



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

EXAMENES PROFESIONALES
FACULTAD DE QUÍMICA

BASE PARA EL DESARROLLO DE UN
PROGRAMA DE COMPUTACION, PARA EL
DISEÑO, CONSTRUCCION Y PUESTA EN
OPERACION, DE UN REACTOR PARA
FABRICACION DE PRODUCTOS
DE LIMPIEZA

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO

PRESENTA

JOSE C. SALCEDO MORALES



MEXICO D.F.

279694
AÑO 2000



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

Presidente Prof. **CARITINO MORENO PADILLA**

Vocal Prof. **DAVID GUTIERREZ GARAVITO**

Secretario Prof. **JUAN CARLOS JIMENEZ BEDOLLA**

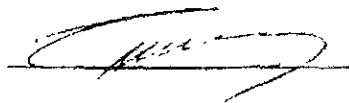
1er. suplente Prof. **VICTOR MANUEL VARGAS CHAVEZ**

2do. suplente Prof. **ERNESTO JOSE CALDERON CASTILLO**

Sitio donde se desarrolló el tema: **FACULTAD DE QUIMICA. UNAM.**

ASESOR DEL TEMA:

M. en C. CARITINO MORENO PADILLA



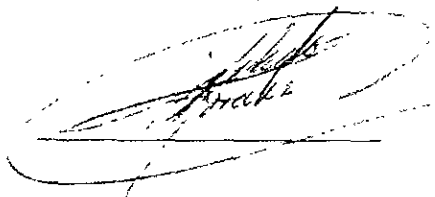
SUPERVISOR TECNICO :

I. Q. GISELA GONZALEZ MARISCAL



SUSTENTANTE :

SR. JOSE C. SALCEDO MORALES



A Dios Por la vida que me ha dado.

A mi Padre a quien debo todo lo que soy.

*A mi Hermano Mario, por su gran apoyo,
paciencia y ayuda incondicional.
A mi Madre por su gran ayuda.*

*Al Maestro
M. en C. Caritino Moreno Padilla.
por su gentil y atinada dirección.*

*A la Maestra.
I.Q. Gisela González Mariscal
por su gran ayuda.*

*A mi gran amigo Ricardo Dominguez Bürkle.
por su valiosa ayuda.*

*A la Facultad de Química
y en especial a sus maestros agradeciendo la
dedicación que prestaron para mi formación profesional.*

INTRODUCCIÓN

Ante la reciente apertura comercial de nuestro país, y la tendencia mundial a la globalización, las empresas en México, se han enfrentado a un conjunto de problemas que deben resolverse, por qué de no hacerlo se corre el riesgo de desaparecer.

Al estar en una economía globalizada, la competencia con productos extranjeros de Alta calidad y Bajo precio se ha vuelto extremadamente difícil, debido a que la mayoría de los productos nacionales, tienen calidad regular y alto precio, esto se debe a que la mayoría de los productos mexicanos, están fabricados con tecnología y maquinaria de por lo menos 20 años de antigüedad y en algunos casos de más de 30 años

A diferencia de México, los países más importantes con los cuales se mantienen relaciones de libre comercio (USA, CANADÁ) poseen tecnología de punta y maquinaria de primer nivel, por lo que sus productos, *son innovadores de alta calidad y de bajo precio*, además en estos países industrializados, se cuenta con materias primas de bajo precio

En nuestro país, desafortunadamente no contamos con la gran variedad de materias primas a las cuales se tiene un fácil acceso en (USA, CANADÁ) , nosotros tenemos que importarlas, lo cual incrementa su precio, debido a aranceles, fletes e intermediarios, debido a esto tenemos en este punto una clara desventaja.

En cuestión de maquinaria y equipo, nuestras industrias están en desventaja debido a que los equipos utilizados para producción son obsoletos y poco eficientes. esto se debe a tantos años que las fronteras estuvieron cerradas y en general el empresario mexicano, no tenía necesidad de actualizarse, ya que no *tenía que competir con productos extranjeros*

Cabe hacer notar que aunque se dispone de mano de obra barata en nuestro país, esto no es suficiente, ya que el rendimiento de un trabajador nunca podrá compararse con la eficiencia de una máquina automática, que produce 100 veces más que el trabajador y que no se equivoca, no se cansa etc.

Con la inminente entrada en vigor del TLC (TRATADO DE LIBRE COMERCIO). se vio la necesidad de aumentar la producción y de reducir los costos. ya que de no hacerlo se corría el riesgo de no poder competir y en consecuencia la empresa podría quebrar.

Para aumentar la producción en la empresa en la cual trabajo, se vio la necesidad de construir un equipo de uso múltiple, versátil, en el cual se pudiera fabricar lo mismo un shampoo que una crema de tipo cosmético que fuera líquida o semisólida, o un detergente líquido, un gel para cabello, o un jabón.

Para fabricar los productos antes mencionados, los cuales tienen diferentes viscosidad, se procedió a buscar un reactor, *enchaquetado*, con sistema de agitación intercambiable, construido en acero inoxidable.

Desafortunadamente, los equipos importados eran muy caros y aquí en México había que mandarlo a hacer y las compañías que podían hacerlo, lo vendían ligeramente más barato que el equipo importado, pero todavía caro.

Ante esta situación se planteó la necesidad de construir el equipo, para esto se determinó cuál era el material más adecuado para su construcción, en función de las materias primas que se utilizarían para la fabricación de los productos antes mencionados. se determinó su tamaño, tipo de agitadores que se podrían utilizar, su geometría en función al tamaño de lámina comercial, las conexiones que debía llevar etc

Y es precisamente el diseño, construcción y puesta en operación de este reactor para varios propósitos de lo que trata esta tesis, además con los resultados obtenidos se elaborará un *diagrama de flujo*, para que un programador al seguirlos paso a paso, pueda desarrollar un programa de computación para agilizar el diseño de reactores.

R E S U M E N.

La presente tesis abarcara los siguientes puntos.

TITULO PROPUESTO: Base para el desarrollo de un programa de Computación, para el diseño, construcción y puesta en operación, de un reactor para fabricación de productos de limpieza.

INTRODUCCIÓN: Debido a la globalización (TLC) la industria en México se ha enfrentado a muchos problemas, para poder competir, las empresas tienen que tener Alta producción, Automatización y reducción de costos.

Debido a lo anterior se vio la necesidad de establecer una base para el desarrollo de un programa de Computación, que permitirá diseñar y en consecuencia construir un reactor, el cual será de operación sencilla y flexible para hacer frente a los problemas antes mencionados.

Cabe hacer notar, que esta tesis servirá para que un programador, al seguir paso a paso este trabajo y su diagrama de flujo, pueda desarrollar un programa de computación.

BASES TEÓRICAS:

Breve teoría de shampoos, detergentes líquidos, cremas, geles, jabón.

Criterio para determinar el tipo de material de construcción en base a las materias primas más comunes y su posible interacción con el material de construcción, tomando como base tablas de resistencia química.

Breve teoría de recipientes, su diseño y construcción.

Cómo se determinó el volumen del reactor, (En base a una velocidad de reacción muy alta generalmente se trata de reacciones de neutralización.)

Construcción del reactor, qué tipo de bomba de recirculación se utiliza, su acoplamiento y motor.

Tipos de mezcladores que pueden ser utilizados en este reactor.

Cómo se calculó la potencia del motor que mueve el agitador, en función de la viscosidad más alta que se piensa manejar.

Accesorios que lleva el reactor (Válvulas, termómetro, bombas, tapas etc.) y el criterio de la selección.

Puesta en operación del reactor para fabricar una crema en batch.

Elaboración de un diagrama de flujo basado en los puntos anteriores, para el desarrollo de un programa de Computación.

RESULTADOS.

- ¿ Se logró establecer una base para el desarrollo de un programa de Computación?
- ¿ Se logró aumentar producción ?
- ¿ Se bajaron costos ?
- ¿ Es versátil el reactor ?

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

Capítulo I

BASES TEÓRICAS. DE LOS PRODUCTOS A FABRICAR.

A continuación se describirá de una manera relativamente breve, las bases teóricas de los principales productos que se pueden fabricar en este reactor, la descripción de cada producto, las materias primas con las cuales están fabricados, su proceso de fabricación y temperatura de fabricación.

Los principales productos que se pensó en fabricar en este reactor, y a los cuales nos referiremos son los siguientes DETERGENTES LÍQUIDOS, SHAMPOOS LÍQUIDOS. GELES EN GENERAL, CREMAS. JABÓN DE TOCADOR.

Detergentes líquidos.

Los primeros detergentes líquidos que se vendieron para uso en casa, eran simples soluciones de detergentes aniónicos con concentraciones que iban del 5 al 20 %. Estos productos cambiaron rápidamente los hábitos de lavado de prendas de ropa fina tales como la seda y la lana.

En años recientes, estos detergentes líquidos se han hecho más sofisticados y en la actualidad estos detergentes líquidos han aparecido con aditivos para un lavado más agresivo, más eficiente y con menos cantidad de producto, principalmente en lavado en lavadora, con agua fría, esto ha ocurrido principalmente en los Estados Unidos de Norteamérica, ya que aquí en México han tenido muy poca aceptación. Sin embargo la tendencia mundial en detergentes es la de detergentes líquidos de alta concentración (heavy-duty).

En primera instancia se puede considerar que las materias primas de los detergentes líquidos son más baratas que las materias primas de los detergentes en polvo. en el caso de los detergentes líquidos el filler (diluyente o rellenedor) es el agua, mientras que en los detergentes en polvo el filler (diluyente o rellenedor) es el Na_2SO_4 y el Na_2CO_3 como se puede ver el costo del agua es más barato que el del sulfato y del carbonato, esto es cierto para detergentes líquidos de tipo ligero o de uso ligero (light-duty), mientras que para los detergentes de uso pesado (heavy-duty), habría que ponerlo a consideración.

Los detergentes líquidos de tipo pesado presentan un problema cuando su contenido de activo es mayor al 30 o 40%, ya que se puede precipitar el activo, generalmente una sal del ácido alquilbencensulfónico.

Para evitar esta precipitación es necesario agregar hidrótrofos que son materiales más solubles y que en consecuencia permiten mayor contenido de activo, uno que puede ser utilizado es la sal potásica del ácido alquilbencensulfónico, esto incrementará el costo del producto haciéndolo más caro.

Las ventajas que tiene el usuario con un detergente líquido, es que el detergente líquido se dispersa de una manera casi instantánea en agua, puede ser perfumado y se le puede dar una apariencia muy atractiva, y la botella o contenedor puede ser diseñado de tal manera que llame la atención del consumidor, como ejemplo podemos mencionar los detergentes de aroma a rosa y de color rosa de tanto éxito entre las amas de casa.

La elección del ingrediente activo depende de las características que se quiera obtener en el producto terminado, sin embargo la versatilidad del ácido alquil-aril-sulfónico. el cual puede ser fabricado por sulfonación con oleum y por sulfonación con SO_3 . En México, con la excepción de las grandes compañías, la sulfonación es hecha con oleum.

El ácido alquil-aril-sulfónico fabricado por medio de la sulfonación con oleum, cuando es neutralizado, va a contener, además de la sal del ácido alquil-aril-sulfónico. una gran cantidad de sulfatos inorgánicos, los cuales fueron producidos a la hora de neutralizar porque había ácido sulfúrico libre

Mientras que el ácido alquil-aril-sulfónico producido con SO_3 , contiene un mínimo de ácido sulfúrico libre y en consecuencia al neutralizarlo, la cantidad de sulfatos inorgánicos es mínima, lo cual da ciertas ventajas a la hora de fabricar detergentes líquidos de alta concentración o (heavy duty), ya que al tener pocas sales inorgánicas (sulfatos), se puede aumentar la cantidad de ingrediente activo, evitando su precipitación, en algún grado, sin embargo se sugiere neutralizar con KOH para obtener un producto con mayor contenido de activo, ya que la sal potásica es mas soluble que la sal sódica

Existe un gran número de ingredientes activos (tensoactivos), que pueden ser utilizados para la fabricación de detergentes entre los más importantes tenemos los siguientes:

Tensoactivos aniónicos:

Son compuestos en los cuales la detergencia se efectúa o realiza en el anión, el cual tiene que ser neutralizado, con un material alcalino o básico, para que la detergencia completa sea desarrollada. algunos de los principales grupos de tensoactivos aniónicos son los siguientes:

Alquil aril sulfonatos. alcoholes sulfatados, olefinas sulfonadas, monoglicéridos sulfatados, éteres sulfatados, metil éster sulfonados, alcanos sulfonados, fosfato ésteres. surfactantes fluorados, etc.

Tensoactivos catiónicos:

Son compuestos en los cuales la detergencia se efectúa en el catión, los tensoactivos catiónicos son casi invariablemente compuestos aminados y los más efectivos de este grupo son las sales de cuaternarios de amonio, con una cadena larga unida al núcleo del nitrógeno o sales basadas en piridina cuaternaria, ejemplos. cloruro de cetil trimetil amonio el cual es una sal cuaternaria de amonio. en esta sal puede aparecer el Br en lugar del Cl , o el grupo cetil puede ser un grupo lauril o un grupo estearil.

Tensoactivos no-iónicos:

Son compuestos que no contienen constituyentes iónicos como su nombre lo indica.

La mayoría de los tensoactivos no-iónicos, son productos resultantes de la condensación de una cadena hidrofóbica con óxido de etileno , por ejemplo tenemos el alquil fenol etoxilado, cabe hacer notar que a mayor etoxilación, es decir a mayor número de moles de oxido de etileno, la solubilidad en agua aumentará

También hay condensados de ácidos grasos, condensados de óxido de etileno con una amina, condensados de óxido de etileno con una amida, ésteres de sorbitán, alquilolamidas etc.

Tensoactivos anfotéricos:

Estos compuestos incluyen grupos ácidos y básicos en la misma molécula, como ejemplo tenemos:

Acylamino-acidos. acyl β - aminopropionatos, acyl peptidos, alquil imidazolinas (miranoles).

Cabe mencionar que cambios en el pH, causarán cambios en la ionización de los tensoactivos anfotéricos. a pH ácido se tiende a suprimir la ionización del grupo aniónico y se promueve la ionización del grupo catiónico, lo cual le da a la molécula propiedades catiónicas. Si hay un pH alcalino, las propiedades de las moléculas serán al contrario.

Hay una región entre las anteriores, llamada región o punto isoeléctrico, en la cual la molécula existe con ambos grupos ionizados.

En el reactor que se iba a diseñar y construir se pensó en fabricar detergentes líquidos con derivados del ácido alquil-aril-sulfónico, el cual iba a ser comprado y en el reactor sería neutralizado con diferentes bases, y agregando diferentes aditivos. para mejorar la detergencia

También se pensó en utilizar algún detergente no-iónico (tensoactivos etoxilados).

Materias primas a ser utilizadas en la fabricación de detergentes líquidos:

Ácido alquil-aril-sulfónico lineal, alquil-fenol-etoxilado, alcohol éter sulfato de sodio, isopropanolamina, EDTA, silicatos, Carboximetilcelulosa (agente antirredespositante), abrillantadores ópticos, etanol, NaClO carbomero (polímero para aumento de viscosidad), isopropanol, tripolifosfato de sodio, carbonato de sodio, formol, zeólitas (silicato hidratado de sodio y aluminio), perborato de sodio, cloruro de sodio.

En base a las materias primas anteriores, se procedió a investigar qué material para construir el reactor sería el más adecuado, para ello nos referimos a un conjunto de tablas de resistencia química de los principales materiales de construcción, las cuales transcribo al final de este capítulo.

Shampoos líquidos cosméticos:

La palabra shampoo es definida como un detergente adecuado para el lavado del cabello, empacado de manera conveniente para su uso, las características que debe tener un shampoo son las siguientes: debe limpiar bien y también debe enjuagarse fácilmente, dejar al cabello manejable, suave y no reseco.

Desafortunadamente algunos de los mejores tensoactivos limpiadores, muestran efectos colaterales indeseables, entre los que destaca de manera muy importante la *resequedad* o *excesivo desengrase* que provocan al cabello.

Debido a la excesiva remoción del aceite del cabello, se presenta dificultad para manejar el cabello, pérdida de lustre etc.

Generalmente los tensoactivos aniónicos, causan los problemas o inconvenientes antes mencionados, debido a su gran poder de remoción de grasa, sin embargo hay muchos otros materiales que aparentemente no causan deterioro en la condición del cabello.

Hay que tener mucho cuidado en la selección de los tensoactivos, esta selección puede variar dependiendo del sector de mercado al cual se piensa vender el producto, no es lo mismo un shampoo para tianguis que un shampoo para sectores de población más acomodados.

La gente que tiene un cabello seco es más fácil de complacer que una persona que tiene un cabello graso. Esto se debe a que la gente de cabello seco, prácticamente limpia su cabello con un tensoactivo suave, mientras que la persona de cabello graso, si tiene mucha grasa, necesita un tensoactivo más agresivo, sin embargo debido a la gran variedad en la cantidad de grasa, es más difícil desarrollar un shampoo que funcione para cualquier tipo de cabello graso.

La forma en la cual el cabello se ensucia es decir como adquiere partículas de polvo y mugre es la siguiente:

El cabello tiene una superficie relativamente dura y para que las partículas de mugre se queden adheridas al cabello es necesario que exista la presencia de grasa en el cabello. entonces para poder limpiarlo el problema se reduce a retirar la grasa y en consecuencia la mugre, para lograr lo anterior es necesario encontrar un tensoactivo que tenga una buena afinidad por la grasa, el mecanismo por el cual se logra la limpieza del cabello es el siguiente.

a -) La función de la solución de shampoo (detergente o tensoactivo) es mojar la mugre y el cabello, esto se logra bajando la tensión superficial, en consecuencia la tensión interfacial también baja, lo cual permite que la grasa y mugre sean desplazadas por el shampoo, y permanezcan dispersas para que puedan ser retiradas.

A la hora de escoger los tensoactivos para la elaboración de un shampoo, es muy importante tomar en consideración las siguientes características:

1.-) El efecto del tensoactivo sobre la superficie que va a ser limpiada, que en este caso es el cabello.

o sea que debe limpiar bien, ser inocuo, no tóxico y dejar el cabello manejable.

2.-) La concentración a la que se maneje el tensoactivo debe ser económicamente viable, y debe limpiar bien a esta concentración.

3 -) El tensoactivo debe trabajar bien en diferentes condiciones de lavado, esto se refiere al lavado del cabello con agua suave (bajo contenido de sales) o con agua dura (alto contenido de sales).

4.-) La elección del tensoactivo también depende la forma física deseada del producto. para un shampoo en crema, la sal sódica de un alcohol graso sulfatado, es lo recomendado. Para un líquido, se utiliza un éter sulfato o una sal de etanolamina de un alcohol graso sulfatado, sin embargo el anterior tensoactivo tiene la desventaja de que hace menos espuma que el éter sulfato y aparte tiene un color más oscuro. sin embargo se puede aumentar la espuma con la ayuda de los llamados foam booster, como podría ser una amida grasa.

Por lo general, los alcoholes sulfatados son los tensoactivos más usados para fabricar shampoo, sin embargo se puede hacer uso de otros tensoactivos entre los cuales tenemos algunos anfotéricos, como sería la alquil amido propil betaina que es un derivado de la betaina. también se puede utilizar algún aniónico como los sulfosuccinatos, lauril sulfatos etc.

Materias primas a ser utilizadas en la fabricación de shampoo:

Lauril sulfato de sodio, lauril éter sulfato de sodio, lauril sulfato de amonio, dietanolamida de ácidos grasos de coco, edta, cloruro de sodio, perfume, para hidroxibenzoato de metilo, agua, color.

Jabón:

Desde el principio de la humanidad el hombre ha tenido la necesidad de limpiar tanto su cuerpo como los materiales que usa, necesidad que lo impulsó a buscar los materiales adecuados para este objeto. Algunos historiadores mencionan que los fenicios hacían jabón ya en el año 600 A.C. y lo usaban como artículo de intercambio con los Galos. De acuerdo con Plinio el Viejo, el jabón era preparado con sebo de cabras y cenizas de maderas, y se cree que los primeros en preparar un jabón como actualmente se le conoce (sal alcalina de un ácido graso) fueron los primitivos habitantes de Britania.

Definición de jabón.

En un sentido exclusivamente químico, cualquier compuesto formado por la reacción de un ácido graso con un radical metálico, o con una base orgánica puede ser llamado jabón, sin embargo la industria jabonera trata principalmente con los jabones solubles en agua, los cuales resultan de la interacción de ácidos grasos y metales alcalinos, cabe mencionar que en ciertos casos las sales de ácidos grasos con amoníaco o con trietanolamina, son usadas para jabones o cremas para afeitarse.

El proceso que tiene lugar cuando un jabón es formado, a partir de un ácido graso y un metal alcalino, por la acción de álcali cáustico con un aceite neutro o un ácido graso libre, o un carbonato alcalino con un ácido graso libre, a este proceso se le llama saponificación.

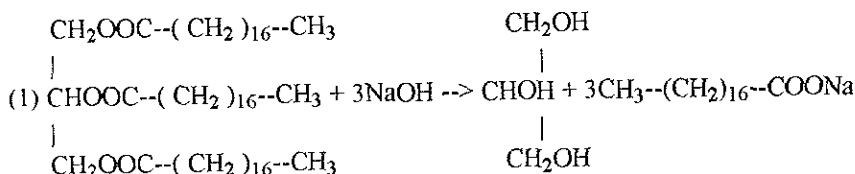
Un aceite neutro es un compuesto de tres moléculas de ácidos grasos con una molécula de glicerina. Estos compuestos son llamados ésteres y en este especial caso triglicéridos.

En la manufactura de jabón cuando se usa el término saponificación, quiere decir que tres moléculas de jabón han sido formadas y una molécula de glicerina liberada, a partir de una molécula de triglicérido por la acción de tres moléculas de álcali.

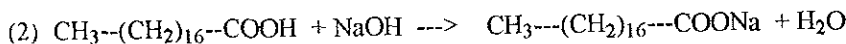
Sin embargo este término también se puede aplicar al proceso en el cual, una sola molécula de ácido graso libre reacciona con una molécula de álcali para formar una sola molécula de jabón.

Para ilustrar lo anterior, a continuación se representa la saponificación:

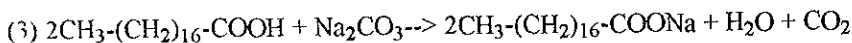
- 1.-) De un triglicérido con hidróxido de sodio.
- 2.-) De un ácido graso libre con hidróxido de sodio.
- 3.-) De un ácido graso libre con carbonato de sodio.



Ácido esteárico-- triglicérido	Sosa	Glicerina	Estearato de sodio
PM= 890	(PM= 40, 3*40=120)	PM= 92	PM=3*306= 918



Ácido esteárico	Sosa	Jabón de sodio	Agua
-----------------	------	----------------	------



Ácido esteárico	Carbonato de Sodio	Jabón de sodio	Agua	Bióxido de Carbono
-----------------	--------------------	----------------	------	--------------------

Materias primas a ser utilizadas en la fabricación de jabón:

Agua, álcalis (NaOH, KOH, Na₂CO₃), NaCl, Silicato de sodio, NaClO, Sebo, Aceite de coco, Aceite de oliva, Aceite de palma.

Cremas cosméticas:

La invención de la primera crema se le atribuye a Galeno, que era un médico en Roma hacia el año 200 D.C.

Sin embargo mucha gente piensa que Galeno obtuvo la crema de Hipócrates.

La manera de fabricar esta crema, a partir de las instrucciones de Galeno dadas en su libro #10 llamado "Methodus Medendi vel de Morbis Curandis", es la siguiente:

Una parte de cera purificada caliente se mezcla en un mortero con tres o cuatro partes de aceite de oliva, en el cual habían sido macerados unos pétalos de rosa,

después se permite que se enfríe la mezcla, y se le va incorporando agua hasta obtener la crema.

Desde el punto de vista químico una crema es una mezcla de dos o más materiales no miscibles formando una emulsión, la cual puede ser en general de 3 tipos diferentes.

a.-) Emulsión agua en aceite W/O. b.-) Emulsión aceite en agua O/W.

c.-) Emulsión múltiple O/W/O o W/O/W.

La manera de estabilizar estas emulsiones es mediante el uso de emulsionantes, que son tensoactivos que van a permitir que se logre la formación de la emulsión y en consecuencia su estabilidad, (que no haya separación).

Hay diferentes tipos de cremas cosméticas formuladas para diferentes usos, como ejemplos tenemos:

Las cremas limpiadoras, cremas emolientes, cremas hidratantes, cremas para manos y cuerpo, cremas protectoras de los rayos solares, etc.

Por lo general las cremas deben reunir varios requisitos, entre los cuales podemos mencionar los siguientes:

La emulsión debe ser estable, esto quiere decir que la crema no se separe, debe ser homogénea, sin grumos, agradable al tacto y al olfato, no debe ser excesivamente grasosa. sin embargo en el caso de pieles reseca se recomienda el uso de cremas grasas.

Materias primas a ser utilizadas para la fabricación de cremas:

Dentro de las principales y más utilizadas materias primas para cremas tenemos las siguientes

Agua deionizada (libre de sales), aceites minerales, aceites vegetales, glicerina, propilenglicol. metil para ben, propil para ben, perfume, antioxidantes (Butil hidroxil tolueno (BHT)), emulsionantes (La serie de Tween, la serie de Span, monoestearato de glicerilo etc.) , palmitato de isopropilo, ácido esteárico, alcohol cetílico, alcohol estearílico, trietanolamina, lanolina, lanolina acetilada, espesantes :Carboximetilcelulosa, copolímeros acrílicos, colorantes certificados, etc.

Geles cosméticos:

Un gel es un coloide en el cual la fase dispersa se ha combinado con la fase continua, para producir un producto con una consistencia similar a la gelatina. Por ejemplo se necesita sólo un 2% de gelatina en agua para formar un gel duro.

Un gel es generalmente hecho por el enfriamiento de una solución que contiene cierta clase de solutos, un buen ejemplo de esto es la gelatina, la cual forma grupos de partículas cristalinas sub-microscópicas, los cuales retienen una gran cantidad de solvente entre los espacios intraparticulares.

Actualmente existen geles faciales, geles para el cabello, geles para uso corporal, los cuales resultan muy atractivos para el público consumidor ya que la mayoría son transparentes y dan la idea de pureza y alta calidad de los materiales con los cuales están formados.

Para la fabricación de los anteriores se utilizan principalmente, copolímeros acrílicos. los cuales al dispersarse en agua adquieren la consistencia de un gel, posteriormente se neutralizan, generalmente con un álcali suave (Trietanolamina) para neutralizar el copolímero

En nuestro caso en particular se pensó en fabricar gel para cabello.

Materias primas a ser utilizadas en la fabricación de gel para cabello:

Agua deionizada (Bajo contenido en sales), glicerina, propilenglicol, metil para ben. etanol. polivinilpirrolidona, perfume, colores certificados, polivinil pirrolidona vinil acetato. copolímeros acrílicos.

C a p í t u l o I I

DETERMINACIÓN DEL MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN DEL REACTOR.

En base a las materias primas más comunes para la fabricación de Detergentes líquidos, shampoo, jabón, cremas y geles, las cuales ya mencionamos en las páginas anteriores. se procedió a investigar la resistencia Química de diferentes materiales de construcción con respecto a éstas.

Para investigar la resistencia Química se recurrió al libro llamado:

Process and pollution control equipment
Pumps and pumping operations
de

NICHOLAS P CHEREMISINOFF y PAUL N. CHEREMISINOFF.

En este libro se encuentra un conjunto de tablas de resistencia Química.

A continuación transcribo, las resistencias Químicas de diferentes materiales de construcción. con respecto a la gran mayoría de materias primas para la fabricación de los productos anteriormente mencionados.

Cabe hacer mención que voy a omitir la resistencia química de varios materiales, por las siguientes razones:

1.- Varios de estos materiales son polímeros, los cuales tienen una temperatura máxima de servicio relativamente baja, por lo cual no funcionarían de una manera óptima ya que algunos de los procesos que se van a realizar en este reactor son con temperaturas de hasta 110 grados centígrados, y aunque algunos de estos materiales superan dicha temperatura, pueden sufrir deformaciones, las cuales no son deseables.

2.- Los polímeros tienen por lo general una conductividad térmica baja, lo cual significa que se oponen, o mejor dicho, son malos conductores del calor y en consecuencia si queremos calentar con vapor a través de una chaqueta, el flujo de calor a través de la pared interna del recipiente sería muy lenta e ineficiente, a diferencia de si el material de construcción es un metal.

3.- La última razón es que algunos de estos materiales son muy caros, como por ejemplo:

El nylon, el teflón, el vitón etc, otros son más baratos como el polietileno, sin embargo este material se puede reblandecer y perder su forma, por lo cual no lo consideramos.

A continuación se presenta una tabla de los materiales antes mencionados con su temperatura máxima de servicio. para justificar el por qué no los considero en las tablas de resistencia química, que se transcribirán más adelante.

MATERIAL	TEMPERATURA MÁXIMA DE SERVICIO. grados centígrados.
-----------------	--

ACETAL (DELRIN)	90.5
ACETAL (CELCON)	100
NEOPRENO	107.2
TEFLÓN	288
VITÓN	232
NYLON	149
POLIPROPILENO	121-130
POLIETILENO	121
PVC	80

TABLA DE RESISTENCIA QUIMICA.

LLAVE.

- Recomendado. no se afecta su funcionamiento
- Regular, puede ocurrir pérdida de algunas propiedades
- No recomendado, el material no sirve para este servicio.
- No hay datos disponibles en este momento.
- [] Paréntesis rodeando el simbolo llave, no hay datos disponibles, pero se hicieron pruebas, exponiendo el material , a productos de un grupo químico similar.

	Acero	Acero	Acero	Acero	Aluminio.	Cobre
	al	Inoxidable.	Inoxidable.	Inoxidable.		
	Carbón	301 , 302	316	Serie.		
		303 , 304		400		
Aceite de coco	□	□	□	□	□	□
Aceite mineral	○	○	○	○	○	○
Aceite de oliva	○	○	○	□	○	□
Aceite de palma	○	○	○	○	□	□
Aceite vegetal	●	○	○	○	○	●
Ácido alquil-ari-						
sulfónico	■	○	○	●	■	■
Ácido estearico.	■	●	○	●	●	■
Acido palmítico	●	●	○	●	●	●
Alcohol cetílico.	●	○	○	●	●	●
Alcohol esteari-						
lico	●	○	○	●	●	●
Alcohol éter sul-						
fato de sodio	●	○	○	●	●	●
Agua	■	○	○	○	○	○
Agua destilada	■	○	○	○	○	●
Agua salada	■	●	●	■	■	●
CMC	□	□	□	□	□	□
Carbomero.	□	□	□	□	□	□
Cebo fundido	□	○	○	○	□	□
Copolimero acrí-						
lico	□	□	□	□	□	□
Dietanolamida						
de coco.	●	○	○	○	●	●
EDTA	■	○	○	●	■	■

TABLA DE RESISTENCIA QUIMICA.

LLAVE.

- Recomendado, no se afecta su funcionamiento.
- Regular, puede ocurrir pérdida de algunas propiedades.
- No recomendado, el material no sirve para este servicio.
- No hay datos disponibles en este momento.
- [] Paréntesis rodeando el simbolo llave, no hay datos disponibles, pero se hicieron pruebas, exponiendo el material , a productos de un grupo químico similar.

Etanol	●	○	○	□	●	○
Formol	○	○	○	○	○	○
Glicerina	●	○	○	○	○	○
Isopropanol	○	○	○	□	○	□
Jabon	○	○	○	○	■	○
KOH	○	○	○	○	□	□
KOH sol. 5%	●	●	●	●	■	●
KOH 27% hot	●	●	○	●	■	●
KOH 50% hot	●	●	●	□	■	●
KOH 70% hot.	■	□	□	□	■	●
Lauril éter sul-						
fato de sodio	●	○	○	●	●	●
Lauril sulfato de						
amonio.	●	○	○	●	●	●
Lauril sulfato de						
sodio	●	○	○	●	●	●
Lanolina.	●	○	○	●	●	●
Monoestearato						
de glicerilo	●	○	○	●	●	●
Na ₂ CO ₃	●	●	●	●	■	○
NaCl	■	●	●	●	■	□
NaCl sol. 2%	●	●	●	●	■	●
NaCl sol. 5%	□	●	○	●	■	●
5% a 150 F	□	●	○	□	□	□
Sol Saturada	□	○	○	○	■	□
Sol.Sat caliente	□	●	○	○	■	□
NaOH	●	●	□	□	□	□
3 MOL.AR	□	□	□	□	□	□
20% FRIA	○	○	○	○	■	○

TABLA DE RESISTENCIA QUIMICA.

LLAVE.

- Recomendado, no se afecta su funcionamiento.
- Regular, puede ocurrir pérdida de algunas propiedades.
- No recomendado, el material no sirve para este servicio.
- No hay datos disponibles en este momento.
- [] Paréntesis rodeando el simbolo llave, no hay datos disponibles, pero se hicieron pruebas, exponiendo el material , a productos de un grupo químico similar.

20% Caliente	●	○	○	●	■	●
50% FRIA	■	○	○	■	■	●
80% Caliente	■	■	■	■	■	■
70% FRIA	□	□	●	□	■	□
70% Caliente	NO	HAY	INFORMACION.			
NaClO 20%	■	■	○	■	■	□
Parahidroxy-ben						
zoato de metilo	●	○	○	●	●	●
Parahidroxy-ben						
zoato de propilo	●	○	○	●	●	●
Palmitato de						
isopropilo	●	○	○	●	●	●
Polivinil pirro-						
lidona	●	○	○	●	●	●
Polivinilpirro-						
lidona	●	○	○	●	●	●
Polivinilpirroli-						
donavinilacetato	●	○	○	●	●	●
Perborato de Na	■	●	●	●	○	●
Propilenglicol	○	●	●	○	○	○
Silicato de Sodio	●	●	●	●	■	●
Tripolifosfato						
de Sodio	□	○	○	□	□	□
Zeolitas	□	□	□	□	□	□

NOTA IMPORTANTE.

EN EL CASO DE QUE SE QUISIERA FABRICAR OTRO PRODUCTO DIFERENTE A LOS MENCIONADOS, ES NECESARIO BUSCAR LAS TABLAS DE RESISTENCIA QUÍMICA PARA LOS REACTIVOS Y PRODUCTOS QUE VAN A ESTAR EN CONTACTO CON EL MATERIAL DE CONSTRUCCION DEL REACTOR.

Cabe hacer notar que hubo varias materias primas cuya resistencia química no la pudimos encontrar en las tablas de resistencia química del libro Cheremisinoff, por lo que para valorar su resistencia química a los metales de construcción propuestos, nos basamos en el siguiente criterio:

Todas las materias primas que se mencionan a continuación, son utilizadas en la fabricación de *productos cosméticos*, como shampoos, cremas, gel fijador para el cabello, algunas son conservadores, otras son tensoactivos suaves, otras son grasas, emulsionantes.

Las materias primas que no encontré en las tablas de resistencia química son las siguientes:

Alcohol cetílico.
Alcohol estearílico.
Alcohol éter sulfato de sodio.
Lauril éter sulfato de sodio.
Lauril sulfato de amonio.
Lauril sulfato de sodio.
Lanolina.
Monoestearato de glicerilo.
Parahidroxibenzoato de metilo.
Parahidroxibenzoato de propilo.
Palmitato de isopropilo.
PVP (Polivinilpirrolidona)
PVP-VA (Polivinilpirrolidona vinil acetato.)

Las materias primas anteriores son utilizadas en la *fabricación de productos cosméticos*. debido a esto las materias primas son muy suaves o poco agresivas a la piel, luego entonces, es poco probable que vayan a corroer o a reaccionar con el material de construcción del reactor que se pensó en construir, sin embargo aunque estas materias primas son muy suaves se recomienda que se trabajen en equipos de acero inoxidable, para evitar que se vayan a contaminar con algún complejo que se pudiera formar por la interacción de la materia prima con el material de construcción.

En general podemos decir que los materiales antes mencionados, tienen la siguiente resistencia química:

Acero	Acero	Acero	Acero	Aluminio.	Cobre
al	Inoxidable.	Inoxidable.	Inoxidable.		
Carbón	301 . 302	316	Serie.		
	303 , 304		400		
●	○	○	●	●	●

Ahora bien revisando las tablas de resistencia química, observamos que los materiales que mejor trabajan con las materias primas, que vamos a utilizar en la fabricación de los productos, son los siguientes:

Acero inoxidable tipo 304. Y Acero inoxidable tipo 316.

Ahora bien para elegir cual de los dos aceros sería utilizado, nos basamos en el costo por kilo del acero inoxidable, cabe mencionar que el acero inoxidable tipo 304 es más barato que el acero inoxidable tipo 316.

Debido a esto se decidió que el material de construcción del reactor sería de acero inoxidable tipo 304.

C a p í t u l o III

PROCESOS DE MANUFACTURA EN PLANTA.

Generalidades:

Lo primero que se debe conocer para poder diseñar un recipiente es su volumen y esté está en función de la producción que se necesita cubrir por unidad de tiempo. En nuestro caso se decidió que el reactor que se pensaba construir debería ser el adecuado para cubrir las necesidades de producción de los siguientes productos:

1.-) 3000 Kgs. mensuales de gel para cabello con una viscosidad aproximada de 30,000 a 35,000 cps, el proceso de manufactura de este producto es en frío, es decir a temperatura ambiente.

2.-) 4000 Kgs. mensuales de shampoo para cabello con una viscosidad aproximada de 4000 cps, el proceso de manufactura de este producto es en frío, es decir a temperatura ambiente.

3.-) 4000 Kgs. mensuales de detergente líquido con una viscosidad de 500 a 1000 cps. este detergente está compuesto a base de ácido alquil-aril-sulfónico, el cual será neutralizado en el reactor que se diseñará, el proceso de manufactura de este producto es a temperatura ambiente, sin embargo mientras va progresando la reacción de neutralización, la temperatura se incrementa sensiblemente, esto se debe a que la reacción de neutralización es una reacción de tipo exotérmico ($\Delta H =$ Negativo)

4.-) 3000 Kgs. mensuales de cremas de tipo cosmético de diferentes consistencias. con una viscosidad máxima de 30000 cps, proceso de manufactura variable. algunas son fabricadas en frío y otras en caliente.

5 -) 1000 Kgs. mensuales de pasta base de jabón, la cual es la sal de un ácido graso. sin aditivos, sin perfume etc, este proceso se lleva a cabo en caliente.

De lo anterior podemos concluir que necesitamos producir 15 toneladas mensuales de productos.

Cabe hacer mención de que, como se trata de 5 tipos diferentes de productos, va a haber 5 procesos de manufactura diferentes.

Cabe hacer notar que las formulaciones y procesos que a continuación se mencionan son tomadas como ejemplos para poder describir de una manera muy general la manera en que se fabrican C/U de los productos antes mencionados, para basados en este conocimiento conocer los requerimientos del reactor que se pensó diseñar.

Procesos de manufactura de detergente líquido, shampoo, geles, cremas, jabón:

Para poder describir el proceso de manufactura de los productos antes mencionados. es necesario utilizar una fórmula base de cada uno de los productos y en base a esto se podrá describir cada uno de los procesos de manufactura.

Proceso de manufactura de detergentes líquidos:

Las materias primas que se utilizarán en la fabricación de detergente líquido son las siguientes:

	% w/w
AGUA	72.6
ÁCIDO ALQUIL- ARIL SULFÓNICO.	20.0
NaOH 50%.	5.0
TRIETANOLAMINA 99%.	1.0
CMC 100%	1.0
ABRILLANTADOR ÓPTICO	0.1
PERFUME	0.3
COLOR	q.s.

Proceso.

Se pone la mitad del agua en el equipo en el cual se vaya a fabricar todo el detergente. después se agrega el ácido alquilarilsulfónico, se mezcla hasta homogeneidad.

Al estar homogéneo se agrega la CMC previamente disuelta en un poco de agua. después se agrega el resto de agua, la sosa, la Trietanolamina, se mezcla hasta la completación de la reacción, lo cual ocurre aproximadamente 5 minutos después. se verifica que el pH sea igual a 7, en caso de no serlo se ajusta con sosa o con ácido alquilarilsulfónico según sea el caso, hecho lo anterior se agrega el colorante óptico, previamente disuelto en un poco de agua, el perfume y el color se mezcla 5 minutos hasta homogeneidad evitando la formación de espuma lo más posible. se suspende la agitación y se descarga el producto para envasarlo.

Proceso de manufactura de shampoo:

Las materias primas que se utilizarán para la fabricación de shampoo son las siguientes:

	%	
	w/w	
A)		
Agua deionizada	50.5	
Copolímero (Carbopol 2020)	0.5	(Espesante)
B)		
Lauril sulfato de amonio (100%)	10.0	(Tensoactivo)
Lauril sulfato de Trietanolamina (100%)	5.0	(Tensoactivo)
Dietanolamida de coco	3.0	(Tensoactivo)
C)		
Agua deionizada	30.0	
EDTA	0.2	(Secuestrante)
Parahidroxibenzoato de metilo.	0.2	(Conservador)
Trietanolamina 99%	0.3	(Neutralizante)
D)		
Perfume	0.3	

Proceso:

Primero se coloca el agua deionizada en el recipiente en el cual se va a fabricar todo el shampoo. a continuación, se introduce un agitador de alta velocidad (1750 RPM) con propela de tipo marina, se empieza a agitar a alta velocidad y en este momento se empieza a agregar en el fondo del vórtice generado por la agitación, el copolímero. el cual debe ser agregado lentamente para evitar la formación de grumos. ya agregado todo el copolímero, se continúa con agitación fuerte hasta que el copolímero está perfectamente disperso y la solución no tenga grumos, esto tomará aproximadamente 10 minutos. Hay que mencionar que este copolímero en particular es de fácil dispersión y el tiempo que mencionamos que debe durar la agitación. es tomado como base para asegurar la dispersión correcta del copolímero.

A continuación se disminuye la velocidad del agitador casi al mínimo y se agregan los ingredientes de la parte (B), se continúa agitando lentamente hasta homogeneidad, evitando en lo posible la formación de espuma, hecho esto, se agrega sobre todo lo anterior, los ingredientes de la fase (C), los cuales fueron pesados y mezclados previamente en otro recipiente, se mezcla hasta

homogeneidad y finalmente se agrega el perfume de la parte (D), se mezcla un par de minutos. se suspende la agitación y se vacía el shampoo para ser envasado.

Proceso de manufactura de una crema:

Las materias primas que se utilizarán para la fabricación de una crema bloqueadora con factor de protección solar elevado son las siguientes:

	%	
	w/w	
A -)		
Agua deionizada	67.7	
Glicerina	3.0	(Emoliente)
Propilenglicol	1.0	(Emoliente)
Edta	0.1	(Quelante)
Copolímero (Carbopol-940)	0.4	(Espesante)
B.-)		
Octil methoxy cinamato.	7.5	(Filtro solar)
Octil salicilato	5.0	(Filtro solar)
Oxybenzona	5.0	(Filtro solar)
Accite mineral	8.0	
Oleato de sorbitán	0.3	(Emulsionante)
C 10-30 alquil acrilato polímero cruzado (Pemulen TR-1)	0.3	(Emulsificante)
C.-)		
Germabén II-E	1.0	(Conservador)
D.-)		
Trictanofamina 99 %	0.7	(Neutralizante)

Proceso:

En el recipiente en el cual se va a preparar toda la crema, se pone el agua y el EDTA, se mezclan hasta disolución completa, después con agitación fuerte se agrega el copolímero y se mantiene la agitación hasta que el copolímero esté perfectamente disperso +/- 10 minutos, ya que esté disperso se agrega la glicerina y el propilenglicol, y se mezcla hasta homogeneidad completa, quedando lista la parte (A)

A continuación en otro recipiente se ponen los primeros 5 ingredientes de la parte (B), se mezcla hasta que la oxybenzona (polvo) se haya disuelto, de ser necesario se calienta ligeramente hasta disolución total.

Posteriormente se agrega el pemulón TR-1 y se mezcla hasta que no haya grumos. Hecho lo anterior se agrega la parte (B), sobre la parte (B), con agitación suave evitando que se incorpore aire en la crema, se mezcla durante unos 15 a 20 minutos, hasta que la crema este homogénea, se agrega sobre lo anterior la parte (C), y se mantiene la agitación durante 5 a 10 minutos.

Finalmente se agrega la parte (D), y se mezcla hasta homogeneidad, durante unos 10 a 15 minutos.

Se verifica el pH, el cual debe estar entre 6.5 y 7.0 en caso de no estarlo, lo ajustamos con Trietanolamina o con una solución de ácido cítrico según sea el caso, de ser necesario se verifica la viscosidad de la crema.

Después se procede a vaciar el recipiente y a envasar la crema.

Proceso de manufactura de un gel para cabello con fijador:

Las materias primas que se utilizarán para la fabricación de un gel para cabello con fijador, son las siguientes.

	% w/w	
A -)		
Agua deionizada	75.00	
EDTA	0.10	(Quelante)
Copolímero (Carbopol Ultrez 10)	0.50	(Espesante)
B.-)		
Agua deionizada	20.00	
Polivinilpirrolidona-vinil-acetato 100%	3.00	(Fijador)
Trietanolamina	0.40	(Neutralizante)
C.-)		
Germaben II-E	1.00	(Conservador)
D.-)		
Perfume	q.s	
Color	q.s	

Proceso:

En el recipiente en el que se vaya a preparar todo el lote se pone el agua de la parte (A), se coloca un agitador de propela marina y se empieza agitación a alta velocidad y se va agregando lentamente el copolímero hasta que se disperse

perfectamente. (cabe hacer notar que el copolímero urea es de fácil dispersión, sin embargo, se puede utilizar otro de la misma familia llamado carbopol-940, el cual es más difícil de dispersar, pero es más barato.), aproximadamente 10 minutos de agitación.

Hecho lo anterior en otro recipiente se pone el agua de la parte (B), se empieza a agitar moderadamente y se va agregando la polivinilpirrolidona hasta disolución completa, hecho esto se agrega la trietanolamina y se mezcla hasta homogeneidad

Posteriormente se agrega la parte (B), sobre la parte (A), con agitación fuerte hasta que se obtenga un producto terso, finalmente se agrega la parte (C), sobre todo lo anterior y se mezcla unos minutos hasta que quede perfectamente homogéneo el producto.

Finalmente se checa el pH el cual debe estar entre 6.5 y 7.0 en caso de no estarlo habrá que ajustarlo con trietanolamina o con una solución de ácido cítrico según sea el caso, para concluir se agrega el perfume y color escogidos y se mezcla hasta homogeneidad, posteriormente se vacía el gel para ser envasado.

Proceso de manufactura de un jabón:

Antes de escribir una formulación de jabón y su correspondiente proceso de manufactura, es importante mencionar lo siguiente:

Existen diferentes tipos de jabones, entre los principales tenemos: Jabón de tocador, Jabón de lavandería, Jabón combinado, Jabón líquido, Jabón con solventes, Jabón para textiles, Jabón con abrasivos, etc.

Jabón de tocador es aquel jabón que utilizamos para bañarnos y para lavarnos las manos.

Jabón de lavandería es el jabón que todavía se usa para lavar ropa a mano.

Los jabones líquidos son por lo general soluciones de jabón de potasio principalmente fabricado a partir de aceite de coco, a veces una pequeña parte del aceite de coco puede ser reemplazado por aceite de palma, oliva u otros aceites vegetales, no se usan sebos o grasas animales porque sus soluciones son turbias.

Un jabón combinado también llamado comba, es la mezcla de un jabón con un detergente.

También hay jabones con solventes para limpiezas específicas, con abrasivos para limpieza de pisos, jabones textiles para lavar la lana y retirar la grasa cruda de lana, etc.

En nuestro caso se pensó en fabricar jabones líquidos, a partir de aceite de coco. Jabón de tocador a partir de sebo y aceite de coco previamente blanqueados y filtrados.

Desafortunadamente debido a la situación económica que priva en nuestro país en los últimos años, el proyecto de lanzamiento de un jabón de tocador se vio suspendido.

Sin embargo cuando se diseñó el reactor que está en consideración en el presente trabajo se pensó en poder utilizar este equipo para fabricar pequeños lotes con los cuales se podría incursionar en el mercado, antes de realizar una inversión mayor. Cabe mencionar que el jabón de tocador que se pensó en fabricar, iba a ser hecho a partir de sebo y coco blanqueados y filtrados previamente por el proveedor de grasas. de esta manera se iba a evitar el proceso de blanqueo y filtración, además a la hora de la fabricación del jabón, no se iba a retirar la glicerina producida durante el proceso de saponificación, ya que esto haría más complejo el proceso y requeriría de mayor tiempo y dinero, y el dejar la glicerina en el jabón no afectaría el producto final sino al contrario, daría al consumidor final una sensación de suavidad al bañarse con él.

También se pensó en fabricar jabón a partir de ácidos grasos libres es decir (ácidos carboxílicos), como por ejemplo (ácido esteárico, palmítico etc), de esta manera aunque estuviéramos fabricando un jabón no estaríamos saponificando, sino que en un sentido estrictamente químico estaríamos neutralizando, y en consecuencia el tiempo de fabricación, y el tiempo de reacción serían mucho menores a los que se requerirían si se hiciera jabón a partir de sebo y de coco, ya que la velocidad de la reacción de neutralización es mucho más rápida que la reacción de saponificación de nuestra mezcla de grasas

En el caso de fabricación de jabón a partir de ácidos grasos libres, el tiempo de fabricación estaría controlado prácticamente por el tiempo de calentamiento de estos. a una temperatura aproximada de 70 a 80 grados centígrados, ya calientes se harían reaccionar con una solución acuosa alcalina, dicha solución tendría la concentración necesaria para neutralizar los ácidos grasos (cantidad estequiométrica) esta reacción es prácticamente instantánea (unos cuantos segundos).

Debido a que el tiempo de reacción es muy pequeño el tiempo de fabricación estaría en función principalmente del tiempo de calentamiento y del tiempo de mezclado para lograr un producto homogéneo.

A continuación se exponen: Una formulación de jabón líquido a partir de aceite de coco Una formulación de jabón sólido a partir de ácidos grasos libres. Y finalmente una formulación de jabón sólido a partir de cebo y coco.

Jabón líquido.

	% w/w
A -)	
Aceite de Coco	10.0
Aceite de Oliva	5.0
B -)	
KOH 100%	3.49
Agua destilada	20.00
C -)	
Agua destilada	61.51
Color	q.s.
Perfume	q.s.

Proceso.

En el recipiente en el cual se va a preparar todo el lote se ponen los ingredientes de la parte **(A)**, previamente pesados, se calienta hasta que estas grasas estén fundidas. en otro recipiente se ponen los ingredientes de la parte **(B)**, y se mezclan hasta homogeneidad, hecho lo anterior se calientan a unos 75 grados centígrados. Después se agrega la parte **(B)**, sobre la parte **(A)** con *agitación moderada* para evitar la formación de espuma, se continúa agitando hasta que aparezca el jabón recién formado, se hace una prueba con fenolftaleina para checar cáustico libre o ácido libre. en caso de existir algún remanente de cualquiera de los anteriores, se agrega aceite de coco o potasa según sea el caso hasta que la prueba a la fenolftaleina dé un cáustico libre entre **0.03%** y **un 0.05%** como máximo, hecho lo anterior se agrega el agua de la parte **(C)** de preferencia a una temperatura elevada (75 grados centígrados), se mezcla hasta homogeneidad, se tapa el recipiente en el cual se preparó el producto y se deja reposar hasta el siguiente día, se revisa al día siguiente el producto, se agrega el color y perfume con *agitación suave*. se filtra de ser necesario el producto y se envasa.

Nota.-

La manera como se calculó la cantidad de álcali necesaria para saponificar la mezcla de grasas utilizadas para el jabón líquido fue la siguiente.

Me basé en los valores de saponificación de las grasas, **el valor de saponificación se define como los miligramos de KOH necesarios para saponificar un gramo de la grasa correspondiente.**

El valor de saponificación del aceite de coco es de 253, el valor de saponificación del aceite de oliva es de 192.

Para obtener la cantidad de cáustico necesario se multiplica el valor de saponificación por la cantidad de grasa.

10gr aceite de coco * 253= 2530mg de KOH o sea 2.53gr.

5gr aceite de oliva * 192= 960mg de KOH o sea 0.96gr.

Sumando los anteriores tenemos 2.53gr+0.96gr.= 3.49gr que es el porcentaje de KOH 100% que necesitamos para saponificar el 10% de aceite de coco y el 5% de aceite de oliva.

Jabón sólido a partir de ácidos grasos libres.

	%
	w/w
A.-)	
Ácido esteárico.	32.5
Ácido palmítico	32.5
B.-)	
KOH 100%	13.52
Agua	20.00
Glicerina	1.48

Proceso

En el recipiente en el cual se va a fabricar todo el lote, se ponen los ingredientes de la parte (A), previamente pesados, después se calientan estas grasas hasta que se fundan más o menos (65 grados centígrados), en otro recipiente se pone el KOH y el agua de la parte (B), se mezclan hasta disolución completa, hecho esto se agrega la glicerina y se mezcla hasta homogeneidad, luego se calienta lo anterior hasta más o menos 65 grados centígrados y se agrega lentamente sobre las grasas, se mezcla con agitación lenta pero con fuerza, se sigue mezclando hasta que reaccionen perfectamente bien los reactivos (**Grasas y álcali**), esto se nota por la formación de una pasta viscosa, se continúa la agitación hasta que la pasta este homogénea y no tenga grumos, esto lo podemos checar tomando una

muestra con una espátula e inclinando ésta y vemos cuando resbala el jabón si tiene o no tiene grumos

Después de esto se procede a checar cáustico libre, con lo cual vemos si la neutralización ha llegado a su término y si hay o no hay ácidos grasos libres, en caso de haberlos se ajusta agregando lo que sea necesario ya sea álcali o ácido libre.

Finalmente se agrega color y perfume en las cantidades que se descen, se mezcla hasta homogeneidad, se vacía a una enfriadera, se permite que se enfríe toda la noche y al día siguiente se procede a cortar el jabón y a troquelarlo, finalmente se envuelve la pastilla

Cabe hacer notar que esta reacción es muy rápida y fuertemente exotérmica, lo cual permitirá disminuir las temperaturas de operación, cuando se fabrique jabón de una manera permanente.

Nota.-

La manera como se calculó la cantidad de álcali necesaria para neutralizar la mezcla de grasas utilizadas para el jabón sólido fue la siguiente.

Me basé en los valores de neutralización de los ácidos grasos libres, **el valor de neutralización se define como los miligramos de KOH necesarios para neutralizar un gramo del ácido graso correspondiente.**

El valor de neutralización del ácido esteárico es de 197.2 el valor de neutralización del ácido palmítico es de 218.8 Para obtener la cantidad de cáustico necesario se multiplica el valor de neutralización por la cantidad de ácido graso que se va a neutralizar.

$32.5\text{gr de ácido esteárico} * 197.2 = 6409\text{mg de KOH o sea } 6.41\text{gr.}$

$32.5\text{gr ácido palmítico} * 218.8 = 7111\text{mg de KOH o sea } 7.11\text{gr.}$

Sumando los anteriores tenemos $6.41\text{gr} + 7.11\text{gr.} = 13.52\text{gr}$ que es el porcentaje de KOH 100% que necesitamos para neutralizar el 32.5% de ácido esteárico y el 32.5% de ácido palmítico.

Jabón sólido a partir de sebo y aceite de coco (grasas).

Desafortunadamente, debido a la crisis económica que sufre nuestro país desde 1994, el proyecto de fabricación de jabón se vio interrumpido, ya que con tantos altibajos económicos sería muy difícil competir con las grandes empresas fabricantes de jabón, las cuales adquieren materias primas en grandes cantidades y en consecuencia su precio es más bajo, lo anterior aunado a la fuerte competencia que existe entre estas grandes compañías debido a la recesión económica, hace muy difícil en la actualidad incursionar en ese mercado.

Sin embargo para los propósitos de esta tesis, a continuación mencionaremos una fórmula de pasta base de jabón y su proceso de manufactura.

Antes de escribir la formulación de este producto es necesario mencionar los requerimientos más importantes que se necesitan para fabricar un jabón sólido de alta calidad a partir de sebo y coco.

Primero se requiere de materias primas de la mejor calidad, además la mezcla de grasas debe ser la adecuada, para producir un jabón que tenga las propiedades físicas y químicas requeridas, (dureza, espuma, buen color y buen olor).

Además de lo anterior es necesario que el jabón al final del proceso tenga las siguientes especificaciones:

El contenido de álcali libre no deberá nunca exceder el 0.05%.

El contenido de grasas no saponificadas no deberá exceder el 0.1%.

No debe oler a rancio para lo cual se deberán evitar, grasas no saturadas, ya que estas son la fuente u origen de la rancidez, debido a las dobles ligaduras las cuales son muy susceptibles a la oxidación.

La mezcla de grasas deberá contener grasas que puedan proporcionar suficiente cuerpo y consistencia al jabón, tales como el sebo y el aceite de coco, o el aceite de palma.

La mezcla de grasas deberá contener suficiente cantidad de aceite de coco o de aceite de palma, los cuales imparten buenas características de espuma.

La mezcla de grasas deberá contener grasas que proporcionen cuerpo y plasticidad al jabón, las cuales pueden ser aceite de oliva, aceite castor, etc.

Es muy importante que las grasas sean combinadas en las proporciones adecuadas, para que el jabón producido reúna las características buscadas.

Cabe hacer mención que la dureza del jabón está en función de 3 factores principalmente:

1.- El índice de yodo el cual es una medida de las insaturaciones.

2.- El peso molecular de la grasa.

3.- El tipo de álcali utilizado en la saponificación, ya que si saponificamos con KOH el jabón será más suave que si saponificamos con NaOH.

Se puede decir que a menor índice de yodo y a mayor peso molecular de la mezcla de grasas el jabón será más duro.

Antes de proceder a escribir una formulación de jabón y su correspondiente proceso de manufactura, es necesario mencionar que el jabón que se pensó en producir, iba a ser fabricado a partir de aceite de coco y sebo, previamente filtrados y blanqueados por el proveedor de grasas, para que gracias a esto en la planta sólo se procedería a saponificar.

Además de lo anterior en el proceso de fabricación del jabón, no se va a quitar la glicerina que se forma en el proceso de saponificación de las grasas, ya que quitarla implica un aumento de pasos al proceso y lavados, los cuales consumen tiempo y dinero, además el dejar la glicerina en el jabón, no va en detrimento de la calidad del jabón producido.

Jabón sólido a partir de grasas

PARTES.

w/w

A.-)

Sebo	85.0
Ac. coco	15.0

B.-)

KOH 100%	20.62
Agua	25.00

Proceso:

En el recipiente en el cual se va a fabricar todo el lote, se pone el sebo de la parte (A), previamente pesado, después se calienta esta grasa hasta que se funde más o menos (65 grados centígrados), en otro recipiente se pone el KOH y el agua de la parte (B), se mezclan hasta disolución completa, hecho esto, se toma un poco de esta solución más o menos la décima parte y se agrega lentamente sobre el sebo fundido. se mezcla con agitación lenta pero con fuerza, se sigue mezclando hasta que reaccionen perfectamente bien los reactivos (**Grasas y álcali**), se deja que hierva suavemente , después se agrega otro poco de la solución cáustica y se sigue hirviendo suavemente hasta que la masa aparezca bien emulsificada , o sea que no haya separación de fases, se continúa agregando poco a poco la solución alcalina, cuando finalmente se haya agregado toda la solución alcalina, se agrega el aceite de coco, se mantiene la agitación y la ebullición suave, durante una o dos horas, después se espera a la formación de una pasta viscosa, se continúa la agitación hasta que la pasta esté homogénea y no tenga grumos, esto lo podemos checar tomando una muestra con una espátula e inclinando ésta y vemos cuando resbala el jabón si tiene o no tiene grumos.

Después de esto se procede a checar cáustico libre, con lo cual vemos si la neutralización ha llegado a su término y si hay o no hay ácidos grasos libres, en caso de haberlos se ajusta agregando lo que sea necesario ya sea álcali o ácido libre.

Finalmente se agrega color y perfume en las cantidades que se deseen, se mezcla hasta homogeneidad, se vacía a una enfriadera, se permite que se enfríe toda la noche y al día siguiente se procede a cortar el jabón y a troquelarlo, finalmente se envuelve la pastilla.

Nota.-

La manera como se calculó la cantidad de álcali necesaria para neutralizar la mezcla de grasas utilizadas para el jabón sólido fue la siguiente.

Me basé en los valores de neutralización de los ácidos grasos libres, **el valor de neutralización se define como los miligramos de KOH necesarios para neutralizar un gramo del ácido graso correspondiente.**

El valor de neutralización del sebo es de 198 el valor de neutralización del aceite de coco es de 253 Para obtener la cantidad de cáustico necesario se multiplica el valor de neutralización por la cantidad de la grasa que se va a neutralizar.

$85 \text{ gr de sebo} * 198 = 16830 \text{ mg de KOH o sea } 16.83\text{gr.}$

$15 \text{ gr aceite de coco} * 253 = 3795\text{mg de KOH o sea } 3.79\text{gr.}$

Sumando los anteriores tenemos $16.83\text{gr} + 3.79\text{gr.} = 20.62\text{gr}$ que es la cantidad de KOH 100% que necesitamos para neutralizar los 85 gramos de sebo y los 15 gramos de aceite de coco.

Es necesario mencionar que durante el tiempo que dure la saponificación va a haber pérdida de agua por evaporación, entonces además de checar el cáustico libre, se debe checar la humedad del jabón, en caso de que falte deberá agregarse agua, en caso de que sobre o se deja hervir más tiempo o se enfría el jabón y se muele y se pasa a través de un secador de aire.

C a p í t u l o I V

GENERALIDADES DE DISEÑO DE RECIPIENTES.

A continuación presentaré un conjunto de generalidades del diseño de recipientes, estas generalidades son aplicables a recipientes que trabajan a presión atmosférica y recipientes que trabajan a presión.

Aunque el reactor que se va a construir, no va a trabajar presurizado, presentamos estas generalidades, con el fin de que alguien pueda hacer uso de ellas si lo requiere.

En general podemos decir que debemos analizar el recipiente que vamos a construir y sus partes, en un esfuerzo para encontrar un diseño económico y seguro.

Los esfuerzos que voy a analizar son los necesarios para determinar el espesor del material de construcción del reactor.

MATERIALES.

Como ya se vio en paginas anteriores, el material de construcción adecuado para el reactor es **acero inoxidable tipo 304**.

Sin embargo a continuación mencionaré de forma muy breve los materiales de construcción más comunes para recipientes:

HIERRO FORJADO. Por lo general contienen entre 2.5 a 4% de carbono.

ACEROS. La mayoría de los aceros tienen un contenido entre 0.1 a 1% de carbono.

ACEROS AL BAJO CARBONO. Contenido de carbono inferior al 0.25% , conocido como Acero al Carbón. Es el material soldable más usado.

ACERO AL ALTO CARBONO. Contenido de carbón superior al 0.3% , este acero es difícil de soldar por lo que se usa para aplicaciones que no involucran un proceso de soldadura.

ACERO AL BAJO CARBONO , BAJA ALEACIÓN. El contenido de carbón no debe ser superior a 0.2% y los elementos de aleación (Níquel, Cromo, Molibdeno, Vanadio, Boro y Cobre), no deben exceder el 12%

El Cromo es el elemento más efectivo para aumentar la resistencia a la corrosión, el Níquel mejora la ductibilidad a baja temperatura.

ACEROS AL ALTO CARBONO, ALTA ALEACIÓN. Estos aceros son difíciles de soldarse por lo que no se usan en la fabricación de recipientes de proceso.

ACEROS AL BAJO CARBONO, ALTA ALEACIÓN. COMÚNMENTE LLAMADOS ACEROS INOXIDABLES.

Estos aceros contienen generalmente al menos 18% de Cromo y 8% de Níquel.

Estos aceros se dividen en Ferríticos (Estructura cristalina magnética), Tipos 405,430,446

Austeníticos (Estructura cristalina no-magnética) Serie 200 Serie 300 (Tipo 301,302,302B,303,303SE,304,304L,305,308,309,309S,310,310S,314,316,316L, 317,321,347 y 348).

Martensíticos. Tipos 403,410,414,416,420,430,431,440.

ACERO INOXIDABLE 304. Contiene máximo de 0.08% de carbono, máximo de 2% de manganeso, 1% de sílice, entre 18 a 20% de cromo, y entre 8 a 12% de níquel

ACERO INOXIDABLE 316. Contiene máximo de 0.08% de carbono, máximo de 2% de manganeso, 1% de sílice, entre 16 a 18% de cromo, y entre 10 al 14% de níquel y entre 2 a 3% de molibdeno.

NOTA.-

El cromo es el elemento más efectivo, para mejorar la resistencia a la oxidación.

El níquel es el elemento mas usado para mejorar la ductibilidad a baja temperatura.

Existen otros materiales que se utilizan para la construcción de recipientes, entre los más importantes están los siguientes, los cuales sólo mencionaremos como referencia. aquellas personas que deseen más información deberán recurrir a libros especializados.

NÍQUEL Y ALEACIONES DE NÍQUEL.

COBRE Y ALEACIONES DE COBRE.

PLOMO Y ALEACIONES DE PLOMO.

ALUMINIO Y ALEACIONES DE ALUMINIO.

TITANIO.

TANTALO.

ZIRCONIO.

PLATA

ORO.

PLATINO.

VIDRIO. CARBONO Y GRAFITO

Antes de proceder con las generalidades del cálculo de recipientes es necesario conocer los valores de los esfuerzos máximos permisibles a la tensión para el acero inoxidable tipo 304.

EN CASO DE QUE SE QUIERA CONSTRUIR EL EQUIPO CON OTRO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN, ES NECESARIO BUSCAR EL ESFUERZO MÁXIMO PERMISIBLE A LA TENSIÓN PARA DICHO MATERIAL.

Estos valores fueron obtenidos del **CÓDIGO ASME**, de la tabla **UHA-23** , los valores están dados para diferentes temperaturas:

TABLA A

**ESFUERZO MÁXIMO PERMISIBLE A TENSIÓN EN KIPS/SQ IN.
PARA ACERO INOXIDABLE TIPO 304.**

Grados Fahrenheit.	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
Esfuerzo máximo permisible.	18.7	17.7	16.6	16.1	15.9	15.9	15.9	15.1	14.6	13.7

A los valores anteriores se les multiplica por 1000 para obtener PSI.

Con la excepción de los reactores tubulares, la gran mayoría de los reactores tienen forma cilíndrica, cabe hacer mención que si fueran esferas tendrían un mayor volumen en relación a su superficie, pero la construcción de un recipiente esférico es mucho más complicada, y mucho más costosa.

Debido a lo anterior el reactor que se pensó en construir tiene forma cilíndrica.

Hay varias clases de esfuerzos que pueden ocurrir en una pared cilíndrica:

a.-) Esfuerzo longitudinal resultante de la presión interna del tanque.

b.-) Esfuerzo circunferencial resultante de la presión interna del tanque.

c.-) Esfuerzo residual de soldadura el cual resulta por un calentamiento localizado.

d-) Esfuerzo resultante por cargas externas como podrían ser viento, hielo, nieve, equipo auxiliar, etc.

c.-) Esfuerzos que resultan por diferencias térmicas.

f.-) Otros.

Las ecuaciones con las cuales podemos calcular el espesor de la pared de un cilindro en base al esfuerzo interno, limitando el análisis a un esfuerzo por presión, son las siguientes.

Para esfuerzos longitudinales :

t = Espesor de la pared. p = Presión interna.
d = Diámetro interno. f = Esfuerzo.
C = Espesor por corrosión. E = Eficiencia por soldadura.

$$t = \frac{p d}{4 f} \quad \text{ec. (1)}$$

Para esfuerzos circunferenciales :

$$t = \frac{p d}{2 f} \quad \text{ec (2)}$$

Si comparamos la ecuación 1 y la ecuación 2 vemos que para los mismos valores de presión , diámetro y esfuerzo, el espesor de la ecuación 1 es la mitad del valor de la ecuación 2.

Por lo cual es la ecuación 2 la que se toma como CONTROLANTE.

Además considerando la eficiencia de la soldadura y el factor de corrosión las ecuaciones 1 y 2 se convierten en:

$$t = \frac{p d}{4 f E} + C \quad \text{ec. (3)}$$

$$t = \frac{p d}{2 f E} + C \quad \text{ec. (4)}$$

La ecuación (4), es la que comunmente se conoce como la ecuación de pared delgada, a la cual hacen referencia varios códigos de recipientes.

El espesor por corrosión C , es un espesor que nosotros damos en función a la corrosión a la cual va estar sometido el tanque y que se añade al espesor calculado.

La eficiencia por soldadura es un valor que siempre es menor a la unidad y su valor lo podemos encontrar en los diferentes códigos, a continuación menciono algunas de ellas.

EFICIENCIAS MÁXIMAS PERMITIDAS PARA JUNTAS SOLDADAS.
(Tomadas del código ASME).

Tipo de Junta.	Limitaciones.	a	b	c	d
Soldado Doble	Ninguna.		no	no	80
Junta de tope					
Soldado Sencillo	Juntas longitudinales no	80	no	no	85
Junta a tope	mayores a 1 1/4 " de espesor		si	no	90
con tira de	Sin limitación de espesor.		si	si	95
respaldo	para juntas circulares.				
Junta a tope sin	Juntas únicamente circulares	70	no	no	70
tira de respaldo	inferiores a 5/8 " de espesor.		no	si	75
Doble completa	Juntas longitudinales inferiores a 3/8 " . Juntas circulares inferiores a 5/8 " de espesor.	65	no	no	65
Junta a traslape			no	si	70
Sencilla completa	Juntas únicamente circulares	60	no	no	60
Junta a traslape	inferiores a 5/8" ; unión de		no	si	65
con soldado de	cabezas inferiores a 24" de diámetro exterior a paredes inferiores a 5/8" de espesor.				
punto					

Junta a traslape sin soldado de punto	Únicamente para uniones de cabezas convexas a la presión a paredes inferiores 5/8" y para unión de cabezas cóncavas a la presión, inferiores a 24" de diámetro externo a paredes inferiores a 1/4" de espesor.	50 no no 50 no si 55
---	---	-------------------------

- (a) Eficiencia básica de la junta.
- (b) Radiografiado.
- (c) Relevado térmico de esfuerzos.
- (d) Eficiencia máxima de la junta. (%).

Como ya se mencionó antes, las condiciones de operación del reactor son presión atmosférica y temperatura ambiente para la mayoría de los procesos; sólo para cremas y jabón la temperatura de operación sería de 65 grados centígrados para la crema y 100 a 110 grados centígrados para el jabón.

Aparte de lo anterior debemos considerar en el cálculo del reactor la presión hidrostática, la cual varía de un máximo en la parte superior del reactor a un mínimo en la parte inferior.

Para calcular la presión hidrostática en función de la densidad del fluido a manejar tenemos la siguiente ecuación:

$$p = \rho \frac{H - 1}{144} \quad \text{ec. (5)}$$

- donde p = presión interna en (lb/ in²)
- H = Altura de la parte inferior del tanque a la parte superior que limite la altura de llenado, en (Ft).
- ρ = Densidad del fluido en (lb/Ft³).

Ahora bien, homogeneizando unidades en la ecuación (4) obtenemos la ecuación (6).

$$t = \frac{p d \cdot 12}{2 f E} + C \quad \text{ec. (6)}$$

Con las ecuaciones 5 y 6 podemos calcular el espesor de pared de un cilindro en función de la presión, la cual a su vez es función de la densidad del material, del diámetro, el esfuerzo máximo permisible para el material de construcción descado, la eficiencia por soldadura y el espesor por corrosión que vamos a permitir que tenga el equipo

Cabe hacer mención que con las ecuaciones 5 y 6 sólo vamos a determinar el espesor de un metal para soportar una presión interna en función de la densidad, estas ecuaciones no consideran los esfuerzos producidos por viento, movimientos sísmicos, nieve, hielo, equipo auxiliar, u otro tipo de carga.

A continuación mencionaré las ecuaciones que se deben utilizar para el cálculo de recipientes a presión.

NOTA IMPORTANTE.

Sin embargo es necesario mencionar que para hacer el cálculo detallado de un recipiente a presión es necesario basarse en el código ASME, yo sólo menciono algunas, NO TODAS las ecuaciones necesarias, y lo hago sólo a manera de mención, para profundizar en este tema sugiero consultar el código ASME.

Para calcular el espesor de la pared del cuerpo de un cilindro sometido a presión interna se utiliza la siguiente ecuación :

Cuando el espesor es menor a $0.5 r_1$ o menor a $0.385SE$.

Para esfuerzo circunferencial.

$$t = \frac{P_d r_1}{SE - 0.6 P_d} \quad \text{ec. (7)}$$

Donde ·

t = espesor (in)

E = Eficiencia por soldadura (Adimensional)

S = Esfuerzo máximo permisible (psi)

P_d = Presión de diseño en (psi)

r_i = Radio interno en (in)

D_i = Diámetro interno en (in)

Para el cálculo del espesor de cabezas hemiesféricas cuando el espesor es menor o igual a $0.356 r_i$.

$$t = \frac{P_d D_i}{4SE - 0.4 P_d} \quad \text{cc. (8)}$$

Para cabezas elípticas con relación de diámetros 2:1

$$t = \frac{P_d D_i}{2SE - 0.2 P_d} \quad \text{ec. (9)}$$

Para cabezas toriesféricas cuando el (r) radio interno del codo u esquina es menor o igual a $0.06r$ donde r es el radio de la cabeza.

$$t = \frac{0.885 P_d r}{SE - 0.1 P_d} \quad \text{ec. (10)}$$

CONSIDERACIONES GENERALES .

PRESIÓN

Antes que nada, debo decir que la presión de diseño es una presión mayor que la presión de operación, y es utilizada para los cálculos del diseño del recipiente. La presión de operación es la presión a la cual opera un recipiente, o la presión máxima a la cual puede llegar a operar el recipiente.

Cuando un recipiente trabaja a una presión de operación superior a la presión atmosférica, se debe considerar que la presión de diseño será igual a la presión de operación más un 10 a 15% de ésta ó 2Kg/cm^2 , utilizándose el valor que sea mayor.

En el supuesto caso de que el líquido calentado genere vapores, la presión de diseño será igual a la presión de vapor máxima que vaya a alcanzar dicho líquido en el proceso, más un 10 a 15%, de ésta.

Cuando el recipiente vaya a trabajar con una presión de operación inferior a la atmosférica, se debe considerar a la presión de diseño como el vacío total.

Cuando el recipiente vaya a trabajar a la presión atmosférica, no se considerara ningún sobrediseño.

TEMPERATURA

Cuando la temperatura de operación del recipiente se encuentre entre los -29 a 350°C , la temperatura de diseño será igual a la temperatura máxima que se pueda alcanzar más 15°C

Para temperaturas de operación menores a los -30°C , la temperatura de diseño será la mínima esperada.

Para temperaturas de operación superiores a los 350°C , la temperatura de diseño será igual a la temperatura de operación.

ESPESOR POR CORROSIÓN.

El espesor por corrosión es un espesor adicional, que se da a la placa con la cual se va a construir el recipiente, sumándose al espesor que fue obtenido en el cálculo del esfuerzo mecánico.

Este espesor por corrosión nos va a servir como el desgaste que puede tener el recipiente durante su vida útil, y al final de su vida útil (por lo general 10 a 20 años), el recipiente todavía tendrá el espesor necesario para soportar la presión con la cual fue diseñado

RELACIÓN L/D (largo/diámetro)

Como regla general, la relación (L/D), de los recipientes de procesos, deben de estar dentro del siguiente rango $1 < D < 5$, y mientras más cerca del punto medio mejor, o sea (3).

C a p í t u l o V

DISEÑO Y CÁLCULOS

En general; para poder diseñar un reactor es necesario primero contestar a varias preguntas. las más importantes, las menciono a continuación:

- 1.- ¿Qué tipo de reactor?
- 2.- ¿Qué tamaño debe tener el reactor, para alcanzar una determinada completación de la reacción química que se piensa llevar a cabo?
- 3.- ¿Qué accesorios debe llevar el reactor para su operación?
- 4.- ¿Cuales son los parámetros de operación requeridos?
- 5.- En el caso de que se vaya a suministrar energía, ¿cómo se va a suministrar al reactor?. ¿hay pérdidas hacia los alrededores? , etc.
- 6.- ¿Cual es el material de construcción?. ¿cómo se determinó?
- 7.- ¿Cual es la potencia del motor necesaria para poder mover la mezcla de reacción y el producto terminado?

Tipo de reactor.

Se pensó que inicialmente el reactor trabajaría por lotes o sea (Batch), pero con los aditamentos para poder trabajarlo a la continua, a la hora de ser necesario.

Por lo general un reactor que va a trabajar por lotes (Batch), está constituido por un tanque generalmente cilíndrico, con una entrada en la parte superior para cargar los reactivos o materias primas, un agitador , para mejorar el contacto entre los reactivos , y una salida en la parte inferior, para la descarga del producto final. Una chaqueta externa o un serpentín interno para suministrarle energía a la mezcla de reacción.

A diferencia de lo anterior el reactor que se pensó construir, debería contar con los aditamentos necesarios para poder trabajarlo a la continua en el caso de que fuese necesario, esto en el caso de que la demanda de los productos fabricados en el reactor aumentara.

Tamaño del reactor.

Esta es la pregunta fundamental para el diseño de un reactor, en torno a esta pregunta gira todo el diseño, a continuación menciono los puntos afectados por el tamaño del reactor.

- 1.- El espesor del material de construcción.
- 2.- El tamaño de los accesorios (entradas, salidas etc.).
- 3.- Tamaño de la chaqueta.
- 4.- Potencia del motor que mueve el agitador interno.
- 5.- Cimentación en el caso de ser necesario.
- 6.- Calibre de los cables de energía eléctrica.
- 7.- Potencia del motor de la bomba de recirculación.
- 8 - Tanques de balance para la alimentación de reactivos al reactor
- 9 - Potencia de la Caldera que va a suministrar el vapor de calentamiento.
- 10.- El costo total del equipo.

Para poder contestar correctamente como se calculó el volumen del reactor, es necesario primero mencionar las consideraciones que tomé en cuenta para el cálculo.

A -) Las reacciones que se van a llevar a cabo en el reactor son reacciones de neutralización.

En el caso de los geles, se trata de la neutralización de un copolímero el cual es el responsable de la formación del gel o de la crema según sea el caso.

En el caso de otro tipo de cremas se trata de la neutralización de un ácido graso libre (ac. esteárico) , que al neutralizarse forma un jabón el cual aumenta la viscosidad de la crema dando la apariencia espesa.

En el caso de detergentes líquidos se trata de la neutralización de un ácido alquil bencen sulfónico.

En el caso de un jabón hecho a partir de ac. esteárico y ac. palmítico , se trata de la neutralización de ácidos grasos libres.

En todas las reacciones anteriores, se trata de reacciones de neutralización en las cuales, la velocidad de reacción es altísima, basta con que los reactivos o materias primas se mezclen lo mejor posible , para que la reacción llegue a su término, por lo general esto es instantáneo ocurre en un plazo de 2 a 3 minutos máximo.

Por lo tanto, al ser la velocidad de reacción muy alta, no es necesario considerarla para el cálculo del volumen del reactor **que va a trabajar en batch**, ya que no nos afecta, debido a que el tiempo de reacción es mínimo.

En el caso que se quisiera trabajar el reactor a la continua para la fabricación de los productos anteriores, lo único que habría que cuidar sería que el tiempo de residencia de la mezcla de reacción nunca fuera menor al tiempo de reacción total, esto es:

Que la mezcla de reacción permaneciera un tiempo mayor en el reactor que el tiempo en que tarda en completarse la reacción (que es de 2 a 3 minutos), con lo cual se aseguraría que el producto a fabricar, (Gel , Crema , Detergente líquido) , estuviera perfectamente neutralizado.

DEBIDO A LO ANTERIOR, NO CONSIDERÉ LA VELOCIDAD DE LA REACCIÓN PARA EL CALCULO DEL VOLUMEN DEL REACTOR.

Para el caso de un jabón hecho a partir de sebo y ac. de coco, se trata de una reacción de saponificación, la velocidad de esta reacción es muy lenta, si la comparamos con las reacciones anteriores de neutralización.

La lógica nos diría que habría que determinar la velocidad de reacción de esta reacción de saponificación para poder determinar el volumen del reactor.

Lo cual se haría en el laboratorio de la siguiente manera :

Tomando una muestra de sebo y una muestra de ac. de coco, mezclándolos según la fórmula dada anteriormente, calentándolos a una temperatura determinada y haciéndolos reaccionar con el cáustico elegido, y cada X tiempo se tomaría una muestra de esta mezcla de reacción y se determinaría el cáustico libre (Por medio de una titulación) y en consecuencia, se vería el progreso de la reacción química, y ya con esto teniendo la conversión de los reactivos contra el tiempo, utilizando una regresión lineal por mínimos cuadrados, podríamos determinar la ecuación que mejor represente estos datos, (esta ec. podría ser lineal, exponencial, logarítmica, o potencial), y ya con ésta se determinaría, la velocidad de la reacción de saponificación, y podríamos determinar el tiempo necesario requerido para alcanzar la conversión deseada.

Y con ésta ec. de velocidad de la reacción, la usaríamos para determinar el volumen del reactor.

PERO, EL GRAN PROBLEMA POR EL CUAL NO SE HACE LO ANTERIOR ES QUE EL SEBO NO ES HOMOGÉNEO ESTO ES PORQUE:

El sebo se obtiene de la recolección de grasa de res, pero cada vaca tuvo una alimentación diferente y en consecuencia el sebo de su cuerpo, tendrá una mezcla de diferentes cantidades de ácidos grasos, luego entonces el sebo de una vaca de Sinaloa, no tendrá la misma cantidad de digamos, ac. esteárico, que el sebo de una vaca de Monterrey.

Y como no sabemos si el sebo que nos surta el proveedor sea exclusivamente de un tipo de ganado específico, lo cual es poco probable.

Entonces, sería una pérdida de tiempo el llevar a cabo en el laboratorio, una reacción de cada lote de sebo suministrado por el proveedor, ya que a lo mejor en la parte superior del tambor en el cual nos surten el sebo, hay sebo de vacas de Sinaloa, pero en medio hay sebo de vacas de Monterrey, entonces, como no hay homogeneidad en esta materia prima al igual que en el Ac. de coco, sería una pérdida de tiempo hacer la reacción en el laboratorio, y además estas pruebas de laboratorio no serían representativas de la materia prima entregada.

DEBIDO A LO ANTERIOR EL JABÓN HECHO A PARTIR DE SEBO Y AC. DE COCO SÓLO LO FABRICARÍAMOS EN BATCH, PARA PODER CONTROLAR BIEN CUANDO LA REACCIÓN LLEGUE A SU TÉRMINO.

Tomando como base las 15 toneladas mensuales de producción total , y considerando 20 días hábiles por mes, se pensó que el reactor a construir debería poder producir 1.5 Toneladas por día, para lo cual se pensó que el volumen del reactor fuera de 500Kgs, para que con esta capacidad se hicieran 3 lotes por día para obtener las 1.5 Toneladas/día y alcanzar la producción de 15 toneladas en 10 días hábiles (2 semanas).

De esta manera quedarían 2 semanas libres al mes, para aumentar la producción o cubrir cualquier eventualidad que se llegara a presentar.

Cabe hacer mención que la suposición de poder fabricar 3 lotes de 500Kgs cada uno por día fue hecha tomando como base el hecho de que la mayoría de los procesos de fabricación, son a temperatura ambiente, por lo cual son muy rápidos, en el caso de detergentes líquidos, shampoos y gel para cabello, el tiempo de fabricación real, es menor a 1 hora por lote, por lo cual de cada uno de estos productos se podrían fabricar 7 lotes, por turno de trabajo de 8 horas, dejando 1 hora como colchón de tiempos muertos, para el caso de la fabricación de jabón a partir de sebo y ac. de coco, esta se haría en BATCH, y se tomarían muestras cada 20 minutos para ver el progreso de la reacción y poder determinar el momento preciso en el cual se alcanza la completación de la reacción.

Inicialmente se pensó en que el tamaño del reactor fuera de 500Lts., como lo mencionamos en el párrafo anterior, desafortunadamente a la hora de ir a ver las placas de acero inoxidable tipo 304, me encontré con el hecho de que las placas se venden en tamaños comerciales que son los siguientes:

Placa de acero inoxidable tipo 304 de 3Ft por 10Ft. o sea 914mm de ancho por 3048mm de largo.

Placa de acero inoxidable tipo 304 de 4Ft por 10Ft. o sea 1219mm de ancho por 3048 mm de largo.

Debido a las limitaciones impuestas por el tamaño comercial de las placas, se decidió ajustar el tamaño del reactor en función de las placas, para no tener que desperdiciar pedazos de placa.

Con esto en mente se procedió a ver cual sería el tamaño (Volumen) máximo que podría tener el reactor, utilizando una placa de 4 Ft por 10 Ft, para la construcción del cuerpo y al mismo tiempo para que de esta misma placa saliera el fondo del reactor

Optimizando la placa de 4Ft por 10Ft, ver (dibujo 1), se encontró que para construir un cilindro (cuerpo del reactor), de un diámetro interno de 68cm, se requeriría una placa de 213.63 cm de largo . la altura del reactor se decidió que fuera de 1.22mts o sea 4 Ft, para que de esta manera quedara ajustada la altura del reactor con el ancho de la placa.

Entonces a la placa de 4 Ft por 10 Ft, se le harían los siguientes cortes:

Un corte de 213.63 cm de largo y el ancho de 122 cm, y nos quedaría un pedazo de placa de 91.17 cm por 122 cm ver (dibujo 2).

Del pedazo de 91.17 cm por 122 cm saldría el fondo cónico del tanque, el cual tendría un diámetro de 68 cm y nos quedaría un pedazo de placa para los rectángulos con los cuales, se construirían los cartabones ver (dibujo 3), que son los que soportarían al reactor.

De la placa de 3 Ft por 10 Ft ver (dibujo 4), se construiría la chaqueta del reactor y la tapa del mismo.

Esta chaqueta es un cilindro más grande que el cuerpo del reactor en 5cm de diámetro. por lo tanto el diámetro interno de la chaqueta sería de 68 cm más 5 cm más 2t (siendo t el espesor de la placa con la que se construirá el cuerpo del reactor)

Como todavía no se ha calculado el espesor de las placas, no podemos dar el valor exacto del diámetro de la chaqueta, sin embargo se considerará el valor de diámetro interno de la chaqueta de 73cm, al final de esta tesis, se darán todos los valores reales de las dimensiones.

Considerando el diámetro de la chaqueta de 73 cm se necesitaría un pedazo de placa de 229.34cm de largo, y la altura de la chaqueta se decidió que fuera de 3 Ft (91 4 cm) . de esta manera quedaría ajustado con el ancho de la placa.

Entonces a la placa de 3 Ft por 10 Ft se le harían los siguientes cortes:

Un corte de 229.34 cm de largo por 91.44 cm de ancho (3 Ft), y nos quedaría un pedazo de 75.46 cm por 91.44 cm, ver (dibujo 5), del primer pedazo saldría el cuerpo de la chaqueta y del segundo pedazo saldría la tapa del reactor, la brida, la mirilla etc.

Cabe mencionar que la altura de la chaqueta se decidió que fuera de 3 Ft en lugar de 4 Ft. debido a que un reactor agitado no se trabaja completamente lleno, ya que al agitar se genera un vórtice y en consecuencia debe contar con un espacio vacío, debido a lo anterior, construir la chaqueta de 4 Ft de altura, sería un desperdicio de placa de acero inoxidable, soldadura, vapor en consecuencia gas y por lo tanto sería un mayor costo del equipo.

Los datos que se utilizarán para el cálculo del espesor del reactor y la chaqueta son los siguientes :

PRESIÓN . -

$$P = \text{Atmosférica} = 1 \text{ Atm.}$$

TEMPERATURA . -

$$T = 25 \text{ }^\circ\text{C} = 77 \text{ }^\circ\text{F} \text{ Temperatura ambiente.}$$

$$T = 70 \text{ }^\circ\text{C} = 158 \text{ }^\circ\text{F} \text{ Temperatura máxima para cremas.}$$

$$T = 100 \text{ }^\circ\text{C} = 212 \text{ }^\circ\text{F} \text{ Temperatura máxima para jabón.}$$

DENSIDAD . -

$\delta = 62.37 \text{ lb/Ft}^3$ Considerando la densidad de los productos a fabricar igual a la densidad del agua.

$\delta = 74.84 \text{ lb/Ft}^3$ Considerando la densidad de los productos a fabricar igual a 1.2 veces la densidad del agua, ésta es una densidad muy alta, ya que los productos a fabricar tienen una densidad mas baja, pero se utilizará este valor, para dar al diseño un margen de seguridad.

ESFUERZOS. -

De la tabla A obtenemos los siguientes valores :

$$f_{10 \text{ }^\circ\text{F}} = 18,700 \text{ psi.}$$

$$f_{158 \text{ }^\circ\text{F}} = 18,200 \text{ psi}$$

$$f_{212 \text{ }^\circ\text{F}} = 17,700 \text{ psi}$$

NOTA IMPORTANTE . -

Para el cálculo de tanques. se considera el esfuerzo de trabajo máximo permisible, una tercera parte del esfuerzo máximo permisible a la tensión , en otras palabras se emplea un factor de seguridad de tres, recomendado en algunos libros, para las cargas estructurales estáticas del acero.

En el cálculo que voy a realizar a continuación, voy a utilizar este factor de seguridad de tres y además, como este reactor va a tener agitación interna, voy a emplear una eficiencia en la soldadura del 50% , para tener así otro factor de seguridad.

Además de lo anterior voy a especificar un factor por corrosión entre 0.1 a 0.5mm

Aunque el reactor no va a trabajar presurizado, voy a usar una presión de 1 Kg/cm² y de 1.5 Kg/cm² en un segundo y tercer cálculo, para determinar el espesor que se requiere a cualquiera de estas presiones, por si en un futuro se requiriera trabajar el reactor ligeramente presurizado.

PRIMER CALCULO. -

$$d = 68 \text{ cm} \approx 2.23 \text{ Ft} \quad r_i = 34 \text{ cm} = 13.3858 \text{ in}$$

$$\delta = 74.84 \text{ lb / Ft}^3$$

$$T = \text{Temperatura} = 100 \text{ }^\circ\text{C} = 212 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$P = \text{Presión atmosférica} = 1 \text{ Atm} = 14.7 \text{ Psi.}$$

$$f_{212 \text{ }^\circ\text{F}} = 17.700 \text{ Psi.}$$

Utilizando un factor de seguridad de 3 en el esfuerzo máximo permisible tenemos que :

$$f = \frac{17.700 \text{ Psi}}{3} = 5,900 \text{ Psi.}$$

$$f = 5.900 \text{ Psi}$$

$$E = 0.5$$

$$H = 4 \text{ Ft}$$

El volumen del cuerpo del reactor con un diámetro de 68 cm y una altura de 1.22mts es el siguiente :

$$V = \Pi * r^2 * H = \Pi * (68/2)^2 * 122\text{cm} = 443,065.1\text{cm}^3$$

$$V = 443.065 \text{ Lts.}$$

Este volumen de 443.065 Lts es un 11.4% menor que el volumen que inicialmente se tenía pensado (500Lts), pero hacerlo de 500 Lts, implicaría la compra de otra placa, y en consecuencia más gasto, por lo cual consideramos suficiente este volumen.

$L / D = 122\text{cm} / 68 \text{ cm} = 1.7941$ Aunque este valor de L/D no es el óptimo, lo considero satisfactorio por alejarse un poco de la L/D óptima que es (3).

Sustituyendo los valores anteriores en la Ec. 5 tenemos que :

$$p = \delta \frac{H - 1}{144}$$

$$p = 74.84 * \frac{4 \text{ Ft} - 1}{144} = 1.5592 \text{ lb/in}^2$$

Sustituyendo este valor de presión en la Ec. 6

$$t = \frac{p*d*12}{2 f E} + C = \frac{1.5592\text{lb/in}^2 * 2.23 \text{ Ft} * 12 \text{ in/1Ft}}{2 (5,900 \text{ Psi }) (0.5)} = 0.0071 \text{ in} + C$$

$$t = 0.0071\text{in} = 0.0180 \text{ cm} = 0.180 \text{ mm}$$

$$t = 0.180\text{mm} + C$$

Este espesor es el calculado con la ecuación de pared delgada, y es el espesor requerido por el tanque para trabajar a presión atmosférica.

SEGUNDO CALCULO. -

Ahora voy a calcular el espesor del reactor utilizando la Ec. 7 y suponiendo que va a trabajar a una presión de $1 \text{ Kg/cm}^2 = 14.2233 \text{ Lb/in}^2$, esto es para el caso en que se quisiera, trabajar el reactor ligeramente presurizado.

$$t = \frac{P_d * r_i}{SE - 0.6P_d} = \frac{14.2233\text{Psi} * 13.3858\text{in}}{5.900\text{Psi} (0.5) - 0.6 (14.2233\text{Psi})} =$$

$$t = \frac{190.3908}{2941.466} = 0.0647\text{in}$$

$$t = 0.0647\text{in} = 0.1643\text{cm} = 1.643\text{mm}$$

TERCER CALCULO . -

Aunque la Ec 6 sólo se usa para el cálculo del espesor (t) de tanques que trabajan a presión atmosférica, la voy a usar para darme una idea del espesor requerido, en comparación al resultado obtenido por la ecuación 7 en el segundo cálculo.

$$t = \frac{p * d * 12}{2 f E} = \frac{14.2233 * 2.23 * 12}{2 (5,900) (0.5)} =$$

$$t = \frac{380.6155}{5.900} = 0.0645\text{in}$$

$$t = 0.0645\text{in} = 0.1639\text{in} = 1.639\text{mm}$$

Comparando el resultado de la Ec. 7 del segundo cálculo , con el resultado de la Ec. 6 del tercer cálculo, se observa que son prácticamente iguales. Pero en un sentido estricto, para el cálculo del espesor de pared de un tanque presurizado, se debe usar la Ec. 7.

CUARTO CALCULO . -

Ahora voy a calcular el espesor utilizando la Ec. 7 y suponiendo que va a trabajar a 1.5 Kg/cm² de presión.

$$P_d = 1.5 \text{ Kg/cm}^2 = 21.3350 \text{ Psi}$$

$$t = \frac{P_d * r_1}{SE - 0.6P_d} = \frac{21.3350\text{Psi} * 13.3858\text{in}}{5,900\text{Psi} (0.5) - 0.6 (21.3350\text{Psi})} =$$

$$t = \frac{285\ 5860}{2937.1990} = 0.0972\text{in}$$

$$t = 0.0972\text{in} = 0.2470\text{cm} = 2.47\text{mm}$$

Como se puede ver de los cálculos anteriores , para resistir una presión de 1.5 Kg/cm² = 21.3350 Psi , se necesita un espesor de placa de 2.47mm para acero inoxidable tipo 304.

Y para resistir una presión de 1 Kg/cm² = 14.2233 Lb/in² , se necesita un espesor de placa de 1.643mm para acero inoxidable tipo 304.

Redondeando cada uno de los valores anteriores al espesor comercial superior más próximo, tenemos que:

Placa Calibre 12 tiene un espesor de 2.656mm = 0.1046 in.

Placa Calibre 14 tiene un espesor de 1.897mm = 0.0747in.

Por lo anterior se concluye que se utilizará una placa de Acero inoxidable tipo 304 de 4 Ft por 10 Ft en calibre 12 para el cuerpo del reactor , y una placa de Acero inoxidable tipo 304 de 3 Ft por 10 Ft en calibre 14 , para la construcción de la chaqueta.

Con este espesor de placas se podrá trabajar el reactor a una presión de 1Kg/cm^2 y la chaqueta se podrá trabajar con vapor a 1Kg/cm^2 de presión.

Sin embargo es necesario mencionar , que las condiciones de operación de los productos a fabricar, son a **PRESIÓN ATMOSFÉRICA**, y este sobrediseño es sólo por si acaso, en algún futuro, se requiriera presurizar ligeramente el equipo (1Kg/cm^2).

Finalmente concluimos que el diámetro interno del reactor será de 68cm.

En consecuencia el volumen del cuerpo del reactor será de 443.065 Lts.

El Volumen del cono inferior será de $V = 1/3 (\pi * r^2 * H)$ donde $H = 17.5\text{cm}$
y $r = 34\text{cm}$

Volumen del cono = 21.18 Lts.

Volumen total = 464.245 Lts.

El diámetro interno de la chaqueta será de $68\text{cm} + 5\text{cm} + 2 t = 73\text{cm} + 2 (0.2656\text{cm}) = 73.5312\text{cm}$

Este diámetro de 73.53cm de la chaqueta va a permitir que haya un espacio entre el cuerpo del reactor y el cuerpo de la chaqueta de 2 5cm, que es donde entrará el vapor.

La altura del cuerpo del reactor = 1.22mts

La altura de la chaqueta = 91.44cm

Accesorios.

Hecho lo anterior. se pensó que el reactor debería contar con lo siguiente:

- 1.-) 2 Entradas de 3/4'' en la parte lateral superior del cuerpo del tanque , para alimentación de reactivos.
- 2.-) 1 Entrada de 2'' en la parte lateral superior del cuerpo del tanque, para recirculación del producto en caso de ser necesario.
- 3.-) 1 Entrada de 3/4'' en la parte lateral del cuerpo del tanque , para poner un termómetro.
- 4.-) En el cono inferior 3 entradas de 3/4'' para entrada, salida de vapor, toma de muestras, una entrada de 1/4 '' para purga de la chaqueta del cono.
1 entrada de 2 '' para la salida de producto del reactor.
- 5.-) 4 Entradas de 3/4'' en la parte lateral de la chaqueta para (Entrada de vapor, salida de vapor, válvula de seguridad y purga de la chaqueta del cuerpo del reactor

6.-) En la tapa superior, 2 entradas de 3 / 4 “ una de ellas para agregar aditivos líquidos al reactor, la otra para conectarla a un compresor en caso de requerirse presurizarlo. una entrada de 2 “ para lo que se ofrezca, y una mirilla con tapa movable para ver y/o agregar polvos si se requiriera.
Una chumacera para centrar y fijar la flecha del agitador.

Parámetros de operación.-

Los parámetros de operación del reactor son los siguientes:

- 1.- Todos los procesos son a presión atmosférica.
- 2.- La temperatura de operación de la mayoría de los procesos es a temperatura ambiente. solo el jabón tiene una temperatura de fabricación entre los 70 a 110 grados centígrados como máximo.
En el caso de algunas cremas la temperatura de fabricación alcanza los 70 grados centígrados como máximo.
- 3.- Como ya se vio en paginas anteriores, el proceso de manufactura de cada uno de los productos que se piensa fabricar, son sencillos y a temperatura ambiente, con excepción del jabón hecho a partir de sebo y aceite de coco, que requiere de más tiempo y calentamiento.

Suministro de energía. -

Se va a suministrar energía por medio de un evaporador vertical no conozco su potencia, supongo que es de 2 CV y se suministrará vapor saturado a 92 grados centígrados.

Inicialmente no se piensa aislar la chaqueta del reactor porque como ya se mencionó anteriormente, la mayoría de los procesos son a temperatura ambiente, en el caso de que se empezara a aumentar fuertemente la demanda de algún producto cuyo proceso es en caliente, entonces se procedería a aislarlo con 1 a 2 pulgadas de lana de vidrio, y se le pondría un forro de lámina muy delgada de aluminio.

Potencia del motor. -

Para el cálculo de la potencia del motor se utilizó la Ec (1) y la figura (p) que están en la pag 1225 del Perry Chemical Engineers Handbook 3ª edición, y que son las siguientes :

$$P = c L^3 s N^3 D^{1.1} W^{0.3} H^{0.6} \text{ Ecuación 1.}$$

P = Potencia en HP.

c = Coeficiente de potencia adimensional.

D = Diámetro del recipiente o tanque en Ft.

H = Altura del líquido en Ft.

L = Longitud en Ft, de la paleta o álabe.

N = Velocidad en R.P.S de la paleta o álabe.

s = Densidad del líquido en Lb/Ft^3

W = Ancho en Ft de la paleta o álabe.

Z = Viscosidad absoluta en $Lb /Ft*seg$.

En el apéndice B del CRANE Flow of fluids pagina B-3 tenemos que $1cp = 6.72$
(10^{-1}) $Lb /Ft*seg$

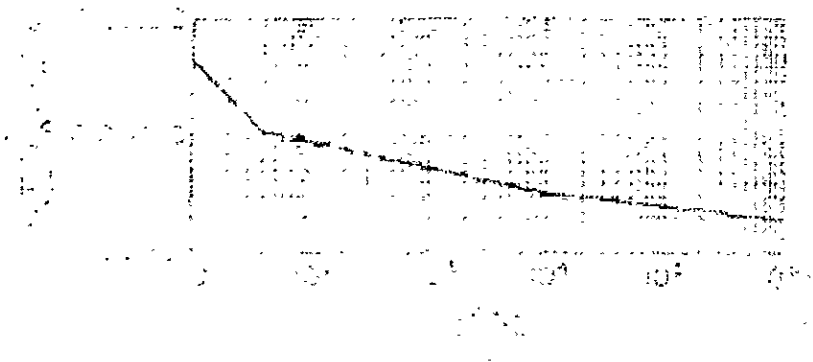


FIGURA P

En la figura P se representa en el eje X , un número de Reynolds modificado,
 $L^2 N s / Z$.

En la figura P se representa en el eje Y , un coeficiente de potencia.

$$c = \frac{P}{L^3 s N^3 D^{11} W^{0.3} H^{0.6}}$$

D A T O S.

P = Potencia en HP.

c = Coeficiente de potencia adimensional.

D = Diámetro del recipiente = 2.2310 Ft.

H = Altura del líquido = 3.4449 ft = 105 cm

L = Longitud en Ft, de la paleta o álabe = 3.1168 ft = 95 cm

N = Velocidad en R.P.S de la paleta o álabe = 1.5 r.p.s.

s = Densidad del líquido = 62.37 Lb/Ft³ Y 74.84 Lb/Ft³

W = Ancho en Ft de la paleta o álabe = 0.9167 Ft.

Z = Viscosidad absoluta = Lb /Ft*seg.

Z = 30,000.00 cps * 6.72 (10⁻⁴) = 20.16 Lb /Ft*seg

NOTA IMPORTANTE.-

Es necesario mencionar que la ecuación del Perry que se va a utilizar es para agitadores de paletas esto es que tienen, la forma de una solera, el reactor tiene tubos de ½ in de diámetro, yo considere este diámetro como el ancho de las soleras y los sume, esto es: 6 tubos de ½ in = 3 in de ancho además sume el ancho de las soleras verticales que es de 3 in C/U esto me da 2 por 3 in = 6 in más las 3 in de los tubos = 9 in

Cabe hacer mención que las soleras están soldadas a 30 grados por lo cual el área de contacto no corresponde al ancho en in , pero para fines prácticos lo consideraré así, además a las 9 in le sumé el diámetro de la flecha que es de 1 ½ in y el espesor de las soleras horizontales (superior e inferior) que es de 1/4in cada una.

Lo cual me da 9 in + 1 ½ in + 2*(1/4 in) = 11 in. = 0.9167 Ft.

PRIMER CÁLCULO.

Considerando la densidad del producto = 62.37 Lb/Ft³, y sustituyendo en el número de Reynolds modificado, tenemos que :

$$L^2Ns / Z = \frac{9.7144 * 1.5 * 62.37}{20.16} = 45.0811$$

Con el valor anterior voy a la figura P y veo que al valor de 45.0811 le corresponde un valor de $c = 0.00010$

sustituyendo estos valores en la ecuación 1 del Perry obtengo :

$$P = 0.00010 * 30.2779 * 62.37 * 3.3750 * 2.4174 * 0.9742 * 2.1004 =$$

$$P = 3.1526 \text{ HP}$$

SEGUNDO CÁLCULO.

Considerando la densidad del producto = 74.8440 Lb/Ft³, y sustituyendo en el número de Reynolds modificado, tenemos que :

$$L^2Ns / Z = \frac{9.7144 * 1.5 * 74.8440}{20.16} = 54.0971$$

Con el valor anterior voy a la figura P y veo que al valor de 54.0971 le corresponde un valor de $c = 0.000095$

sustituyendo estos valores en la ecuación 1 del Perry obtengo :

$$P = 0.000095 * 30.2779 * 74.8440 * 3.3750 * 2.4174 * 0.9742 * 2.1004 =$$

$$P = 3.594006 \text{ HP}$$

De los resultados anteriores se concluye, que la potencia del motor que va a mover el agitador debe estar entre 3.15 HP y 3.59 HP.

Se decidió comprar un motor de 5 HP con 90 RPM de salida, con lo cual va a quedar el motor sobrado, dándonos un factor de seguridad en la capacidad del motor, por si a futuro se requiere mezclar en el reactor producto con viscosidad o densidad más altas.

PUESTA EN OPERACIÓN DEL REACTOR

A continuación se menciona de manera muy breve la puesta en operación del equipo. se hace de una manera solamente ILUSTRATIVA.

Ya construido el reactor se procedió a fabricar un lote de 400 Kgs de crema, en frío, de 30.000 cps de viscosidad, para lo cual se conectó con 2 bombas centrífugas una de ½ Hp y la otra de ¼ Hp en serie, un tanque de 200Kgs en el cual se va a dispersar el copolímero, dicho tanque tiene un agitador de 5Hp a 1750 RPM . con 2 propelas.

Primero se dispersó el copolímero en una parte del agua, después se arrancó el motor del reactor, hecho esto se conectaron las bombas y se alimentó el reactor, mientras esto ocurría se agregaron los demás ingredientes de la fase acuosa, utilizando una de las entradas de la tapa del reactor, al acabar de hacer esto se agregó al reactor, la fase oleosa previamente pesada y mezclada.

Para terminar se agregó el conservador (fase C), y por último se agregó el neutralizante (fase D), se permitió un tiempo de mezclado de 5 minutos y un tiempo de reacción (neutralización) de 5 minutos, se checó el Ph y se procedió a descargar el equipo, para envasarlo.

Tiempo para pesar ingredientes, aproximadamente 10 minutos.

Tiempo de dispersión de los copolímeros en agua, mediante el uso de un tanque externo que consta de un agitador con 2 propelas que giran a 1750 RPM. aproximadamente 5 minutos.

Tiempo para cargar el reactor, aproximadamente 10 minutos.

Tiempo de reacción (neutralización) , aproximadamente 5 minutos.

Tiempo de mezclado y homogeneización. en el reactor , aproximadamente 5 min.

Tiempo de descarga del reactor, aproximadamente 5 minutos.

TIEMPO TOTAL.- 40 minutos. aprox.

A continuación se presentará un diagrama de flujo, para el desarrollo de un programa de computación.

Cabe hacer mención que se deberán leer cuidadosamente los capítulos anteriores, para poder entender dicho diagrama correctamente.

El programador deberá decidir qué lenguaje de programación utilizará, así como qué tipo de bases de datos creará. o si en algún momento decidirá, si algunos pasos en dicho programa conviniera hacerlos en memoria temporal.

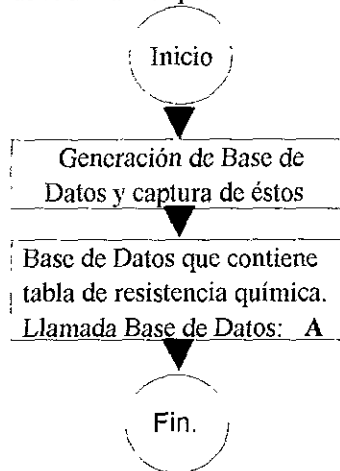
Todas estas decisiones se dejan a criterio del programador, ya que esta tesis es una guía para el diseño de reactores, en base a los planteamientos mencionados en los 5 primeros capítulos de esta tesis.

ELABORACIÓN DE DIAGRAMA DE FLUJO, PARA EL DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE COMPUTACIÓN.

Tomando como base los capítulos anteriores de esta Tesis, se procederá a la elaboración de un Diagrama de Flujo, que sirva como base para que un programador pueda desarrollar un Programa de Computación, para agilizar el diseño de reactores.

Lo primero que tiene que hacer un programador, es crear una base de datos, en la cual se va a almacenar una tabla de resistencia química, se sugiere utilizar la tabla del libro *Process and Pollution Control Equipment, Pumps and Pumping Operations* de : NICHOLAS P. CHEREMISINOFF and PAUL N. CHEREMISINOFF.

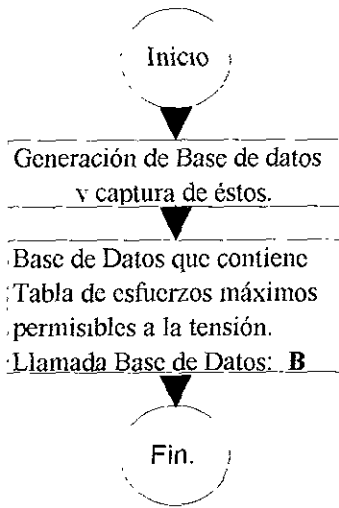
Esta tabla está muy completa y contiene los materiales de construcción más usados, y las materias primas más comunes a muchos procesos



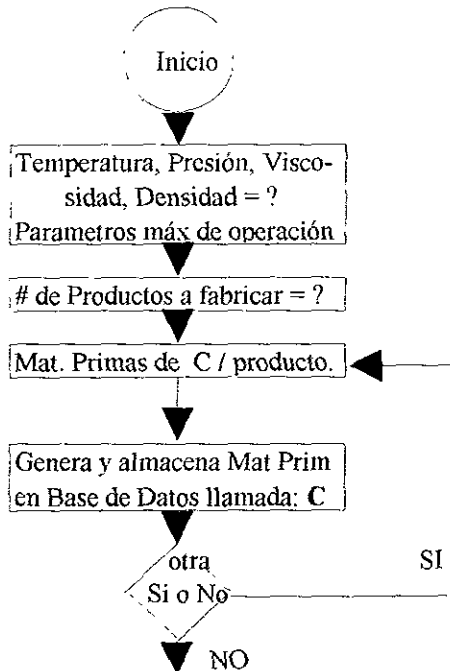
Hecho lo anterior se genera una base de datos, que contenga el esfuerzo máximo permisible a la tensión, para diferentes temperaturas, para los diferentes tipos de materiales de construcción. (Ver Tabla A. Pag 42 de esta tesis).

NOTA IMPORTANTE.

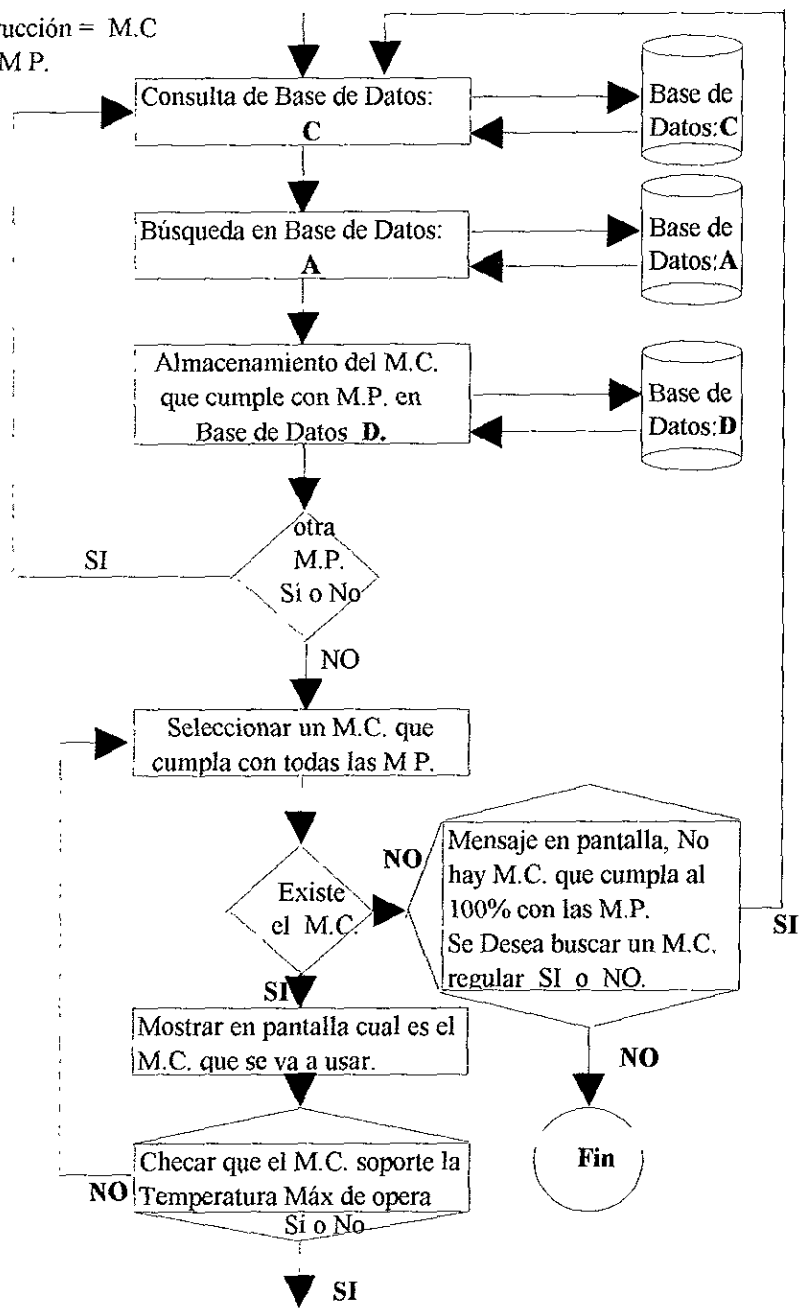
Cabe hacer mención que esta tabla deberá ser tomada del código ASME Sección VIII. Pero también es necesario mencionar que se puede omitir la creación de dicha tabla, (Esfuerzo Máximo permisible), y entonces se deberá a la hora de hacer el programa, solicitar al usuario que consulte la tabla manualmente, y que alimente al programa con el valor numérico solicitado.

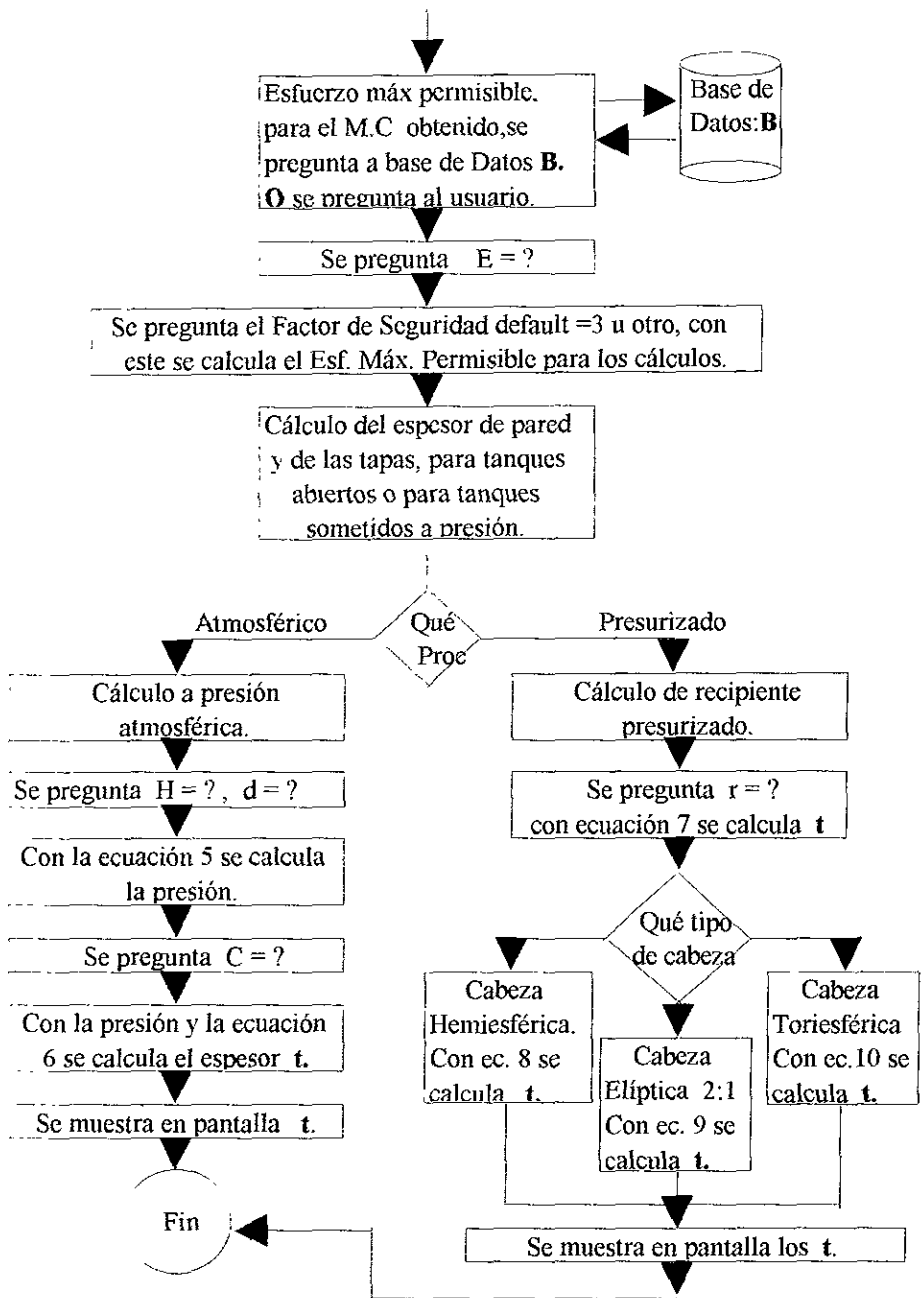


Ya teniendo una o dos Bases de Datos según sea el caso, se procederá a la elaboración del diagrama de flujo, con el cual un programador podrá desarrollar un programa de computación para el diseño de reactores de este tipo.



Material de construcción = M.C
 Materia Prima. = M.P.





Capítulo VI

RESULTADOS Y CONCLUSIONES.

Resultados. -

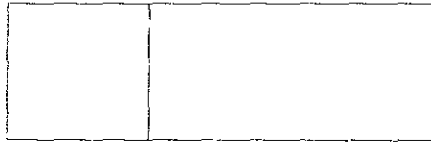
Para la construcción del reactor se va a necesitar :

El dibujo 1 es una placa de Acero inoxidable tipo 304 en calibre 12 (2.656mm), de 4 Ft por 10 Ft, esto es de 121.9 cm de Ancho por 304.8 cm de Largo.



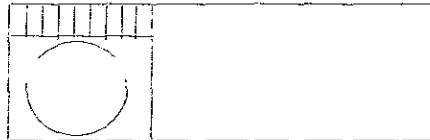
DIBUJO 1

El dibujo 2 es la misma placa de acero inoxidable, en la cual se muestran el corte a 213.63 cm de largo por 121.9 cm de ancho, para el cuerpo del reactor, y nos queda un pedazo más pequeño de 91.17 cm de ancho por 121.9 cm de largo.



DIBUJO 2

En el dibujo 3 vemos la placa de acero con el corte para el cuerpo del reactor y del pedazo de 91.17 cm de ancho por 121.9 va a salir el fondo cónico del tanque, el cual va a tener un diámetro de 68 cm, y nos queda un pedazo de placa para los rectángulos con los cuales se construirán los cartabones.



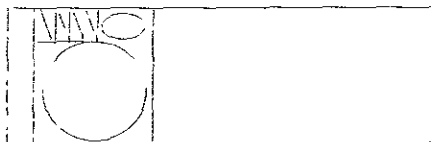
DIBUJO 3

En el dibujo 4 podemos ver la placa de Acero inoxidable tipo 304 en calibre 14 (1.897mm) de 3 Ft por 10 Ft esto es 91.4 cm de ancho por 304.8 cm de largo.



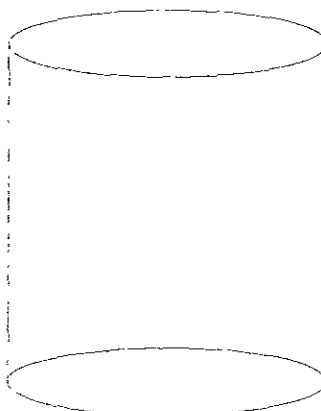
DIBUJO 4

En el dibujo 5 podemos ver la placa de 3 Ft por 10 Ft con un corte a los 231 cm de largo por 91.4 cm de ancho, del cual saldrá el cuerpo de la chaqueta, quedando un pedazo de placa de 73.8 cm de ancho por 91.4 cm de largo y de este pedazo saldrá la tapa del reactor , la brida, la mirilla etc.



DIBUJO 5

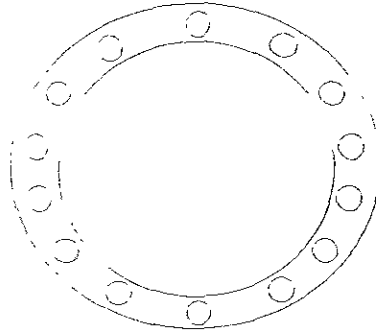
En el dibujo 6 podemos ver el cuerpo del reactor de 121.9 cm de alto con un diámetro interno de 68 cm.



DIBUJO 6

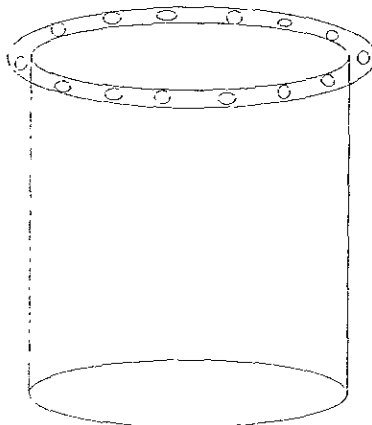
En el dibujo 7 podemos ver la brida que va a ir soldada a la tapa del tanque, y otra brida igual soldada al cuerpo del tanque, estas bridas tienen un ancho de $1\frac{1}{2}$ in de ancho, y se van a sujetar entre sí con tornillos.

El espesor de la brida que está soldada al cuerpo del tanque es de $\frac{3}{8}$ in de espesor y la brida que va soldada a la tapa superior es de $\frac{3}{16}$ in de espesor.



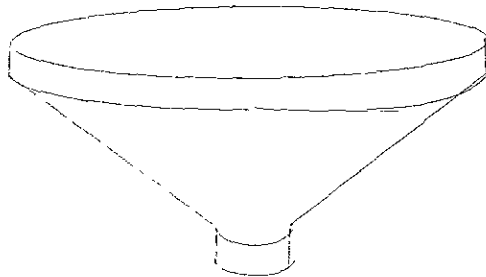
DIBUJO 7

En el dibujo 8 vemos el cuerpo del reactor con su brida soldada.



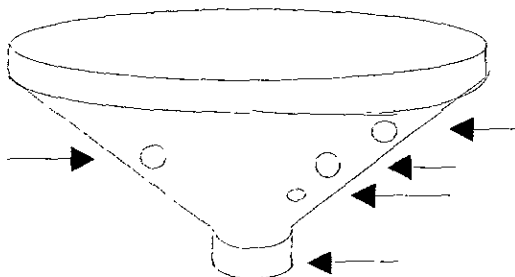
DIBUJO 8

En el dibujo 9 se observa el fondo cónico del reactor que tiene un diámetro interno de 68cm y una altura de 17.5cm.



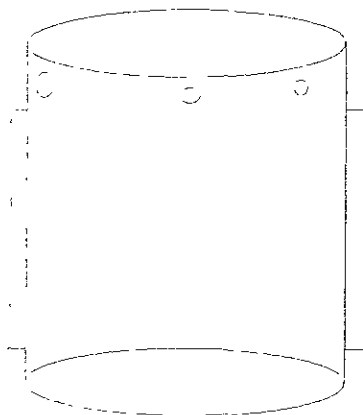
DIBUJO 9

En el dibujo 10 se observa el fondo cónico del reactor con 3 entradas de $\frac{3}{4}$ in para entrada de vapor, salida de vapor, y toma de muestras. Una entrada de $\frac{1}{4}$ in para purga de la chaqueta del cono, y una entrada de 2 in para la salida del producto terminado del reactor.



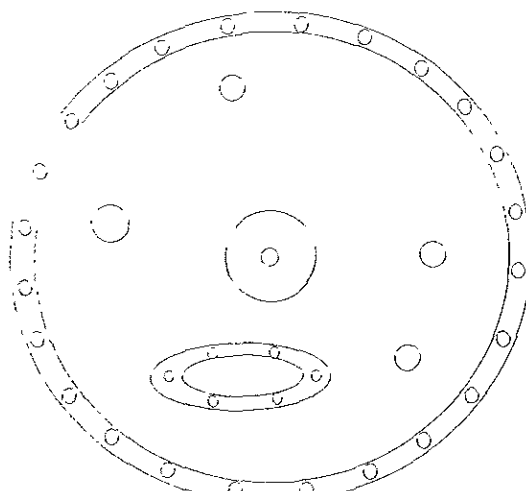
DIBUJO 10

En el dibujo 11 podemos ver el cuerpo del reactor con 2 entradas de $\frac{3}{4}$ in, para alimentación de los reactivos al reactor y una entrada de 2 in, para la recirculación del producto. También podemos ver la chaqueta de 91.44 cm de alto.



DIBUJO 11

El dibujo 12 es la representación de la tapa del reactor que cuenta con una mirilla la cual tiene forma elíptica y que tiene un diámetro mayor de 20 cm y un diámetro menor de 10 cm. cuenta con 2 entradas de $\frac{3}{4}$ in. a la derecha , para alimentación de aditivos (Líquidos en pequeñas cantidades), una entrada de 2 in. a la izquierda para lo que se ofrezca, una entrada de $\frac{1}{2}$ in. en la parte superior izquierda para alimentar aire de un compresor por si se requiere, también podemos observar la brida soldada a la tapa del reactor.

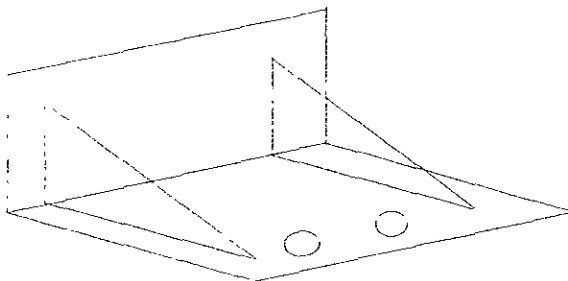


DIBUJO 12

El dibujo 13 es la representación de un cartabón, el cual va a ir soldado al cuerpo de la chaqueta a 90 grados cada uno con respecto al otro, esto es van a ser 4 cartabones y en estos se sostendrá el reactor contra el soporte que veremos en el siguiente dibujo (Dibujo 14).

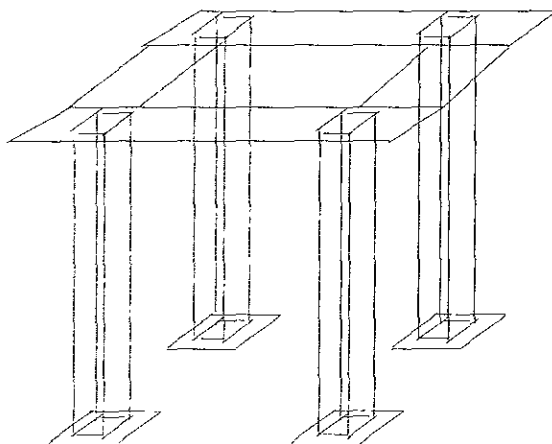
El rectángulo vertical del cartabón mide 20 cm de ancho por 12.5 cm de altura, y tiene un espesor de 2.656 mm, o sea es de calibre 12.

El rectángulo horizontal del cartabón mide 20 cm de largo por 12 cm de ancho, y tiene un espesor de 1.897mm, o sea es de calibre 14.



DIBUJO 13

El dibujo 14 es la representación del soporte que, valga la redundancia, va a soportar al reactor y en el cual descansarán los cuatro cartabones que están soldados a la chaqueta.



DIBUJO 14

El dibujo 15 es la representación del agitador interno del reactor, este agitador tiene 2 soleras horizontales, (superior e inferior), de 3 in de ancho y de 66 cm de largo con un espesor de $\frac{1}{4}$ in

Cuenta además con 6 tubos de 95 cm de alto y de $\frac{1}{2}$ in de diámetro, soldados contra la solera superior e inferior, se puso tubo en lugar de barra maciza, ya que al estar el tubo hueco pesa menos y en consecuencia cuesta menos.

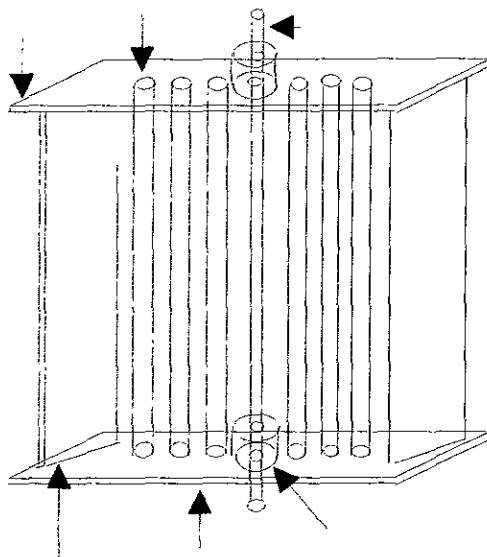
La flecha central es de 1 $\frac{1}{2}$ in de diámetro y está si es barra maciza.

También cuenta con 2 soleras verticales en los extremos de 3 in de ancho $\frac{1}{4}$ in de espesor, 95 cm de largo y soldadas a 30 grados con respecto a la pared del reactor, esto es para provocar un mejor mezclado.

La flecha central pasa a través de 2 bujes que están soldados a la solera superior e inferior y cada uno de estos bujes tiene 2 tornillos pasados con lo cual al apretarlos se fija al agitador a la flecha.

Esta flecha sale a través de la tapa y pasa a través de una chumacera, para finalmente conectarse con un cople al motor que va a mover al agitador.

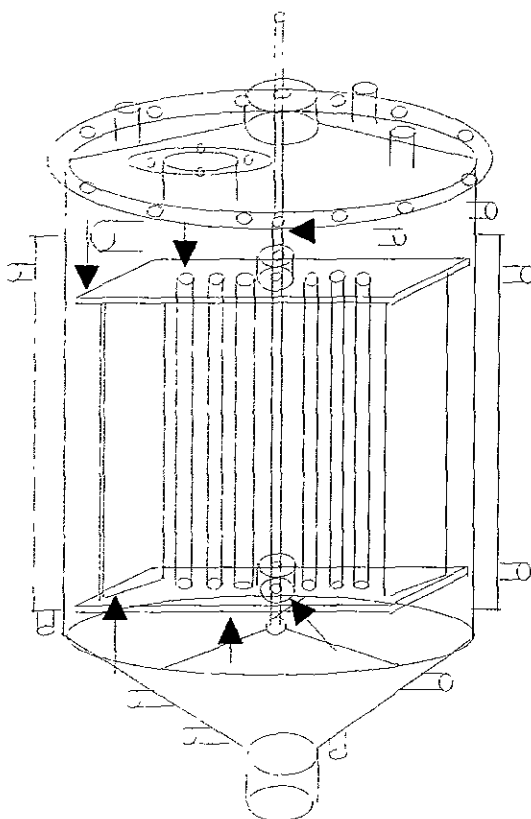
Nota todo el agitador esta construido con Acero inoxidable tipo 304.



DIBUJO 15

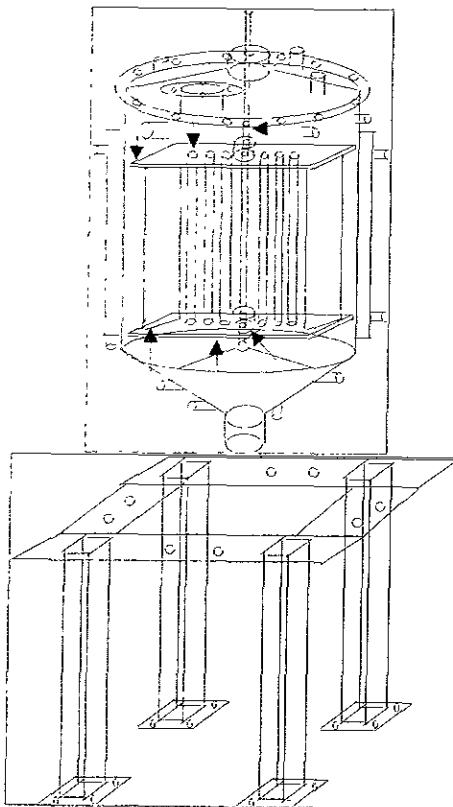
El dibujo 16 es la representación del reactor completo, en donde se ven todas sus partes incluyendo 4 entradas de $\frac{3}{4}$ in para entrada y salida de vapor, purga de chaqueta y para una válvula de seguridad, por si es necesario presurizar.

Además podemos observar que en la parte interna inferior del cuerpo del reactor hay 3 soleras soldadas al cuerpo del reactor, y en su otro extremo soldadas a un buje central a través del cual va a pasar la flecha del agitador, para sujetar el agitador en la parte inferior y dirigirlo, en la parte central de este buje hay otro buje pero de Nylon para evitar el desgaste por fricción causado por la flecha de acero inoxidable del agitador.



DIBUJO 16

El dibujo 17 es la representación del reactor y de su soporte como quedará finalmente.



DIBUJO 17

CONCLUSIONES.

La construcción de este reactor permitió el ahorro significativo en mano de obra y tiempo de fabricación, tal y como se describe a continuación .

1.- Se logró aumentar la producción , ya que se disminuyeron los tiempos de fabricación. Además. 2 ó 3 personas pueden manejar este reactor y producir los productos

Antes. este mismo número de personas podía fabricar 80 kgs de un producto (crema en frío) en 1 Hora; con el reactor, este mismo número de personas puede fabricar 400 Kgs de este mismo producto en tan sólo 40 minutos, lo cual implica un aumento del 650%.

2.- Como consecuencia de lo anterior se lograron bajar los costos en mano de obra. tal y como se describe a continuación :

Si los trabajadores perciben 1.5 salarios mínimos C/U esto es $1.5 * \$34.00 = \51.00 pesos/día.

Entonces $\$51.00 / 8\text{Hrs} = \6.375 pesos/ Hr.

Con el equipo anterior, 3 trabajadores producen 160 Kgs en 2Hrs de trabajo y su costo es el siguiente:

3 trabajadores por 2 Hrs = 6 Hrs ; $6 \text{ Hrs} * \$6.375 \text{ pesos} / \text{Hr} = \$ 38.25$ pesos para fabricar 160 Kgs de crema , en consecuencia el costo de mano de obra por kilo de crema es de:

$\$ 38.25 \text{ pesos} / 160 \text{ Kgs} = 0.2391$ pesos. Esto es, 24 centavos de peso por kilo de crema.

Con el reactor propuesto en dos horas se producen 3 lotes de crema de 400 Kgs C/U esto es. 1200 Kgs de crema.

3 trabajadores por 2 Hrs = 6 Hrs ; $6 \text{ Hrs} * \$6.375 \text{ pesos} / \text{Hr} = \$ 38.25$ pesos para fabricar 1200 Kgs de crema , en consecuencia el costo de mano de obra por kilo de crema es de:

$\$ 38.25 \text{ pesos} / 1200 \text{ Kgs} = 0.0319$ pesos. Esto es, 3.19 centavos de peso por kilo de crema

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

3.- Este reactor puede ser operado, si fuese necesario, en un proceso continuo, para lo cual se instalarían bombas dosificadoras para la alimentación de las materias primas (reactivos) y los dispositivos necesarios para la descarga de productos.

Además como el agitador no es fijo, sino desmontable, esto permitirá poner otro tipo de agitador para algún otro producto.

4 - Al haber construido el reactor sobrediseñado , va a permitir en un futuro presurizar ligeramente el reactor y en consecuencia poder fabricar otros productos.

5.- Utilizando el diagrama de flujo presentado, un programador podrá desarrollar un programa de computación, que permita agilizar el diseño de reactores.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Perry John H.
Chemical Engineers' Handbook.
McGraw-Hill Book Company 3 Edition.
- 2 - Crane.
Flow of Fluids Through Valves, Fittings, and Pipe
Crane Co. 300 Park Avenue New York.
- 3 - Nicholas P. Cheremisinoff and Paul N. Cheremisinoff.
Heat Transfer Equipment.
P T R Prentice Hall. 1993
- 4 - Nicholas P. Cheremisinoff and Paul N. Cheremisinoff.
Pumps and Pumping Operations.
P T R Prentice Hall. 1993
- 5.- ASME Code. Section VIII, Division 1.
American Society of Mechanical Engineers.
- 6.- Dennis R. Moss.
Pressure Vessel Design Manual.
Gulf Publishing Company. 1991
- 7.- J. M. Smith
Chemical Engineering Kinetics.
McGraw-Hill Book Company 3 Edition.
- 8.- A S Davidsohn & B Milwidsky
Synthetic Detergents seven edition.
Longman Scientific and Technical.
- 9.- Ralph G. Harry
Modern Cosmeticology.
Leonard Hill : London 1968
- 10.- Sagarin
Cosmetics Science and Technology.
Interscience Publishers, John Wiley & Sons 1966
- 11.- McCabe and Smith
Unit Operations of Chemical Engineering.
McGraw-Hill Book Company 1956.