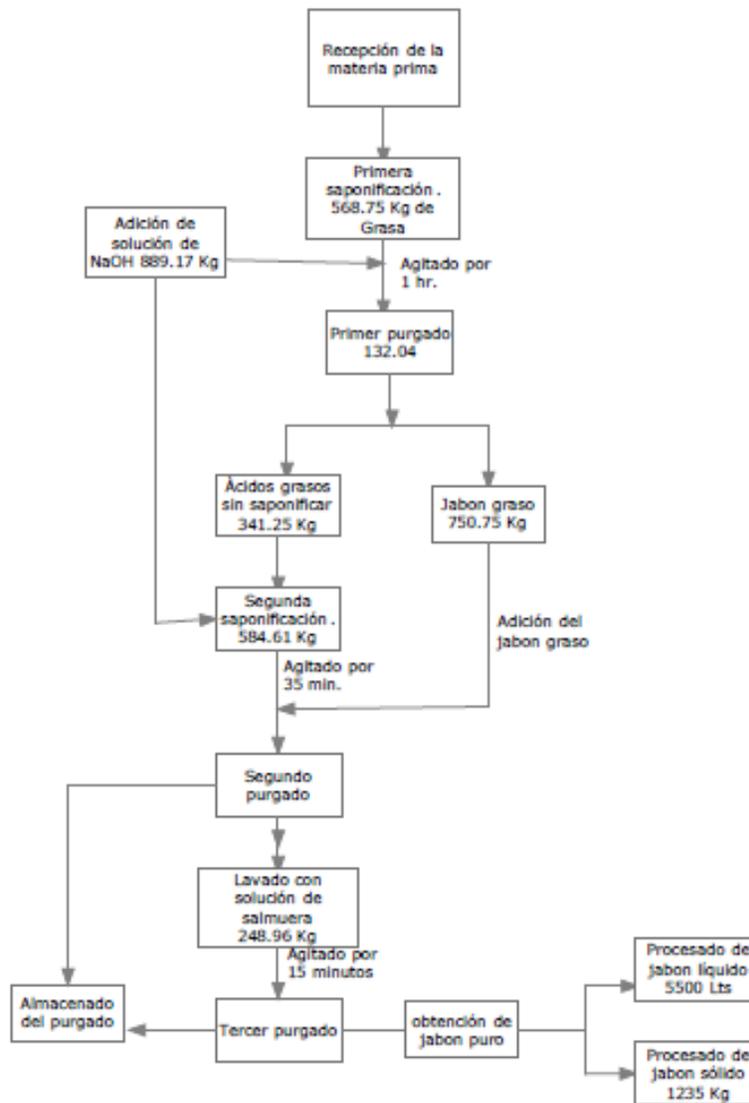


Figura 9. Diagrama de bloques del proceso de elaboración de jabón.

Tomando en cuenta que la planta trabajara en volúmenes de.

- 910 kg de grasa*

*Dependiendo de la cantidad de materia grasa obtenida.

Esto para la obtención de una cantidad de jabón solido de un aproximado de 171 kg de jabón procesado y en una producción aproximada de 1000 lts. de jabón líquido.

Así se dispersaran los horarios de trabajo que se realizar por batch donde estos se realizaran en los siguientes horarios.

- 6 am-11 am, como primer proceso.
- 1pm – 5 pm, como segundo proceso.

Los horarios se tomaron de acuerdo con el horario en que labora la empresa del proceso de carnes, la obtención de grasas se hará en el mismo día en que se terminan las labores de procesamiento de carnes.

Contando con un personal laboral de los lugares de trabajo como:

- Personal encargado del proceso.
- Personal de limpieza.
- Personal de mantenimiento de equipo.
- Encargado de planta.

Considerando que la empresa ya cuenta personal dedicado en algunos campos ya denominados, se considera adecuada capacitación acerca del proceso de obtención de jabón y funcionamiento, por lo tanto el personal necesario será:

Tabla 14. Personal necesario para el proceso.

| Personal | Cantidad |
|-------------------------------|----------|
| Vicepresidente de planta. | 1 |
| Limpieza | 2 |
| Mantenimiento de equipo | 2 |
| Ingeniero de planta | 1 |
| Empleados de contaduría | 3 |
| Presidente o gerente general. | 1 |
| Obreros de proceso | 2 |

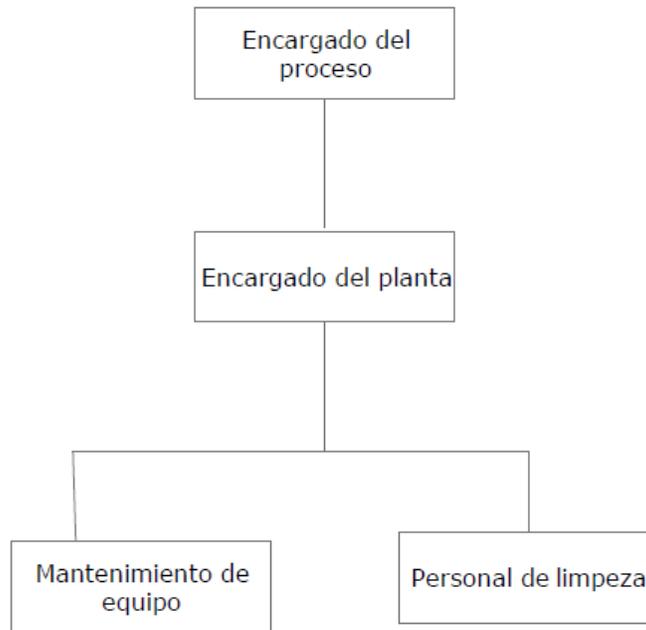


Figura 10. Mapa jerárquico de empleados destinado para la empresa

7.1. Proceso de saponificación.

Recepción de materia. La materia prima como la grasa será obtenida de la misma empresa, lo cual se condicionara para el proceso.

Primera Saponificación. En esta etapa se procederá a elevar la temperatura de la grasa contenida en un reactor de acero inoxidable dedicado a la saponificación, la temperatura idónea para la reacción es de 80-85 °C, tomando en cuenta a esta temperatura las grasas pasan de un estado semi-sólido a líquido. Logrado el cambio de estado se le adicionara lentamente una solución de Sosa Caustica, la solución se realizara de acuerdo I.S. de la grasa o aceite esto representado en tablas estandarizadas. Este paso tiene una duración de 1 hora.

Primer purgado. Transcurrido el tiempo de la primera saponificación se llevó una purgación del contenido de grasas que no reaccionaron con la sosa caustica esto debido a la disminución de la presencia de álcali en sistema. Lo cual el purgado obtenido se recirculara al reactor para una siguiente saponificación.

Segunda saponificación. Este paso se separa las grasas saponificadas, lo cual los aceites no saponificados se recircularan al reactor para realizar una nueva saponificación para obtener la mayor cantidad de materia grasa saponificada que se derivara en jabón. La duración de este paso es de 45 min.

Inactivación de la Sosa caustica. En este paso se le adicionara una solución de sal común para poder detener la actividad de la sosa caustica que no pudo reaccionar con los ácidos grasos. Duración de este paso será de 20 min.

Segunda Purgación. En este paso se eliminaran la parte líquida del sistema. En esta porción está presente el glicerol de las grasas, agua, trazas de sal.

Secado. A este paso obtenido el jabón pasa en un secado con la disminución de la temperatura del sistema para su total solidificación del jabón. Se almacena por 24 horas para la maduración del jabón.

Preparación de Jabón líquido.

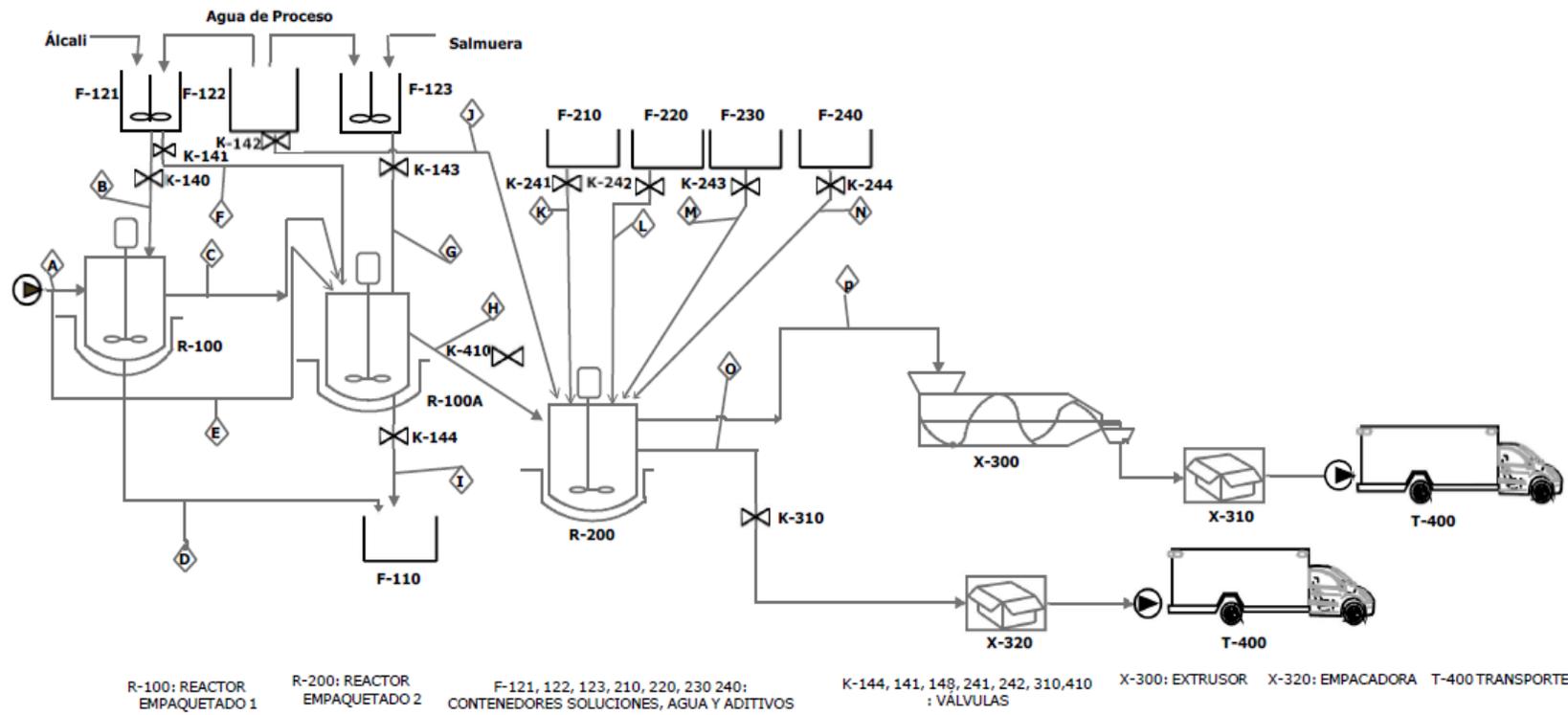
En este paso se toma 910 Kg de jabón solido proveniente de la saponificación, lo cual se calienta a una temperatura de 70-80 °C para lograr un estado semi-solido logrado este estado se procederá a agregar agua hasta lograr la una consistencia agradable, en este paso se procederá al agregado de componentes espumantes, desengrasantes, colorantes y perfumes. Así finalizando esto se procede a un envase del producto.

Preparación de jabón sólido.

En este paso se toma 910 Kg de jabón solido proveniente de la saponificación, lo cual se calienta a una temperatura de 70-80 °C para lograr un estado semi-solido, lo cual este paso se procederá al agregado de colorantes y perfumes. Después se llevara a cabo el moldeado.

Una vez teniendo el proceso definido en cual se realizaron los diagramas de los respectivos procesos como son:

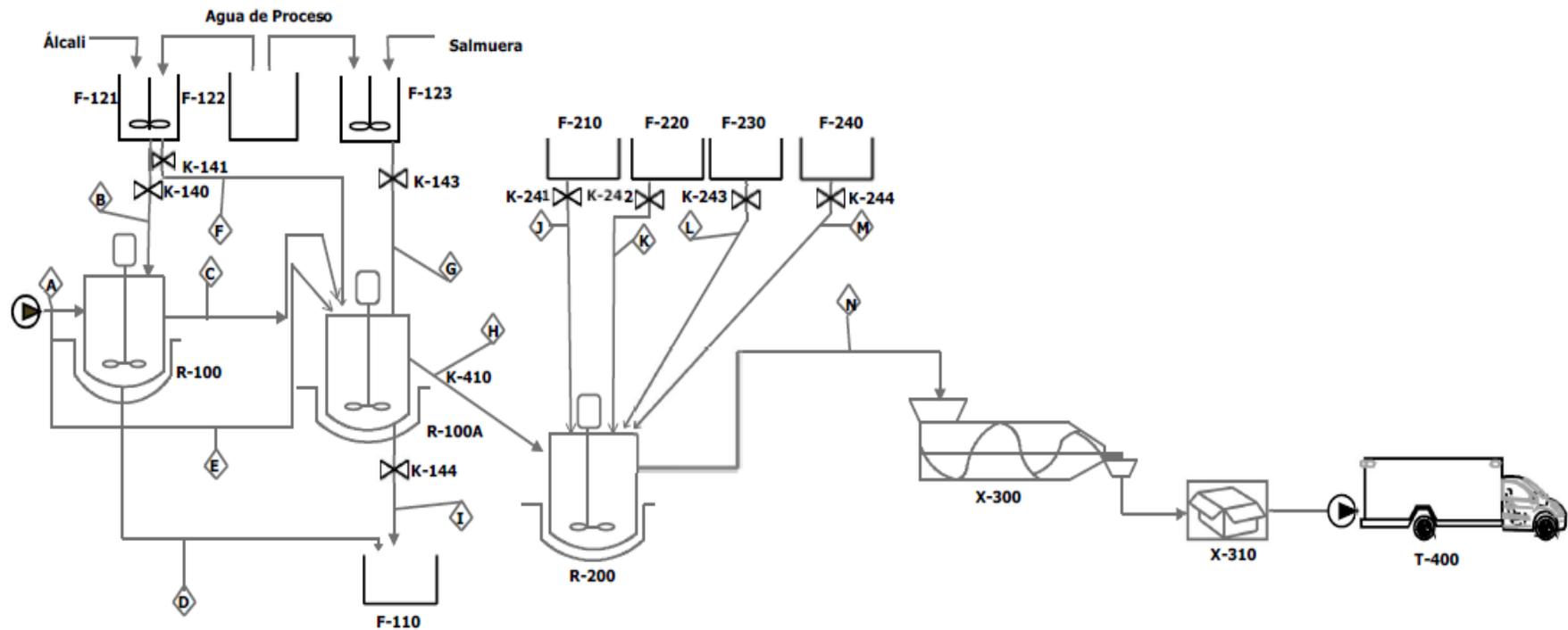
- a) Proceso General involucrando todas las fases.
- b) Proceso de Producción de jabón líquido.
- c) Proceso de producción de jabón sólido presentación en barra.



| G | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|---------|----------|---------------|-----------|---------|----------|------------|--------------|-----------|----------------|-------------|-------------|----------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| CONDICIÓN /FUJO | A Grasa | B Alcali | C Jabón Graso | D Residuo | E Grasa | F Alcali | G Salmuera | H Jabón puro | I Residuo | J Agua Proceso | K Espumante | L Colorante | M Aromatizante | N Desengrasante | O Jabon liquido | P Jabón sólido Terminado |
| Kg/batch | 606.43 | 193.89 | 520.208 | 280.112 | 303.57 | 147.355 | 522.56 | 1045.5851 | 448.3779 | 240.7120 | 10.46 | 10.46 | 10.46 | 10.46 | 5500 | 1177.4251 |
| Temperatura (°C) | 24 | 24 | 80 | 24 | 80 | 24 | 24 | 80 | 80 | 80 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 |
| Presión (ATM) | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |



Figura 11. Diagrama general del proceso.



R-100: REACTOR
EMPAQUETADO 1

R-200: REACTOR
EMPAQUETADO 2

F-121, 122, 123, 210, 220, 230 240:
CONTENEDORES SOLUCIONES, AGUA Y ADITIVOS

K-144, 141, 148, 241, 242, 310, 410
: VÁLVULAS

X-300: EXTRUSOR

X-320: EMPACADORA

T-400 TRANSPORTE

| G | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|------------|-------------|---------------------|--------------|------------|-------------|---------------|--------------------|--------------|----------------|----------------|-------------------|--------------------|-------------------------|
| CONDICIÓN /FUJO | A Grasa | B Alcalí | C Jabón Graso | D Residuo | E Grasa | F Alcalí | G Salmuera | H Jabón puro | I Residuo | J Abrasivos | K Colorante | L Aromatizante | M Desengrasante | N Jabón Terminado |
| Kg/batch | 606.43 | 193.89 | 520.208 | 280.112 | 303.57 | 147.355 | 522.56 | 1045.5851 | 448.3779 | 100.46 | 10.46 | 10.46 | 10.46 | 1177.4251 |
| Temperatura (°C) | 24 | 24 | 80 | 24 | 80 | 24 | 24 | 80 | 80 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 |
| Presión (ATM) | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

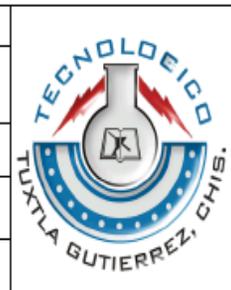
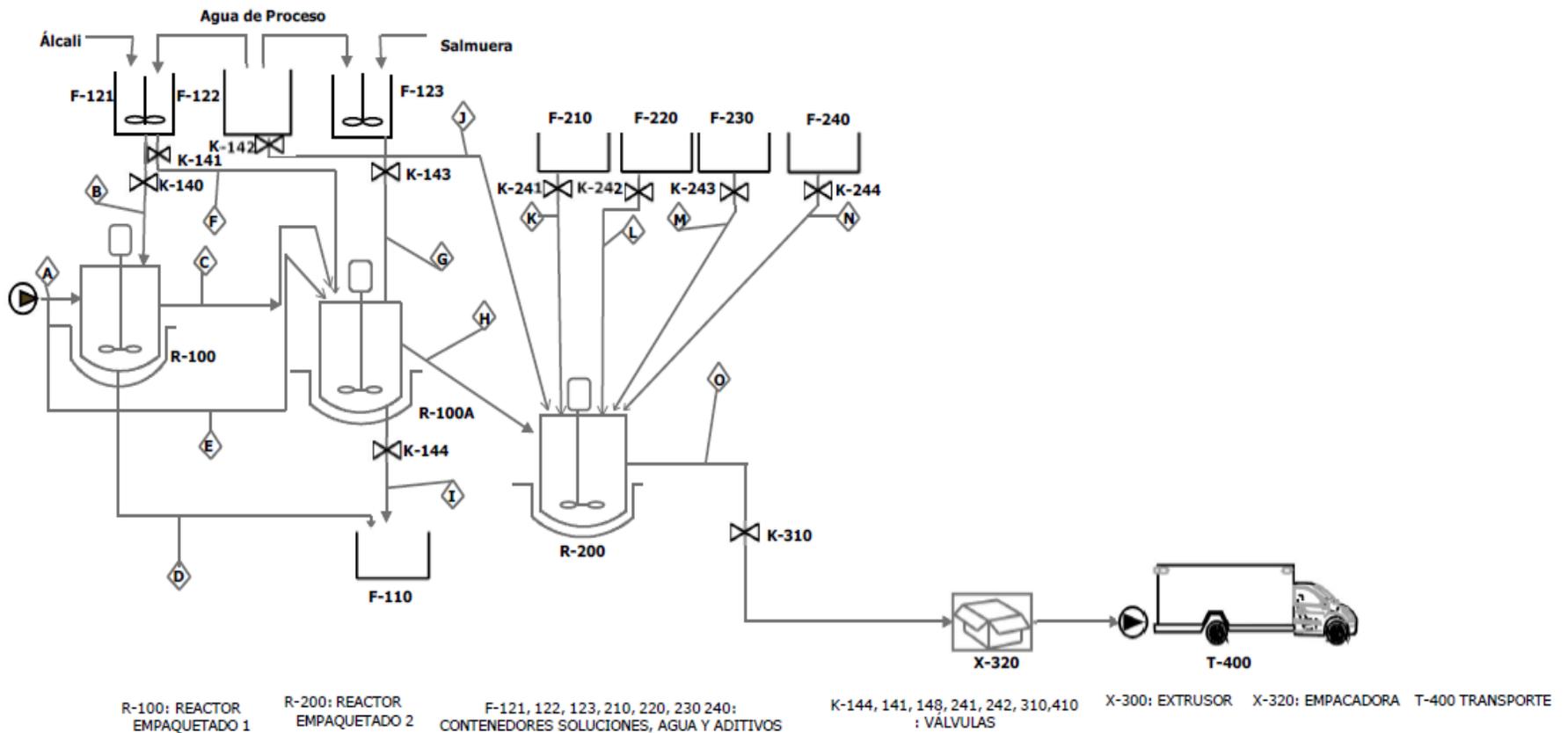


Figura 12. Diagrama de proceso de jabón sólido.



| G | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|---------|----------|---------------|-----------|---------|----------|------------|--------------|-----------|----------------|-------------|-------------|----------------|-----------------|-----------------|
| CONDICIÓN /FUJO | A Grasa | B Alkali | C Jabón Graso | D Residuo | E Grasa | F Alkali | G Salmuera | H Jabón puro | I Residuo | J Agua Proceso | K Espumante | L Colorante | M Aromatizante | N Desengrasante | O Jabon liquido |
| Kg/batch | 606.43 | 193.89 | 520.208 | 280.112 | 303.57 | 147.355 | 522.56 | 1045.5851 | 448.3779 | 240.7120 | 10.46 | 10.46 | 10.46 | 10.46 | 5500 |
| Temperatura (°C) | 24 | 24 | 80 | 24 | 80 | 24 | 24 | 80 | 80 | 80 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 |
| Presión (ATM) | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |



Figura 13. Diagrama de proceso de jabón líquido.

CAPITULO VIII

DETECCION DE SERVICIOS AUXILIARES

Como todo proceso se requieren de los servicios auxiliares para poder realizar el proceso entre estos son fundamentales para las fases de cada proceso, lo cual los servicios enlistados se categorizan de acuerdo a las fases encontradas, donde los procesos de obtención de jabón líquido y sólido. Para entender mejor el proceso se separó de acuerdo a la fase y así con sus respectivos servicios auxiliares.

Tabla 15. Tabla de servicios de la primera saponificación.

| Servicio auxiliar | Cantidad | Condición de uso | Norma que la rige |
|-------------------|----------------------------|---|-------------------|
| Agua de proceso | 34 litros | Preparar la solución de NaOH de acuerdo con el I.S.* | NOM-180-SSA1-1998 |
| Agua potable | Aprox. 1000 lts | Lavado de equipo y materiales para el proceso | NOM-180-SSA1-1998 |
| Energía eléctrica | Aprox. 2 KW por lote | Funcionamiento del motor de reactor de saponificación. | NOM-028-ENER-2010 |
| Energía Eléctrica | Aprox. 120 Watts por lote. | Iluminación del área de trabajo. | NOM-028-ENER-2010 |
| Energía Eléctrica | Aprox. | Funcionamiento de caldera | NOM-028-ENER-2010 |
| Energía Eléctrica | Aprox. | Funcionamiento de bombas. | NOM-028-ENER-2010 |
| Gas | Aprox. 750 gr por lote | Calentamiento de materia grasa para realizar la reacción de saponificación. | NOM-009-SESH-2011 |

*I.S. índice saponificación

**Gasto necesario en condiciones nocturnas donde no haya condiciones optimas de trabajos.

***Gasto necesario si se cuenta con caldera.

Tabla 16. Detección de servicios auxiliares de la segunda saponificación.

| Servicio auxiliar | Cantidad | Condición de uso | Norma que la rige |
|---------------------|----------------------------|---|-------------------|
| Agua de proceso | 34 litros | Preparar la solución de NaOH de acuerdo con el I.S.* | NOM-180-SSA1-1998 |
| Agua potable | Aprox. 1000 lts. | Lavado de equipo y materiales para el proceso | NOM-180-SSA1-1998 |
| Energía eléctrica | Aprox. 2 KW por lote | Funcionamiento del motor de reactor de saponificación. | NOM-180-SSA1-1998 |
| **Energía Eléctrica | Aprox. 120 Watts por lote. | Iluminación del área de trabajo. | NOM-180-SSA1-1998 |
| Energía Eléctrica | Aprox. | Funcionamiento de caldera. | NOM-180-SSA1-1998 |
| Energía Eléctrica | Aprox. | Funcionamiento de bombas. | NOM-180-SSA1-1998 |
| Gas | Aprox. 500 gr por lote | Calentamiento de materia grasa para realizar la reacción de saponificación. | NOM-009-SESH-2011 |

*I.S. índice saponificación

**Gasto necesario en condiciones nocturnas donde no haya condiciones óptimas de trabajos.

***Gasto necesario si se cuenta con caldera.

Tabla 17. Detección de servicios auxiliares del paso de acabo del producto.

| Servicio auxiliar | Cantidad | Condición de uso | Norma que la rige |
|--------------------|----------------------------|---|-------------------|
| Agua de proceso | 755 litros | Preparar la solución de NaOH de acuerdo con el I.S.* | NOM-180-SSA1-1998 |
| Agua potable | Aprox. 1000 lts. | Lavado de equipo y materiales para el proceso | NOM-180-SSA1-1998 |
| Energía eléctrica | Aprox. 2 KW por lote | Funcionamiento del motor de reactor de saponificación. | NOM-180-SSA1-1998 |
| *Energía Eléctrica | Aprox. 120 Watts por lote. | Iluminación del área de trabajo. | NOM-180-SSA1-1998 |
| Energía Eléctrica | Aprox. | Funcionamiento de caldera. | NOM-180-SSA1-1998 |
| Energía Eléctrica | Aprox. | Funcionamiento de bombas. | NOM-180-SSA1-1998 |
| Gas | Aprox. 500 gr por lote | Calentamiento de materia grasa para realizar la reacción de saponificación. | NOM-009-SESH-2011 |

*I.S. índice saponificación

**Gasto necesario en condiciones nocturnas donde no haya condiciones óptimas de trabajos.

***Gasto necesario si se cuenta con caldera.

Tabla 18. Detección de servicios auxiliares de empaqueo de producto.

| Servicio auxiliar | Cantidad | Condición de uso | Norma que la rige |
|--------------------|----------------------------|---|-------------------|
| Agua potable | Aprox. 1000 lts. | Lavado de equipo y materiales para el proceso | NOM-180-SSA1-1998 |
| Energía eléctrica | Aprox. 2 KW por lote | Funcionamiento del motor de reactor de saponificación. | NOM-180-SSA1-1998 |
| *Energía Eléctrica | Aprox. 120 Watts por lote. | Iluminación del área de trabajo. | NOM-180-SSA1-1998 |
| Energía Eléctrica | Aprox. | Funcionamiento de caldera. | NOM-180-SSA1-1998 |
| Energía Eléctrica | Aprox. | Funcionamiento de bombas. | NOM-180-SSA1-1998 |
| Gas | Aprox. 500 gr por lote | Calentamiento de materia grasa para realizar la reacción de saponificación. | NOM-009-SESH-2011 |

*Gasto necesario en condiciones nocturnas donde no haya condiciones óptimas de trabajos.

**Gasto necesario si se cuenta con caldera.

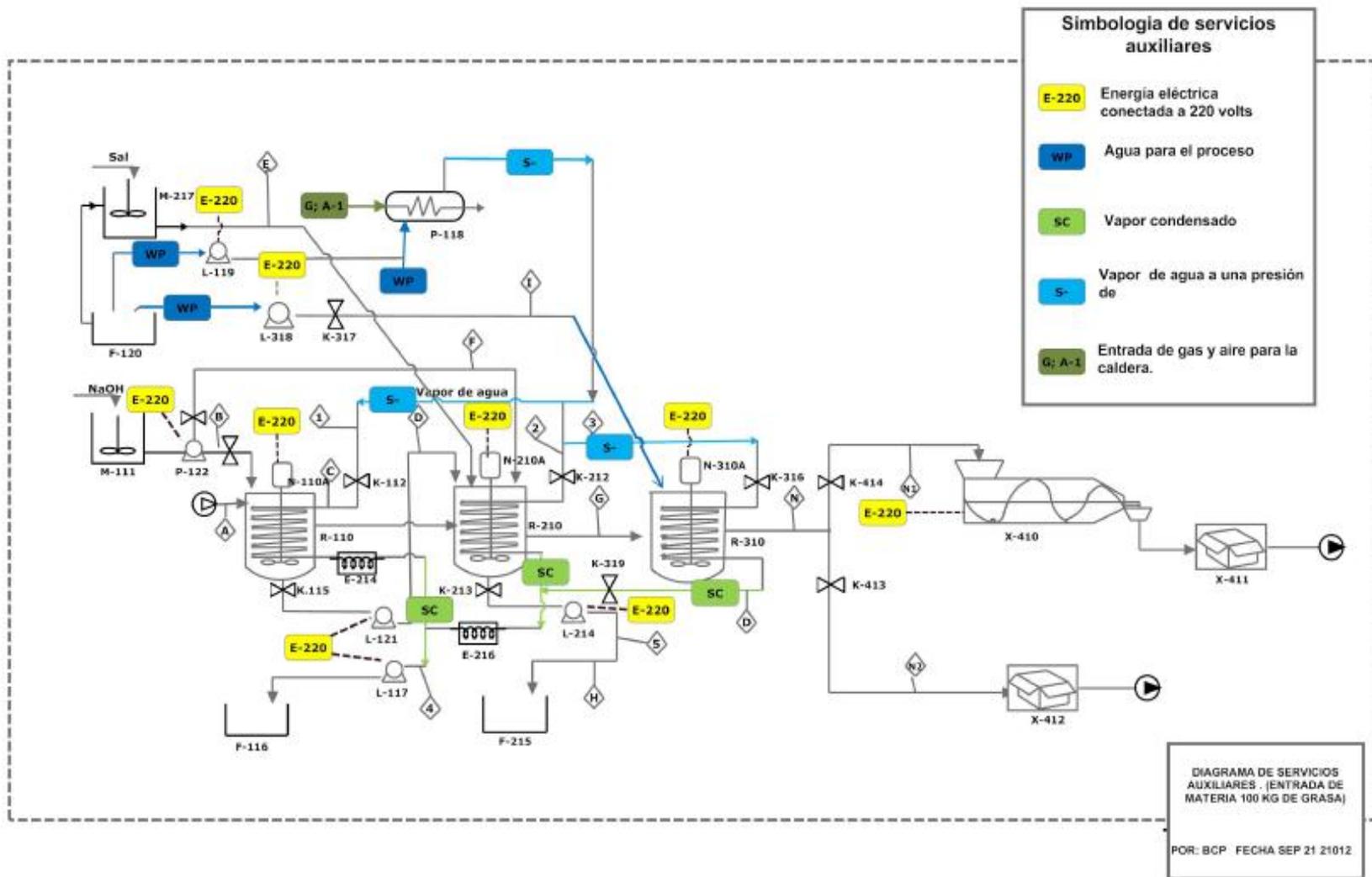


Figura 14. Detección de servicios auxiliares del proceso.

CAPITULO IX

PRODUCTO

El producto obtenido será empacado en caso del jabón líquido en frascos de plástico en cual las presentaciones serán de cinco galones, tomando en consideración que el producto inicialmente será para el autoconsumo y posteriormente será para venta una vez realizada la evaluación sensorial del producto

Al producto se realizaron una serie de análisis de calidad del cual estos consistirán en poner a prueba a este con otras marcas comerciales comparando:

a) prueba de detergencia. Esta prueba consistirá en ver la calidad de espumas de otras marcas comerciales y comparar el producto, considerando una similitud o superación en nivel de creación de espumas.

b) eficiencia de limpieza. Se comparará la eficiencia de limpieza en diferentes tipos de suciedad de marcas comerciales y comparándolo con el producto terminado.

c) pH. Se mide el pH de marcas comerciales y comparando con el producto.

d) calidad de espuma y rendimiento de ésta. Se verá la retención de espuma de productos comerciales y así también del producto elaborado.

Así también se retomarán las siguientes normas de índices de calidad hacia el producto para darles un precio plus.

Tabla 19. Normas para etiquetado.

| Norma | Establece |
|------------------------|---|
| NOM-189-SSA1/SCFI-2002 | Productos y servicios. Etiquetado y envasado para productos de aseo doméstico e industrial. |
| NOM-002-SCFI-1993. | Productos preenvasados. Contenido neto, tolerancias y métodos de verificación. |
| NOM-008-SCFI-1993. | Sistema general de unidad de medidas. |
| NOM-030-SCFI-1993. | Información comercial. Declaración de cantidad en la etiqueta. Especificaciones. |

De estas normas se tomará un envase de material PET de alta densidad, ya que este material es más utilizado para la envase de productos de limpieza. Así el envase tomará las siguientes características.

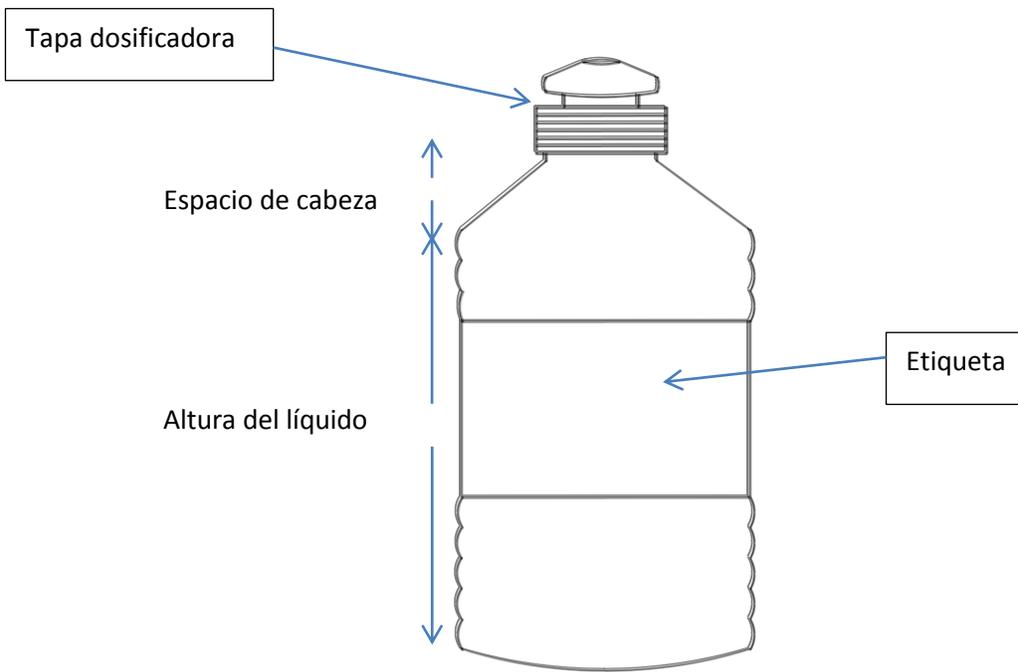


Figura 15. Forma y partes del envase del producto.

Etiqueta.

Según la norma NOM-189-SSA1/SCFI-2002 la información que debe llevar en sigüientes:

- Definición del producto, denominando el tipo de producto.
- Tipo de producto, denominando el tipo de producto que debe estar en el envase.
- Debe contener la denominación de origen, denominado el origen del producto usando las palabras “Hecho en...”, “Manufacturado en...”, “Realizado en...”.
- De contener el lote de producción.
- Modo de uso, en caso de ser un producto debe estar impresas leyendas que de una precaución hacia el consumidor.
- Ingredientes de los cuales debe clasificar si son productos químicos altamente peligrosos.
- Asi también los datos de la empresa productora tales como, dirección, numero, colonia, código postas y ciudad de producción de caso de ser nacional.
- Precauciones en caso de contacto con o en caso de ingesta.
- Debe contener el contenido neto del producto en unidades especificadas para el producto.

Lo cual los materiales más utilizados para el envasado de este tipo de productos el PET de alta densidad ya que este producto es altamente resistencia hacia los químicos.

CAPITULO X

RESIDUO

Para el proceso de producción de jabón los residuos obtenidos son los que se obtienen son del proceso de purgado de las dos saponificaciones efectuadas de los cuales la empresa no dará un tratamiento hacia este ya que de estos residuos predomina la glicerol.

Para esto se retoman las siguientes normas para estos tipos de residuos.

Tabla 20. Normas aplicadas a residuos de industrias químicas.

| Norma | Establece |
|----------------------------|---|
| NOM-052-SEMARNAT-1993 | Las características de los residuos peligrosos y en listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad del ambiente. |
| NOM-052-SEMARNAT-2005 | Las características, el procedimiento de identificación, clasificación y listado de los residuos peligrosos. |
| NOM-002-SCT/2003 | Listado de las Substancias y Materiales Peligrosos más usualmente transportados. |
| NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002 | Protección ambiental-Salud ambiental-Residuos peligrosos biológico-infecciosos-Clasificación y especificaciones de manejo. |

CAPITULO XI

COSTO DE PROCESO

Tomando en cuenta en las cantidades materia prima a utilizar se toma en la siguiente tabla.

Tabla 21. Materia prima necesaria para el proceso.

| Materia de 1820 KG | | | | |
|--------------------|----------|--------------|----------|------------|
| Materia prima | Cantidad | Precio Merc. | Costo | |
| Grasa | 1820 | 22 | 40040 | |
| Agua | 9540 | 0,067 | 639.18 | |
| KOH | 200 | 39 | 7800 | |
| NaOH | 85 | 16,9 | 1436.5 | |
| ClNa | 235.8 | 5 | 1179 | |
| Aromatizantes | 90 | 50 | 1800 | |
| Colorantes | 2 | 549 | 1098 | |
| Espumantes | 600 | 34,2 | 20520 | |
| | | | 74512.68 | Total |
| | | | 11000 | Producción |

En la tabla se visualizan las cantidades de las cuales son necesarias para el realizar un lote de producción, con lo cual nos arroja con una producción de 5500 litros de producto terminado y así también teniendo un precio de 38606,34 pesos en compra de materia prima.

Tabla 22. Costo general de proceso.

| Producción Lts | Costo de producción \$ M.N. | Costo de materiales \$ M.N. | Costo de M.P. \$ M.N. | Costo General | Costo por litro | Costo de ganancia |
|-------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|------------------|--------------------|----------------------|
| 11000 | 2600 | 11000 | 74512.68 | 45406,34 | 8.00 | 9,60 |

En la tabla 20 se representan los costos generados durante todo el proceso, donde los costos de producción es la suma de los costos de los servicios auxiliares y los costos de transporte, así en costos de materiales se considera la suma de los costos de los envases y los costos de las etiquetas. Por lo tanto tomando en cuenta estas sumatorias el costo total del proceso será de 45406,34 pesos por lote, evaluando en un precio unitario del producto de 8,25 pesos a precio industria, lo cual considerando una ganancia del 20% el precio del producto fluctuara en 9,90 para venta al público. Lo cual este precio llevara a una ganancia de 9043,66 por lote.

11.1. Resultados de costos.

Por lo tanto los resultados según datos convencionales calculados nos arrojaran que para una producción de 11000 litros diarios de jabón líquido de un procesado de 1820 kg de grasa resultaran.

Disponibilidad de grasa diaria----- 1820 kg.
 Rendimiento de jabón por Kg de grasa -----6.044 Lt/ Kg.
 Jabón producido diariamente.-----11000 Lt
 Disponibilidad anual de grasa-----664300 Lt
 Producción máxima anual de jabón-----4015000 Lt
 Precio de litro jabón aproximado de-----8,12 \$ M.N.

Resultandos el siguiente presupuesto del proyecto.

Tabla 23. Presupuesto de la inversión del proyecto.

| Concepto | Costo (\$ M.N) |
|------------------------------------|---------------------|
| Maquinaria y equipo | 338,713.00 |
| Instalación de maquinaria | 10,161.39 |
| Equipo y maquinaria de servicios | 120,000.00 |
| Mobiliario y equipo de oficina | 87,000.00 |
| Terreno de construcción | 300,000.00 |
| Obra civil | 322,596.00 |
| Planeación/integración de proyecto | 116,830.90 |
| Supervisión de construcción. | 11,683.09 |
| Ingeniería de proyecto. | 11,683.09 |
| Administración de proyecto | 11,683.09 |
| Gastos de puesta en marcha | 11,683,09 |
| Subtotal. | 1,342,033.65 |
| Imprevistos | 7,194,38 |
| Total | 1,349,228,03 |

Por lo tanto la tabla 21 re requerirán de 1, 349, 228.03 \$ M.N. para la construcción de la planta no obstante se considera en un factor futurista, ya que tal proyecto puede sufrir modificaciones de acuerdo con la empresa inversionista. Por lo tanto el beneficio bruto será de 9,699243.84 y la tasa de retorno será de 3.54.

CAPITULO XII

DISEÑO DE REACTORES DE SAPONIFICACIÓN

Para la producción de jabón para este caso el lote será de 910 kilogramos de materia grasa, de acuerdo a esto se hizo el diseño del reactor.

Tabla 24. Características del primer reactor.

| | |
|------------------------------------|---------------------|
| Volumen de operación | 4.5 m ³ |
| Volumen de líquido | 3.37 m ³ |
| Altura del tanque | 3.37 m |
| Diámetro del tanque | 2.53 m |
| Rodete Hélice marina | |
| Diámetro del impulsor | 0,84 m |
| Altura del rodete | 0,84 m |
| Numero de rodetes | 2 |
| Ancho del baffle | 0,26 m |
| Potencia de motor | 0,5 Hp |
| Temperatura de operación | 80 ° C |
| Presión ejercida fuera del reactor | 1 ATM. |

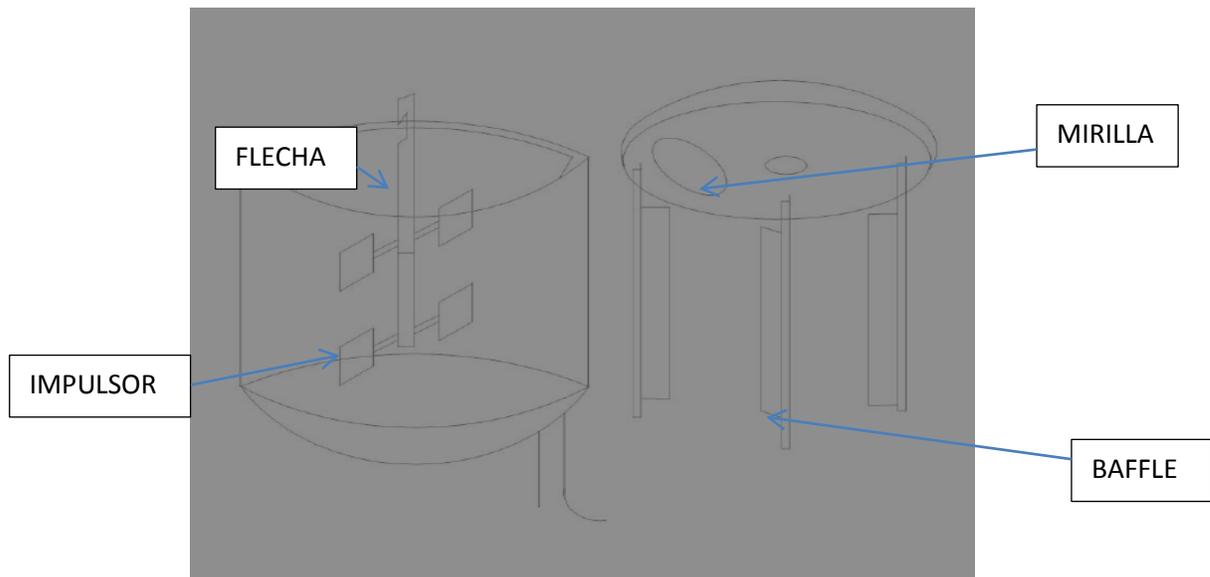


Figura 15. Partes del reactor.

Tabla 25. Características del segundo reactor.

| | |
|------------------------------------|----------------------|
| Volumen de operación | 9.1 m ³ |
| Volumen de líquido | 6.825 m ³ |
| Altura del tanque | 3.423 m |
| Diámetro del tanque | 3.64 m |
| Rodete Hélice marina | |
| Diámetro del impulsor | 1.22 m |
| Altura del rodete | 1.22 m |
| Numero de rodetes | 2 |
| Ancho del baffle | 0.364 m |
| Potencia de motor | 2 Hp |
| Temperatura de operación | 80 °C |
| Presión ejercida fuera del reactor | 1 ATM. |

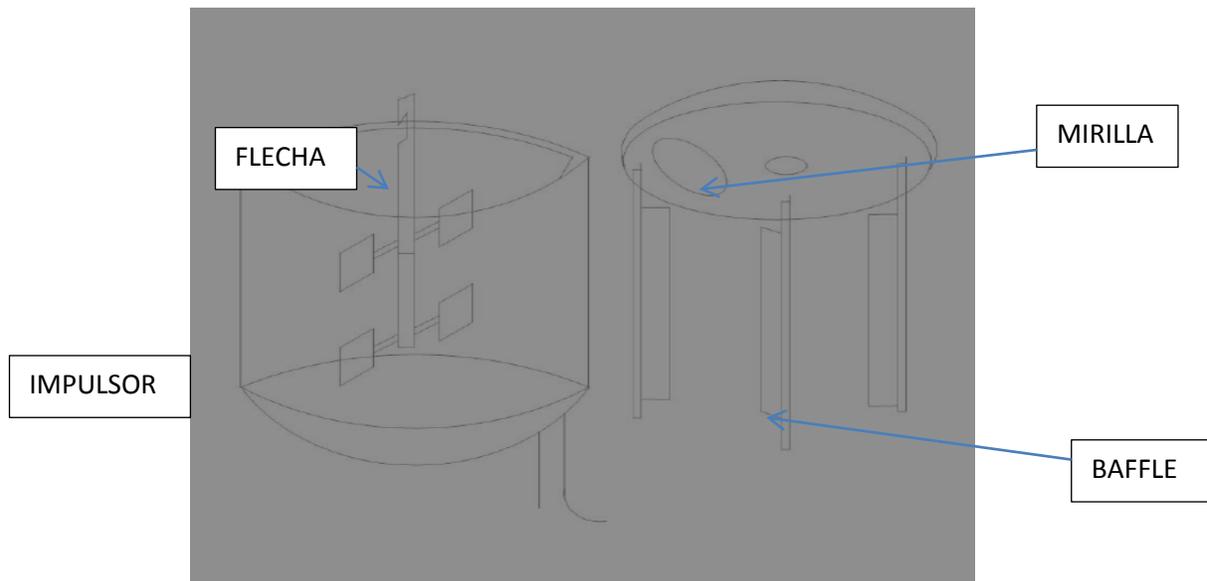


Figura 16. Partes del segundo reactor.

CAPITULO XIII

CONCLUSIÓN

El presente trabajo se basó en el diseño de una planta de saponificación, lo implica es una amplia investigación ya sea de campos como económicos, ambientales y experimentales, donde el campo económico es el de mayor importancia ya que la inversión fija total nos dará la seguridad de la construcción de esta.

No obstante se menciona que la producción de cierto producto tiene que tener una previa investigación lo cual esto nos dará la seguridad en la calidad del producto, y así también como el campo ambiental que implica el no dañar los ecosistemas en los residuos del proceso de producción.

No obstante una problemática muy grande es la determinación económico total, ya que en un proceso se involucran demasiados factores de los cuales estos pueden perjudiciales así el costo unitario del producto, lo cual perjudica las ganancias de venta.

Por lo cual con todo lo experimentado se menciona que el diseñar una planta y en pensar su futura construcción es favorable por siempre se deben de considerar la utilización de residuos industriales o de subproductos de empresas, lo cual el utilizar residuos es favorable para el campo ambiental y así también que sería un factor de crecimiento económico.

CAPITULO XIV

COMENTARIOS

En el presente trabajo se cumplieron con un porcentaje del 80% de los objetivos, mencionando que la construcción de cierta planta no pudo realizar a cabo por el factor de tiempo ya sea en el ámbito de entrega de tal reporte, no obstante se menciona que la empresa financiadora del proyecto demostró un exigencia ante los costos de construcción, proceso y del producto unitario.

Por lo cual el objetivo de diseñar la planta se retoma como el prioritario ya que la construcción se basa de los cálculos de este y así también este paso solo es de supervisión.

CAPITULO XV

BIBLIOGRAFÍA

1. Aceites y grasas industriales; E. Bailey A; Editorial Reverte; 1era edición; España 1984; pág. 741.
2. Conceptual Design of chemical proceses; M. Douglas J; Editorial McGraw- Hill; 1ere Edition; Singapore 1988; pag. 589
3. Cinética Química; M. Harris G; Editorial Reverte; 1era Edición; New York; pág. 123.
4. Cuadernillo para Unidades de Producción; INTI; Editorial Paidotribo; 1era Edición; Barcelona 2001; pág. 152.
5. Diseño y economía de los procesos de ingeniería química: Ulrich D. G; Editorial McGraw Hill; 1era edición; México; pág. 983.
- 6.- Diseño de Plantas; Moncad Albitres L; Editorial Independiente; 1era Edición; pag. 332.
7. Diseño de procesos en Ingeniería química; Jiménez Gutiérrez A; Editorial Reverte; 1era Edición; España 2003; pag. 243.
8. Guía práctica para hacer jabón; Cavitch S.; Editorial Paidotribo; Primera edición; Barcelona 2003; pág. 247.
9. Industrialización de la grasa de animales de abasto; Alle Rahl; Editorial Acribia; 1era edición; España; pag. 117.
10. Ingeniería de la Cinética Química; Smith M. J.; Editorial McGraw Hill; 7 Edición; 1991; pág. 767.
11. Ingeniería Económica; T. Blank L. y J. Torquin A; Editorial Mc Graw Hill; 4ta edición; Colombia 2000; pág. 718.

12. Ingeniería de la cinética química; Smith M; Editorial Mc GrawHill; sexta edición; México 1991; pág. 767.
13. Mecánica de Materiales; Ferdinand P. B; Editorial Mc GrawHill; 3era Edición; México 2004; pág. 777.
14. Modelo, Simulación y Optimización de Procesos Químicos; Scenna Jose N. et al; segunda Edición; México 2007; pag. 825.
15. Manual del Ingeniero Químico I-VI; Perry; Editorial Mc Graw Hill; 6ta Edición; México; pág. 2577.
16. Process Dynamics and Control; Roffel B; Editorial John Wiles & Sons; 1era Edition; Great Britain 2006; Pág. 535.
17. Standard Handbook for Mechanical Engineers Marks; A. Avolone E. y Baumeister T; Ed. Mc Graw Hill; Decimal Edition; USA 1976; pág. 1683.
18. Pilot Plant Design, Construction and operation; P. Pailuzi R.; Ed. McGraw-Hill, Inc.; 1era Edition; U.S.A 1992; pág. 255.
19. Process Modeling Simulation, and Control for Chemical Engineers; L. Luyben W.; Ed. McGraw-Hill, Inc; 2da Edición; U.S.A 1973; pág. 725.
20. NORMA Oficial Mexicana NOM-009-SESH-2011, Recipientes para contener Gas L.P., tipo no transportable. Especificaciones y métodos de prueba.
21. NORMA Oficial Mexicana NOM-028-ENER-2010, Eficiencia energética de lámparas para uso general. Límites y métodos de prueba.
22. NORMA Oficial Mexicana NOM-180-SSA1-1998, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Equipos de tratamiento de tipo doméstico. Requisitos sanitarios.
23. NOM-052-SEMARNAT-1993. Las características de los residuos peligrosos y en listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad del ambiente.

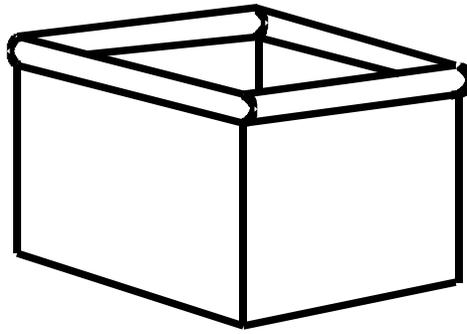
24. NOM-052-SEMARNAT-2005. Las características, el procedimiento de identificación, clasificación y listado de los residuos peligrosos.
25. NOM-002-SCT/2003. Listado de las Substancias y Materiales Peligrosos más usualmente transportados.
26. NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002. Protección ambiental-Salud ambiental-Residuos peligrosos biológico-infecciosos-Clasificación y especificaciones de manejo.
27. NOM-189-SSA1/SCFI-2002. Productos y servicios. Etiquetado y envasado para productos de aseo domestico e industrial.
28. NOM-002-SCFI-1993. Productos prenevasados. Contenido neto.
29. NOM-008-SCFI-1993. Sistema general de unidad de medidas..
30. NOM-030-SCFI-1993. Informacion comercial. Declaracion de cantidad en la etiqueta. Especificaciones.
31. NOM-001-STPS-1993. Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los edificios, locales, instalaciones y áreas de los centros de trabajo, para quedar como NOM-001-STPS-1999, Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo- Condiciones de seguridad e higiene.
32. NOM-026-STPS-1998, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.
33. Manual practico de Aceites esenciales, aromas y perfumes; Otuño Sanchez M.; Ed. Aiyana

CAPITULO XVI

ANEXOS

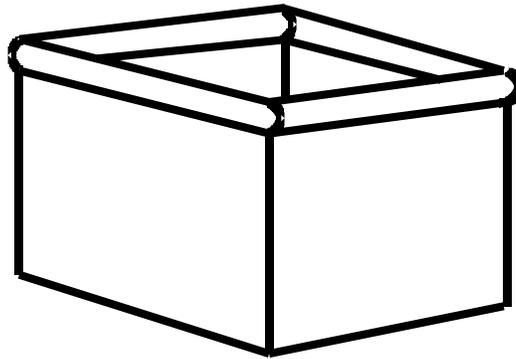
Fichas Técnicas del proceso.

| | |
|---|---|
| Jarochos Carnicerías S.A. de C.V. | Hoja de Especificaciones : Hoja No. 1 |
| Proyecto: “Diseño y Construcción de una planta de saponificación a partir de residuos de carnicería”. Equipo: Tanque Contenedor. Operación: tanque especializado para contener agua u otras soluciones para realizar el proceso. Marca: S/marca. | No. de Proyecto: BQ-001 No. Equipo: F-122. |
| Especificaciones: Tendrá una capacidad de 1000-3000 lts. Adecuando la cantidad según el proceso. | Dimensiones: Ancho: Altura: Largo. |
| Datos de fabricación. Construido de Acero inoxidable para preservar que el líquido no lleve consigo material que pueda perjudicar el proceso y así también será condicionado para el lugar de localización | |



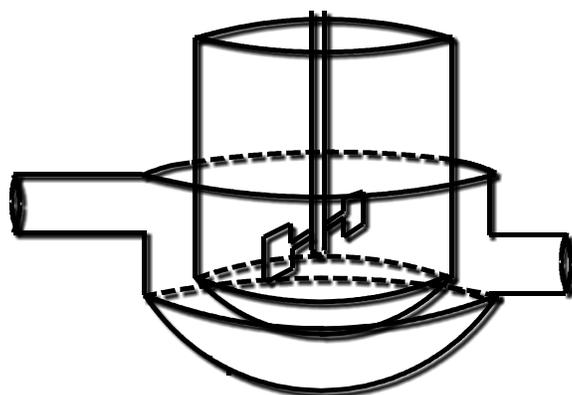
| | | |
|---------------|---------------|-------------------------------------|
| Revisado por: | Aprobado por: | Fecha: 19 de noviembre del 2012. |
|---------------|---------------|-------------------------------------|

| | |
|--|--|
| Jarochos Carnicerías S.A. de C.V. | Hoja de Especificaciones : Hoja No. 1 |
| <p>Proyecto: "Diseño y Construcción de una planta de saponificación a partir de residuos de carnicería".</p> <p>Equipo: Tanque contenedor de soluciones para el proceso.</p> <p>Operación: Realizara las operación de diluir contenidos solidos tales como la sosa caustica en una proporción de agua, en donde previamente se realizaron los cálculos.</p> <p>Marca: S/marca.</p> | <p>No. de Proyecto: BQ-001</p> <p>No. Equipo: F-121; F123.</p> |
| <p>Especificaciones: Tendrá una capacidad de 1000-3000 lts. Adecuando la cantidad según el proceso.</p> | <p>Dimensiones: Ancho: Altura: Largo.</p> |
| <p>Datos de fabricación. Construido de Acero inoxidable material del cual soporta líquidos corrosivos con el NaOH.</p> | |



| | | |
|---------------|---------------|--|
| Revisado por: | Aprobado por: | Fecha: 19 de noviembre del 2012. |
|---------------|---------------|--|

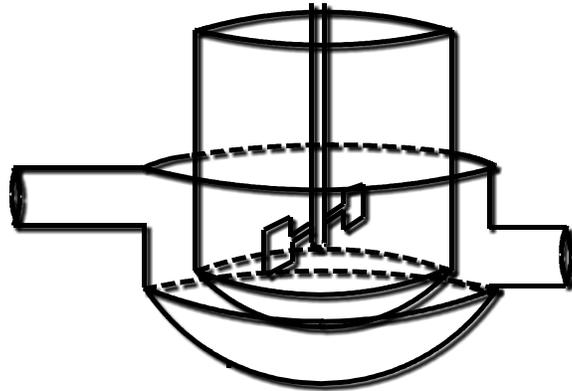
| | |
|--|--|
| Jarochos Carnicerías S.A. de C.V. | Hoja de Especificaciones : Hoja No. 1 |
| <p>Proyecto: "Diseño y Construcción de una planta de saponificación a partir de residuos de carnicería".</p> <p>Equipo: Reactor.</p> <p>Operación: Tanque mezclador del cual se efectuara la reacción de saponificación.</p> <p>Marca: S/marca.</p> | <p>No. de Proyecto: BQ-001</p> <p>No. Equipo: R-100.</p> |
| <p>Especificaciones: Tendrá una capacidad de 1000-3000 lts.</p> | <p>Dimensiones: Ancho: Altura: Largo.</p> |
| <p>Datos de fabricación.</p> <p>Construido de Acero inoxidable del cual contara con un motor que mezcla y homogenizara la temperatura de tal reactor esto para que el proceso se lleve adecuadamente. Del cual contara con una chaqueta para contener agua dentro de esta y así ser calentada la materia prima a modo de baño maría.</p> | |



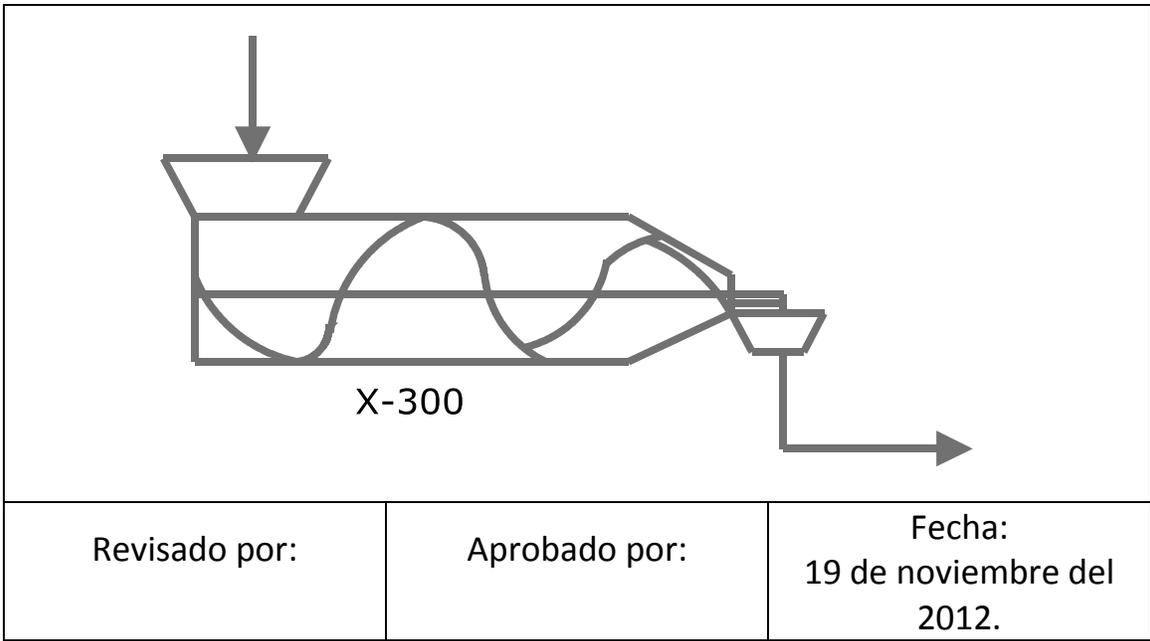
| | | |
|---------------|---------------|--|
| Revisado por: | Aprobado por: | Fecha: 19 de noviembre del 2012. |
|---------------|---------------|--|

| | |
|---|--|
| Jarochos Carnicerías S.A. de C.V. | Hoja de Especificaciones : Hoja No. 1 |
| <p>Proyecto: “Diseño y Construcción de una planta de saponificación a partir de residuos de carnicería”.</p> <p>Equipo: Reactor de terminado.</p> <p>Operación: Tanque mezclador del cual se efectuara la mezcla de los aditivos al jabón puro obtenido.</p> <p>Marca: S/marca.</p> | <p>No. de Proyecto: BQ-001</p> <p>No. Equipo: R-200.</p> |
| <p>Especificaciones: Tendrá una capacidad de 1000-3000 lts.</p> | <p>Dimensiones: Ancho: Altura: Largo.</p> |
| <p>Datos de fabricación. Construido de Acero inoxidable del cual contara con un motor que mezcla y homogenizara la temperatura de tal reactor esto para que el proceso se lleve adecuadamente. Del cual contara con una chaqueta para contener</p> | |

agua dentro de esta y así ser calentada la materia prima a modo de baño maría.



| | | |
|---|--|--|
| Revisado por: | Aprobado por: | Fecha: 19 de noviembre del 2012. |
| Jarocho Carnicerías S.A. de C.V. | Hoja de Especificaciones : Hoja No. 1 | |
| <p>Proyecto: "Diseño y Construcción de una planta de saponificación a partir de residuos de carnicería".</p> <p>Equipo: Excrutor.</p> <p>Operación: efectuara el moldeado de las barras de jabón para su corte según el contenido neto de este..</p> <p>Marca: S/marca.</p> | <p>No. de Proyecto: BQ-001</p> <p>No. Equipo: X-300.</p> | |
| <p>Especificaciones: Tendrá una capacidad de 132-660 kg.</p> | <p>Dimensiones: Ancho: Altura: Largo.</p> | |
| <p>Datos de fabricación. Construido de Acero inoxidable, contando con un molde adecuado para la barra.</p> | | |



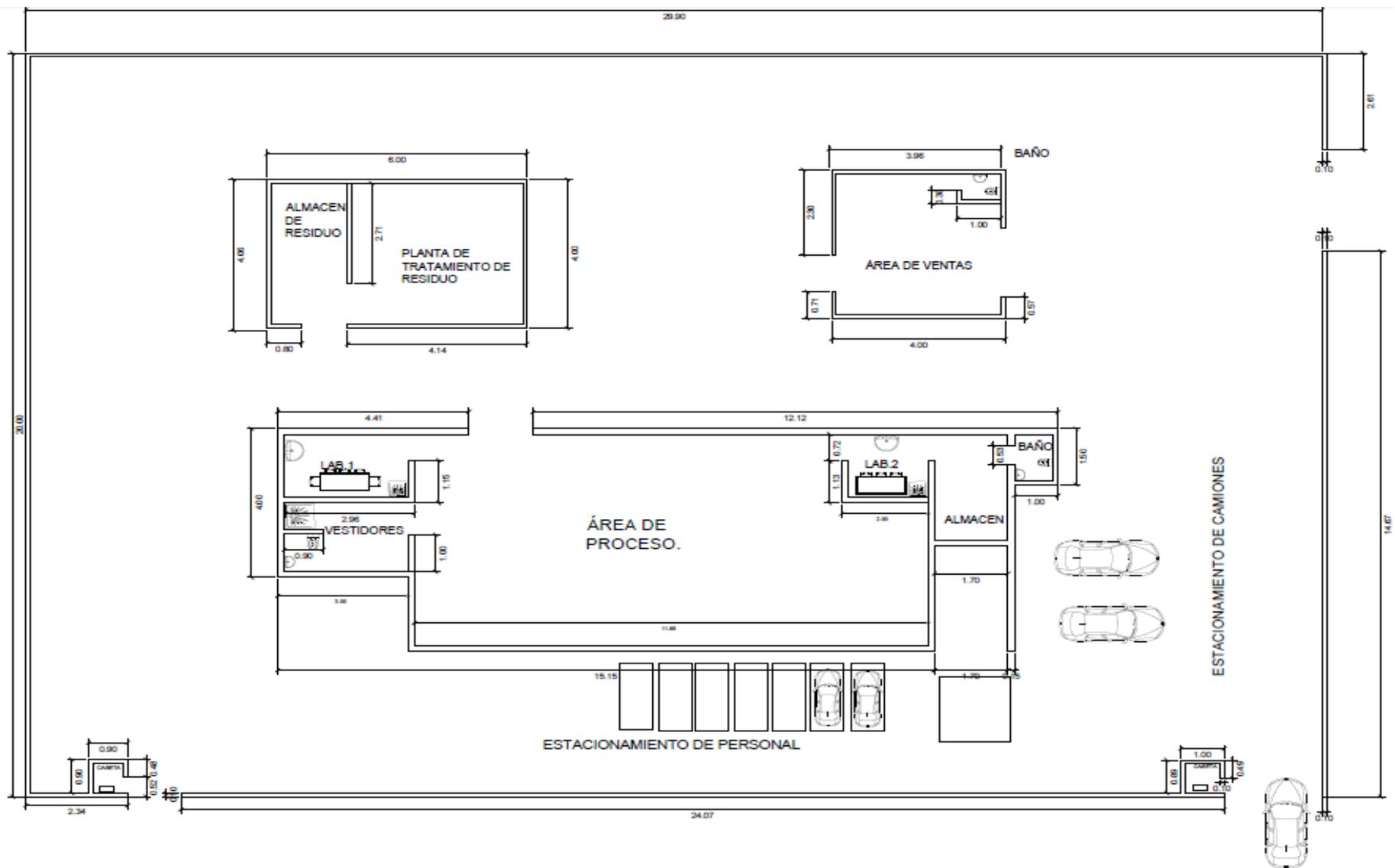


Figura 17. Croquis de construcción de planta de saponificación.

SEGUNDO PISO

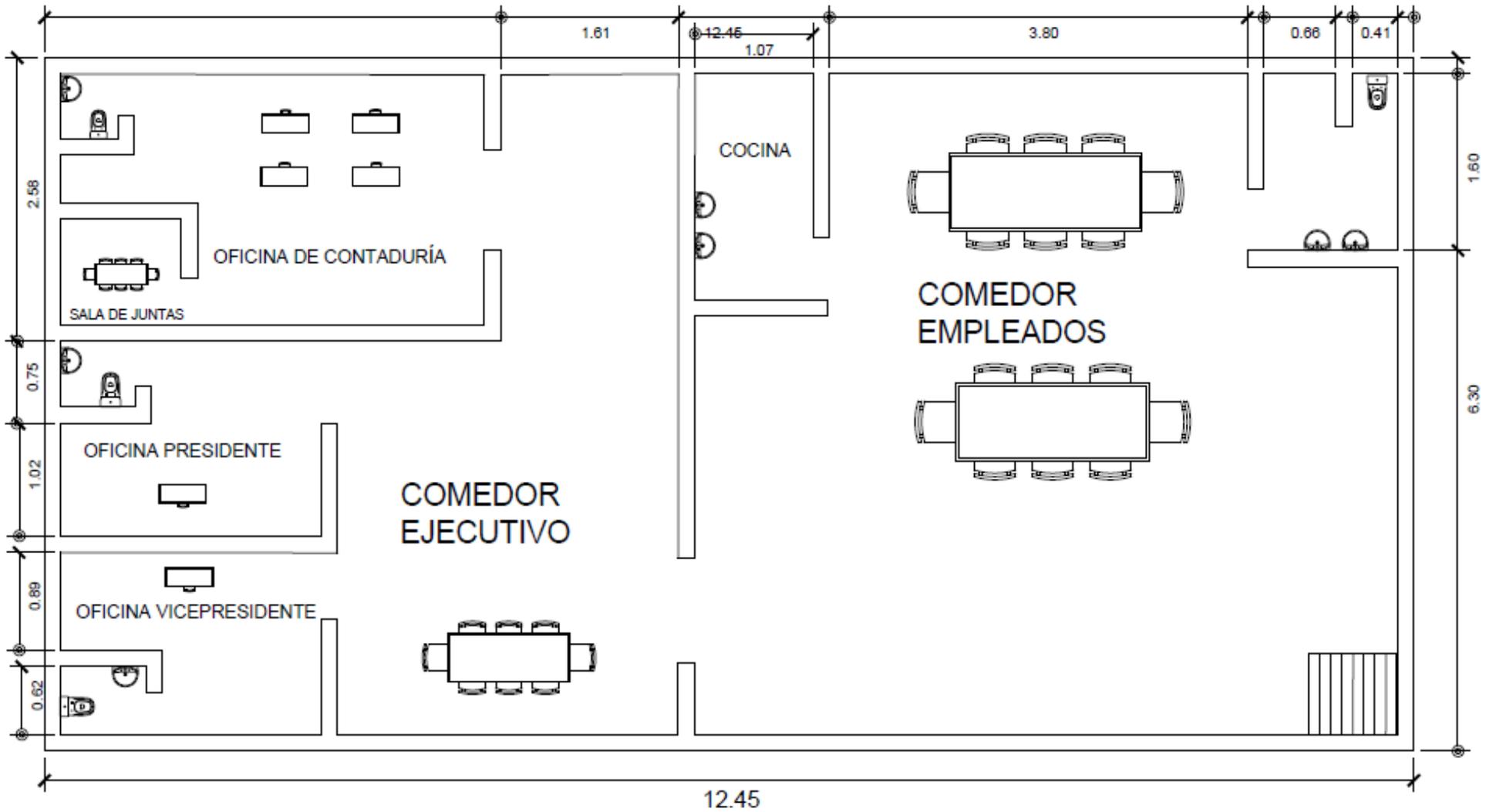


Figura 18. Croquis de segundo piso del edificio de área de procesado.

Tabla 26.Presupuesto de la inversión del proyecto.

| CONCEPTO | COSTO |
|---------------------------------|-------------------|
| COSTO DEL TERRENO | 300000,00 |
| COSTO OBRA CIVIL | 322596,00 |
| SUBTOTAL | 622596,00 |
| ACTIVOS FIJOS | COSTOS |
| EQUIPO Y MAQ. DE FABRICACION | 338713,00 |
| EQUIPO/VEHICULOS TRANSPORTE | 120000,00 |
| EQUIPO/MAQ.PREV.CONTAMINACION | 0,00 |
| MUEBLE/EQUIPO OFIC. | 87000,00 |
| SUBTOTAL | 545713,00 |
| ACTIVOS DIFERIDOS | COSTO |
| GASTO/INSTALACION EQUIPO | 10161,39 |
| TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA | 0,00 |
| PLANEACION/INTEGRACION PROYECTO | 116830,90 |
| INGENIERIA DEL PROYECTO | 11683,09 |
| SUPERVISION CONSTRUCCION | 11683,09 |
| ADMINISTRACION DEL PROYECTO | 11683,09 |
| GASTOS DE PUESTA EN MARCHA | 11683,09 |
| SUBTOTAL | 173724,65 |
| IMPREVISTOS | 7194,38 |
| T O T A L | 1349228,03 |

Tabla 27. Presupuesto del costo de producción.

| COSTOS DIRECTOS | AÑO 1 | AÑO 2 | AÑO 3 | AÑO 4 | AÑO 5 |
|--------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| (VOLUMEN PRODUCCION) | 2409000,00 | 3212000,00 | 3613500,00 | 4015000,00 | 4015000,00 |
| MATERIA PRIMA | 8768760,00 | 12276264,00 | 14501336,85 | 16918226,33 | 17764137,64 |
| OTROS MATERIALES | 87687,60 | 122762,64 | 145013,37 | 169182,26 | 177641,38 |
| ELECTRICIDAD | 74732,72 | 78469,36 | 82392,83 | 86512,47 | 90838,09 |
| AGUA | 18000,00 | 18900,00 | 19845,00 | 20837,25 | 21879,11 |
| MANO OBRA DIRECTA | 360360,00 | 378378,00 | 397296,90 | 417161,75 | 438019,83 |
| TOTAL COSTOS DIRECTOS | 11718540,32 | 16086774,00 | 18759384,95 | 21626920,05 | 22507516,06 |
| COSTOS VARIABLES | | | | | |
| DEPRECIACION/AMORT. | 124304,17 | 130519,38 | 137045,35 | 143897,62 | 151092,50 |
| COSTOS INDIRECTOS | | | | | |
| MANTENIMIENTO | 9174,26 | 9632,97 | 10114,62 | 10620,35 | 11151,37 |
| MANO OBRA INDIRECTA | 429624,00 | 451105,20 | 473660,46 | 497343,48 | 522210,66 |
| TOTAL COSTOS INDIRECTOS | 438798,26 | 460738,17 | 483775,08 | 507963,84 | 533362,03 |
| COSTOS DE PRODUCCION | 12157338,58 | 16547512,17 | 19243160,03 | 22134883,89 | 23040878,08 |
| COSTO UNITARIO | 5,05 | 5,15 | 5,33 | 5,51 | 5,74 |

Tabla 28. Costos de mano de obra.

| DIRECTA | 1er. TURNO | 2o. TURNO | S.MENSUAL T1 | S.MENSUAL T2 | S.ANUAL 2T |
|----------------------|------------|-----------|--------------|--------------|------------|
| OPERADOR | 1,00 | 1,00 | 6000,00 | 6600,00 | 196560,00 |
| AUXILIAR DE OPERADOR | 1,00 | 1,00 | 5000,00 | 5500,00 | 163800,00 |
| SUBTOTAL | 2,00 | 2,00 | 11000,00 | 12100,00 | 360360,00 |
| INDIRECTA | | | | | |
| VELADOR/NOCHE | 1,00 | | 1500,00 | | 23400,00 |
| PEON LIMPIEZA | 1,00 | 1,00 | 1400,00 | 1540,00 | 45864,00 |
| SUBTOTAL | 2,00 | 1,00 | 2900,00 | 1540,00 | 69264,00 |
| TOTAL | | | | 13640,00 | 429624,00 |

Tabla 29. Evaluación económica sin financiamiento.

| ESTADO DE RESULTADOS PRO-FORMA | | | | | |
|---------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| CONCEPTO | AÑO 1 | AÑO 2 | AÑO 3 | AÑO 4 | AÑO 5 |
| INGRESO POR VENTAS | 19561080,00 | 27385512,00 | 32349136,05 | 37740658,73 | 39627691,66 |
| COSTOS DE PRODUCCION | 12157338,58 | 16547512,17 | 19243160,03 | 22134883,89 | 23040878,08 |
| GASTOS GENERALES | 141120,00 | 148176,00 | 155584,80 | 163364,04 | 171532,24 |
| UTILIDAD BRUTA | 7262621,42 | 10689823,83 | 12950391,22 | 15442410,80 | 16415281,34 |
| ISR(42%) | 3050300,99 | 4489726,01 | 5439164,31 | 6485812,53 | 6894418,16 |
| RUT(10%) | 726262,14 | 1068982,38 | 1295039,12 | 1544241,08 | 1641528,13 |
| UTILIDAD NETA | 3486058,28 | 5131115,44 | 6216187,79 | 7412357,18 | 7879335,04 |
| AMORT. Y DEPRECIACIÓN | 348605,83 | 513111,54 | 621618,78 | 741235,72 | 787933,50 |
| FLUJO NETO DE OPERACIÓN | 3137452,45 | 4618003,89 | 5594569,01 | 6671121,46 | 7091401,54 |

Tabla 30. Presupuesto de inversión.

| CONCEPTO | INSTALACION | AÑO 1 | AÑO 2 | AÑO 3 | AÑO 4 | AÑO 5 |
|-------------------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| INV. FIJA Y DIFERIDA | 1349228,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| CAP. DE TRABAJO | | 1310232,00 | 1834324,80 | 2166796,17 | 2527928,87 | 2654325,31 |
| FLUJO NETO DE INVERSION | 1349228,03 | 1310232,00 | 1834324,80 | 2166796,17 | 2527928,87 | 2654325,31 |

Tabla 31. Flujo neto de efectivo del proyecto sin financiamiento.

| CONCEPTO | INSTALACION | AÑO 1 | AÑO 2 | AÑO 3 | AÑO 4 | AÑO 5 |
|-------------------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| F.N. DE INVERSION | 1349228,03 | 1310232,00 | 1834324,80 | 2166796,17 | 2527928,87 | 2654325,31 |
| F.N. DE OPERACIÓN | 0,00 | 3137452,45 | 4618003,89 | 5594569,01 | 6671121,46 | 7091401,54 |
| F.N. EFEC. DEL PROYECTO | -1349228,03 | 1827220,45 | 2783679,09 | 3427772,84 | 4143192,60 | 4437076,23 |

Tabla 32. INDICADORES.

| | | |
|--------------------------|------|----------------|
| VALOR PRESENTE NETO: | VPN= | \$7.871.459,84 |
| TASA INTERNA DE RETORNO: | TIR= | 169,16% |

Tabla 33. Presupuesto de gastos generales con financiamiento.

| CONCEPTO | AÑO 1 | AÑO 2 | AÑO 3 | AÑO 4 | AÑO 5 |
|------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| GASTOS GENERALES | 141120,00 | 148176,00 | 155584,80 | 163364,04 | 171532,24 |
| GASTOS FINANCIEROS (REFACCIONARIO) | 326063,44 | 292332,74 | 258602,04 | 0,00 | 0,00 |
| GASTOS FINANCIEROS(AVIO) | 231911,06 | 231911,06 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| TOTALES | 699094,50 | 672419,80 | 414186,84 | 163364,04 | 171532,24 |

Tabla 34. Estado de pro-forma son financiamiento.

| CONCEPTO | AÑO 1 | AÑO 2 | AÑO 3 | AÑO 4 | AÑO 5 |
|-------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| INGRESO POR VENTAS | 19561080,00 | 27385512,00 | 32349136,05 | 37740658,73 | 39627691,66 |
| COSTOS DE PRODUCCION | 12157338,58 | 16547512,17 | 19243160,03 | 22134883,89 | 23040878,08 |
| GASTOS GENERALES | 699094,50 | 672419,80 | 414186,84 | 163364,04 | 171532,24 |
| UTILIDAD BRUTA | 6704646,91 | 10165580,02 | 12691789,18 | 15442410,80 | 16415281,34 |
| ISR(42%) | 2815951,70 | 4269543,61 | 5330551,46 | 6485812,53 | 6894418,16 |
| RUT(10%) | 670464,69 | 1016558,00 | 1269178,92 | 1544241,08 | 1641528,13 |
| UTILIDAD NETA | 3218230,52 | 4879478,41 | 6092058,81 | 7412357,18 | 7879335,04 |
| AMORT. Y DEPRECIACIÓN | 321823,05 | 487947,84 | 609205,88 | 741235,72 | 787933,50 |
| PAGO DE CAP. (REFACC.) | 326063,44 | 292332,74 | 258602,04 | 0,00 | 0,00 |
| PAGO DE CAP (AVIO) | 231911,06 | 231911,06 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| FLUJO NETO DE OPERACIÓN | 2338432,96 | 3867286,77 | 5224250,89 | 6671121,46 | 7091401,54 |

Tabla 35. Presupuesto de inversión anual.

| CONCEPTO | INSTALACION | AÑO 1 | AÑO 2 | AÑO 3 | AÑO 4 | AÑO 5 |
|-------------------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| INV. FIJA Y DIFERIDA | 1349228,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| CAP. DE TRABAJO | | 1310232,00 | 1834324,80 | 2166796,17 | 2527928,87 | 2654325,31 |
| CRED. REFFACCIONARIO | 674614,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| CRED. AVIO | | 393069,60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| FLUJO NETO DE INVERSION | 674614,01 | 917162,40 | 1834324,80 | 2166796,17 | 2527928,87 | 2654325,31 |

Tabla 36. Flujo neto del efectivo con financiamiento.

| CONCEPTO | INSTALACION | AÑO 1 | AÑO 2 | AÑO 3 | AÑO 4 | AÑO 5 |
|-------------------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| F.N. DE INVERSION | 674614,01 | 917162,40 | 1834324,80 | 2166796,17 | 2527928,87 | 2654325,31 |
| F.N. DE OPERACIÓN | 0,00 | 2338432,96 | 3867286,77 | 5224250,89 | 6671121,46 | 7091401,54 |
| F.N. EFEC. DEL PROYECTO | -674614,01 | 1421270,56 | 2032961,97 | 3057454,72 | 4143192,60 | 4437076,23 |

Tabla 37. Indicadores.

| | | |
|---------------------------------|------|---------------|
| VALOR PRESENTE NETO: | VPN= | 10,179,626,51 |
| TASA INTERNA DE RETORNO: | TIR= | 251,53% |

Cálculos de Balance de Materia de Diagramas de Flujo.

Balance General.

$$A + B = C + D$$

Dónde:

$$C = (A + B) * 0.65$$

$$D = (A + B) * 0.35$$

Por lo tanto:

$$C = (606.43 + 193.89) * 0.65 = 520.208 \text{ Kg de Jabón Graso}$$

$$D = (606.43 + 193.89) * 0.35 = 280.112 \text{ Kg de Residuo}$$

Entonces:

$$606.48 + 193.89 = 520.208 + 280.112$$

$$800.32 = 800.32$$

$$C + E + F + G = H + I$$

Dónde:

$$H = (C + E + F + G) * 0.7$$

$$I = (C + E + F + G) * 0.3$$

Por lo tanto:

$$C = (520.208 + 303.57 + 147.335 + 522.56) * 0.7 = 1045.5851 \text{ Kg de Jabón Graso}$$

$$D = (520.208 + 303.57 + 147.335 + 522.56) * 0.3 = 448.377 \text{ Kg de Residuo}$$

Cálculo de agua para la dilución, teniendo el cálculo de jabón puro este será el valor del 20% y el agua será el 80%, en esto resultara el cálculo para el valor de obtención del jabón líquido.

$$\begin{array}{r} \text{H}-----0.20 \\ \text{J}-----0.8 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1045.5851-----0.20 \\ 4182.3404-----0.8 \end{array}$$

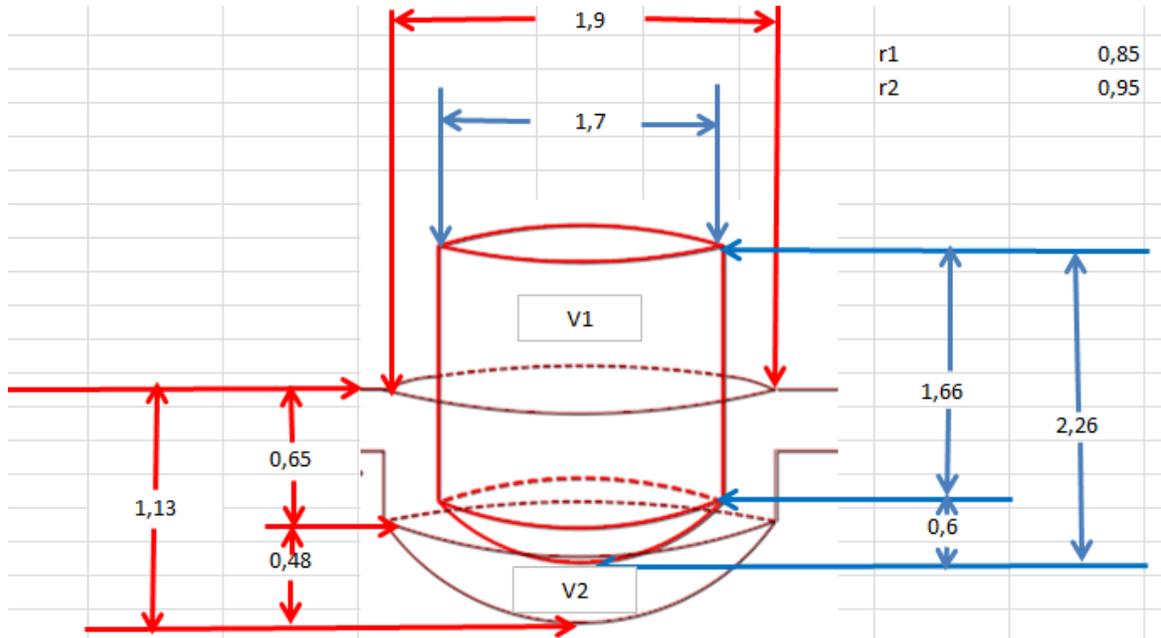
$$\begin{array}{c} \text{H} + \text{J} + \text{K} + \text{L} + \text{M} + \text{N} = \text{O} \\ 1045.5851 + 4182.3404 + 240.7120 + 10.46 + 10.46 + 10.46 = 5500. \end{array}$$

Para el cálculo de la cantidad de jabón sólido formado se eliminara el flujo de agua y en este se integrará un flujo de abrasivos y se elimina el espumantes. Por lo tanto el balance quedará.

$$\begin{array}{c} \text{H} + \text{J} + \text{K} + \text{L} + \text{M} = \text{N} \\ 1045.5851 + 100.46 + 10.46 + 10.46 + 10.46 = 1177.4251 \end{array}$$

Cálculos de Dimensiones de Reactores y accesorios.

Reactor 1.



Teniendo las Dimensiones del Reactor se calculan los volúmenes y las dimensiones de sus accesorios.

$$V_T = \sum (V_{\frac{1}{3}} \text{ de segmento esferico} + V \text{ del Cilindro})$$

$$V_{\frac{1}{3}} \text{ de segmento esferico} = \frac{1}{3} \pi h^2 (3R - h)$$

$$V_{\frac{1}{3}} \text{ de segmento esferico} = \frac{1}{3} (\pi) (0.6^2) (0.85 - 0.6)$$

$$V_{\frac{1}{3}} \text{ de segmento esferico} = 0.735 \text{ m}^3$$

$$V \text{ del Cilindro} = \pi r^2 h$$

$$V \text{ del Cilindro} = \pi * 0.85^2 * 1.66$$

$$V \text{ del Cilindro} = 3.768 \text{ m}^3$$

$$V_T = \sum (V_{\frac{1}{3}} \text{ de segmento esferico} + V \text{ del Cilindro})$$

$$V_1 = \sum (0.735 \text{ m}^3 + 3.768 \text{ m}^3 = 4.5 \text{ m}^3)$$

$$V_{T2} = \sum (V_{\frac{1}{3}} \text{ de segmento esferico} + V \text{ del Cilindro})$$

$$V_{\frac{1}{3}} \text{ 2 de segmento esferico} = \frac{1}{3} \pi h^2 (3R - h)$$

$$V_{\frac{1}{3}} \text{ 2 de segmento esferico} = \frac{1}{3} (\pi) (0.48^2) (0.95 - 0.48)$$

$$V_{\frac{1}{3}} \text{ de segmento esferico} = 0.572 \text{ m}^3$$

$$V \text{ del Cilindro} = \pi r^2 h$$

$$V \text{ del Cilindro} = \pi * 0.95^2 * 0.65$$

$$V \text{ del Cilindro} = 1.843 \text{ m}^3$$

$$V_T = \sum (V_{\frac{1}{3}} \text{ de segmento esferico} + V \text{ del Cilindro})$$

$$V_1 = \sum (0.572 \text{ m}^3 + 1.843 \text{ m}^3) = 2.415 \text{ m}^3$$

Teniendo los volúmenes se prosiguió a calcular los accesorios del reactor.

$$V_{op} = 4.5 \text{ m}^3$$

$$V_L = (V_{op} * 0.75) = 3.367 \text{ m}^3$$

$$D_i = \frac{D_t}{3} = \frac{2.53 \text{ m}}{3} = 0.84 \text{ m}$$

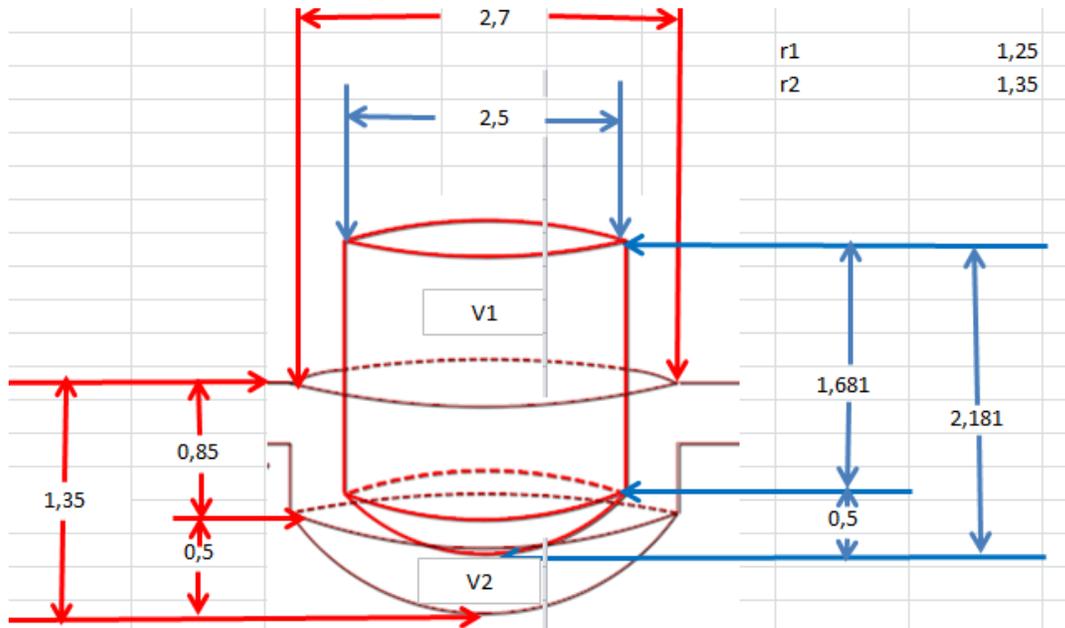
$$H_i = \frac{D_t}{1} = \frac{2.53 \text{ m}}{1} = 0.84 \text{ m}$$

$$W_b = 0.1 * D_t = 2.53 * 0.1 = 0.255 \text{ m}$$

$$Re = \frac{5s^{-1} * 0.84 \text{ m} * 1304 \frac{Kg}{m * s}}{0.8 \frac{Kg}{m * s}} = 6846$$

$$Potencia \text{ de motor} = 0.6 * 1304 \frac{Kg}{m * s} * 4s^{-1} * 0.84 \text{ m}^5 = 2.08 \text{ Kw} = 2.79 \text{ Hp}$$

Reactor 2.



Teniendo las Dimensiones del Reactor se cálculan los volúmenes y las dimensiones de sus accesorios.

$$V_T = \sum (V_{\frac{1}{3}} \text{ de segmento esferico} + V \text{ del Cilindro})$$

$$V_{\frac{1}{3}} \text{ de segmento esferico} = \frac{1}{3} \pi h^2 (3R - h)$$

$$V_{\frac{1}{3}} \text{ de segmento esferico} = \frac{1}{3} (\pi) (0.5^2) (1.25 - 0.5m)$$

$$V_{\frac{1}{3}} \text{ de segmento esferico} = 0.851 \text{ m}^3$$

$$V \text{ del Cilindro} = \pi r^2 h$$

$$V \text{ del Cilindro} = \pi * 1.25m^2 * 1.681m$$

$$V \text{ del Cilindro} = 8.252 \text{ m}^3$$

$$V_T = \sum (V_{\frac{1}{3}} \text{ de segmento esferico} + V \text{ del Cilindro})$$

$$V_1 = \sum (0.851 \text{ m}^3 + 8.252 \text{ m}^3 = 9.1 \text{ m}^3)$$

$$V_{T2} = \sum (V \frac{1}{3} \text{ de segmento esferico} + V \text{ del Cilindro})$$

$$V \frac{1}{3} \text{ 2 de segmento esferico} = \frac{1}{3} \pi h^2 (3R - h)$$

$$V \frac{1}{3} \text{ 2 de segmento esferico} = \frac{1}{3} (\pi) (0.5^2) (1.35 - 0.5)$$

$$V \frac{1}{3} \text{ de segmento esferico} = 0.929 \text{ m}^3$$

$$V \text{ del Cilindro} = \pi r^2 h$$

$$V \text{ del Cilindro} = \pi * 1.35^2 * 0.85$$

$$V \text{ del Cilindro} = 4.867 \text{ m}^3$$

$$V_T = \sum (V \frac{1}{3} \text{ de segmento esferico} + V \text{ del Cilindro})$$

$$V_1 = \sum (0.929 \text{ m}^3 + 4.867 \text{ m}^3) = 5.796 \text{ m}^3$$

Teniendo los volúmenes se prosiguió a calcular los accesorios del reactor.

$$V_{op} = 9.1 \text{ m}^3$$

$$V_L = (V_{op} * 0.75) = 6.825 \text{ m}^3$$

$$D_i = \frac{D_t}{3} = \frac{3.64 \text{ m}}{3} = 1.22 \text{ m}$$

$$H_i = \frac{D_t}{1} = \frac{1.22 \text{ m}}{1} = 1.22 \text{ m}$$

$$W_b = 0.1 * D_t = 2.53 * 0.1 = 0.255 \text{ m}$$

$$Re = \frac{1s^{-1} * 3.64 \text{ m} * 1304 \frac{Kg}{m * s}}{0.8 \frac{Kg}{m * s}} = 21596.848$$

$$Potencia \text{ de motor} = 0.6 * 1304 \frac{Kg}{m * s} * 1^3 * 1.22 \text{ m}^5 = 2.11 \text{ Kw} = 2.83 \text{ Hp}$$

