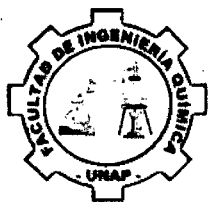


T
660
N51
2013



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONÍA PERUANA
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA



"DISEÑO-CONSTRUCCIÓN E INSTALACION DE TANQUE AGITADOR"

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO QUÍMICO.

PRESENTADO POR LOS BACHILLERES

SEGUNDO ZÓSIMO NEYRA NAVARRO.

JONATHAN ALBERTO TRIGOSO SAAVEDRA.

NANCY SALVITH SANTA MARÍA LOMAS

; 3154

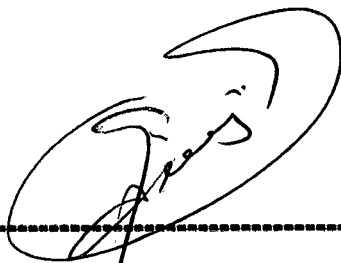
ASESOR

ING. ÓSCAR ALBERTO VÁSQUEZ GIL

IQUITOS-PERÚ.

2013

REVISADO Y APROBADO POR:



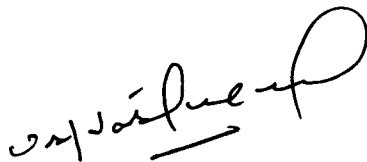
Ing. Gustavo Adolfo Malca Salas
Presidente



Ing. Víctor García Pérez
Miembro



Ing. Jorge Cornejo Orbe
Miembro



Ing. Oscar Alberto Vásquez Gil
Asesor

DEDICATORIA

A DIOS

Por ser mi guía todos los días, y por permitirme llegar hasta este momento,
donde cumplo una meta más en mi vida.

A mis padres SAÚL y NELLI

Que con su paciencia y profundo amor me ayudaron a llegar a esta meta. Mi
más grande amor y respeto para ellos.

A mis abuelos ZÓSIMO y DOLORES

Que contribuyeron mucho en mi formación profesional y que son mi
inspiración.

A mis hermanos **JUAN CARLOS** y **SAÚL**, que con su apoyo en todo momento,
me guiaron por el buen camino.

A mi compañera de todos los días, CINTHIA

Que supo entenderme y ayudarme en los momentos difíciles.

Segundo Zósimo Neyra Navarro

DEDICATORIA

A DIOS por haber estado siempre ahí cuando lo necesite.

A mi madre ROSA SAAVEDRA SAAVEDRA,

La razón de mi superación,

La razón de mi fortaleza,

La razón de seguir triunfando,

A ella mi profundo amor.

A mi padre JOSE TRIGOSO TAFUR, que partió a una vida mejor
El que me dio su fortaleza, visión y sabiduría en los duros caminos de la
vida..... Te amo querido padre.

A mis hermanos MARTIN y DIANA,

Que con su apoyo en todo momento,

Guiaron por el buen sendero.

A mi enamorada... PAOLA.

Jonathan Alberto Trigoso Saavedra

DEDICATORIA

Dedico esta tesis con amor, a DIOS, a mis padres por darme la vida, a mi hijo que es el motor de mi vida para seguir adelante, a mis abuelitos paternos y maternos por el amor y cariño que hasta ahora me brindan, a mi esposo por apoyarme en las decisiones que tomo para seguir adelante y a todas las personas que confiaron en mí.

Nancy Salvith Santa María Lomas

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Oscar Alberto Vásquez Gil y al Ing. Carlos Enrique Ríos Del Águila por el aporte de sus conocimientos y la paciencia brindada en todas las consultas que se los realizaron.

Al Ing. Oscar Vásquez Ribeiro, por proporcionarnos los equipos de medición para los análisis de las muestras.

A nuestro compañero, Jonathan Junior Babilonia Rodríguez, por su apoyo en la realización de los diseños de los planos.

A todas las personas que apoyaron de una u otra forma en la realización de esta tesis.

ÍNDICE

ANTECEDENTES

INTRODUCCIÓN

OBJETIVOS

JUSTIFICACIÓN

MATERIALES, MÉTODOS O ESTRUCTURA

CAPÍTULO I : MARCO TEÓRICO	01
1.1 Definiciones sobre Agitación	01
1.1.1 Tipos de agitadores	04
1.1.2 Tipos de flujos en tanques agitados	04
1.1.3 Finalidades de la agitación	05
1.1.4 Prevención de remolinos	05
1.1.5 Ecuación de diseño	06
1.1.6 Nomenclatura	08
1.1.7 Ecuaciones general de balance de materia	09
1.1.8 °Bx	10
1.1.9 Jarabe Simple	10
1.2 Variables y aplicaciones más importantes de la operación	10
1.2.1 Viscosidad del líquido	10
1.2.2 Temperatura	10
1.2.3 Velocidad	10
1.2.4 Tiempo de agitación	10
1.3 Descripción del equipo	11
1.4 Parámetros para el diseño y construcción del equipo	11
1.4.1 Tiempo de operación	11
1.4.2 Diámetro del tanque	11
1.4.3 Material usado en la construcción del equipo	12
1.4.4 Características física de la solución a tratar	12
1.4.5 Dimensiones del agitador	12
1.4.6 Potencia consumida en la agitación	12

1.4.7	Área	14
1.4.8	Dimensiones del equipo	14
CAPÍTULO II: CONDICIONES Y CÁLCULOS DE DISEÑO		15
2.1	Condiciones para el diseño	15
2.2	Cálculos efectuados para el diseño	15
2.2.1	Cálculo del diámetro del tanque	15
2.2.2	Cálculo del volumen parte cilíndrica	16
2.2.3	Cálculo del volumen parte cónica	16
2.2.4	Cálculo del volumen total del tanque	17
2.2.5	Cálculo de espesor de plancha	17
2.2.6	Calcula de potencia	18
CAPÍTULO III: CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DEL EQUIPO		20
3.1	Materiales empleados	20
3.2	Descripción y especificaciones de los componentes del equipo	20
3.3	Ensamblaje y despiece	23
3.4	Vistas principales del equipo instalado y servicios auxiliares	29
3.5	Disposición adecuada del equipo en el laboratorio	30
CAPÍTULO IV: EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL DE EQUIPOS		31
4.1	Descripción del funcionamiento del equipo	31
4.2	Ensayos y pruebas de funcionamiento del equipo	31
4.3	Cálculo y análisis de los resultados obtenidos	32
4.4	Determinación de las condiciones óptimas de funcionamiento del equipo	33
4.5	Otros usos y aplicaciones del equipo	33
4.6	Manual de instrucciones para el funcionamiento y mantenimiento del equipo	34
4.7	Posibilidad de automatizar	34
4.8	Aspectos de seguridad e higiene industrial	34

CAPÍTULO V	: ANÁLISIS DE COSTO	35
5.1	Costos de diseño	35
5.2	Costos de construcción e instalación	35
5.3	Costos de ensayos y pruebas de funcionamiento	36
5.4	Costos de material	36
5.5	Otros costos	37
5.6	Costo total	37
CAPÍTULO VI	: RESULTADOS	38
CAPÍTULO VII	: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	40
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		41
ANEXOS		42

ANTECEDENTES

Uno de los descubrimientos de las Operaciones Unitarias que realizó el hombre de manera natural y que hoy en día se aplica en el campo de la Ingeniería fue la agitación. Este descubrimiento se llevó a cabo a raíz de una necesidad (mezclar sus alimentos, hacer pociones, etc.) en primera instancia utilizaban sus dedos como agitador y con el pasar del tiempo se perfeccionaron (trozos de ramas, palos, varillas, paletas, etc.)

Campos A (1995), realizó un estudio de diseño y construcción de un tanque agitador para la obtención de colorantes de bebidas gasificadas, a nivel de tesis de Pre-grado en la facultad de Ingeniería Química (Universidad Nacional de Mixteca-México), donde se determinó el material adecuado para la elaboración del jarabe.

Bolaños G. (1997), realizó la determinación de la eficiencia del tiempo de agitación del jarabe terminado como producto para la preparación de las bebidas gasificadas en la Universidad Nacional Autónoma De México.

La ciudad de Iquitos y la Región Loreto en general no presenta evidencias de trabajos relacionados a diseño de Tanque Agitador. Pero sin embargo existen empresas que dentro de su proceso de producción utilizan un tanque agitador como son:

Neyra N. (2011), informe de Practica Pre-profesional realizado en Ajeper del Oriente S.A. Tanque agitador para la elaboración de jarabe simple y jarabe terminado.

Díaz P. (2011), informe de Practica Pre-profesional realizado en Lymasac S.A.C. Tanque agitador la obtención de Urea-Formaldehido.

INTRODUCCIÓN

Una de las operaciones más comunes y antiguas utilizadas en el campo de la Ingeniería Química es la agitación

La agitación es una Operación Unitaria, que consiste en producir movimientos irregulares, turbulentos, en un fluido por medio de dispositivos mecánicos que actúan sobre el mismo. La agitación encuentra amplia aplicación industrial para acelerar ciertas operaciones como la extracción, el mezclado, la absorción, la transferencia calorífica, etc. Aunque la agitación puede estudiarse al tratar cada una de las operaciones a la que se aplica, por ser común a todas ellas puede considerarse, en sí misma, como una operación básica.

A través de esta Operación se puede crear movimientos violentos e irregulares en el seno de una materia fluida. Si la materia que recibe los movimientos violentos e irregulares es una sustancia única, decimos que se trata de una agitación.

En un sentido mecánico, un agitador puede requerirse para efectuar una de varias operaciones. Puede necesitarse para dispersar un soluto miscible, igualmente a través de una masa, por ejemplo la solución de un sólido soluble en un líquido. En este caso, el agitador debe impartir movimiento suficiente al líquido para mantener una concentración de fuerza directora entre la interface sólida y el resto de la solución.

También puede requerirse un agitador para producir y mantener una pasta con un sólido, que de otra forma se asentaría en caso de no existir el movimiento, por ejemplo en el almacenamiento de ciertas tintas delgadas y pinturas. Por otra parte, puede necesitarse un agitador para ayudar a comprimir una torta sólida.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Diseñar, construir e instalar un tanque agitador en el Laboratorio de Operaciones y Procesos Unitarios de la Facultad de Ingeniería Química – UNAP.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los parámetros del diseño de equipo.
- Seleccionar los materiales adecuados para la construcción del equipo.
- Construir el equipo e instalarlo.
- Determinar y optimizar los parámetros de operación de equipo
- Evaluar el equipo estableciendo y determinado las condiciones óptimas de funcionamiento.

JUSTIFICACIÓN

El alto crecimiento de empresas de producción de rubros diversos (gaseosera, cervecera, panadera, productos de limpieza e insumos, etc.) requieren de equipos de agitación rentables, eficientes y amigables con el medio ambiente. Esto es un problema común en estos tiempo y con el presente trabajo se buscara obtener una agitación eficiente y utilizando el consumo necesario de energía.

El presente trabajo se basará en el Diseño y Construcción de un Tanque Agitador cuyos parámetros de diseño podrán ser analizados en los presentes cursos de Ingeniería (Operaciones Unitarias, Transferencia de Masa, etc.)

Con la realización de este trabajo estaremos contribuyendo al desarrollo de nuevas tecnologías y sobre todo en la implementación como herramienta de investigación del Laboratorio de Operaciones y Procesos Unitarios de la Facultad de Ingeniería Química-UNAP.

MATERIALES, MÉTODOS O ESTRUCTURA

MÉTODO:

El método a emplearse se basará en el procedimiento establecido para el Diseño y Construcción de Equipos de Laboratorio practicado por la Escuela de Formación Profesional de la Facultad de Ingeniería Química que para el caso particular de la operación unitaria de agitación se resume en:

- **Determinación de los parámetros que se aplicara al momento de la construcción del equipo, se podrá medir parámetros de tiempo de agitado, variable fundamental en esta clase de procesos productivos.**
- **Selección de los materiales previos a la construcción del equipo.**
- **Después de determinar los parámetros y seleccionar los materiales pasamos a la construcción del equipo.**
- **Evaluación del equipo estableciendo y determinado las condiciones óptimas de funcionamiento, ya que los insumos a mezclarse y ser agitado en el equipo, vendrá a constituir la variable dependiente, dado que las características físicas dependerán del producto a elaborar.**

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

1.1. Definiciones sobre agitación

La agitación consiste en producir movimientos irregulares, turbulentos, en un fluido por medio de dispositivos electro mecánicos que actúan sobre el mismo. La agitación encuentra amplia aplicación industrial para acelerar ciertas operaciones como la extracción, el mezclado, la absorción, la transferencia calorífica, decantación etc. Aunque la agitación puede estudiarse al tratar cada una de las operaciones a la que se aplica, por ser común a todas ellas puede considerarse, en sí misma, como una operación básica.

1.1.1. Tipos de Agitadores

De acuerdo con lo expresado por (McCabe, Smith, año 1993), los agitadores se dividen en dos clases:

- Los que generan corrientes paralelas al eje del impulsor que se denominan impulsores de flujo axial.
- Los que generan corrientes en dirección radial tangencial que se llaman impulsores de flujo radial.

Son muy diversos y los más usados son los del tipo "rotatorio" que consta de un órgano giratorio llamado rodete, que entra en movimiento impulsado por un eje exterior. Pueden clasificarse en:

- **Muy revolucionados:** Que pueden ser de hélice, de turbina, de paleta, de cono y de disco.
- **Poco revolucionados:** Que pueden ser de paletas y de anclas.

Los tres tipos principales de agitadores son, de hélice, de paletas, y de turbina. A continuación se describen brevemente:

A. Agitadores de Hélices

Un agitador de hélice, es un agitador de flujo axial, que opera con velocidad elevada y se emplea para líquidos pocos viscosos. Las corrientes de flujo, que parten del agitador, se mueven a través del líquido en una dirección determinada hasta que son desviadas por el

fondo o las paredes del tanque. La columna de remolinos de líquido de elevada turbulencia, que parte del agitador, arrastra en su movimiento al líquido estancado, generando un efecto considerablemente mayor que el que se obtendría mediante una columna equivalente creada por una boquilla estacionaria.

Las palas de la hélice cortan o friccionan vigorosamente el líquido. Debido a la persistencia de las corrientes de flujo, los agitadores de hélice son eficaces para tanques de gran tamaño. En tanques de gran altura, pueden disponerse dos o más hélices sobre el mismo eje, moviendo el líquido generalmente en la misma dirección. A veces dos agitadores operan en sentido opuesto creando una zona de elevada turbulencia en el espacio comprendido entre ellos.

B. Agitadores de Paletas

Para problemas sencillos, un agitador eficaz está formado por una paleta plana o helicoidal, que gira sobre un eje vertical. Son corrientes los agitadores formados por dos y tres paletas. Las paletas giran a velocidades bajas, altas o moderadas en el centro del tanque, impulsando al líquido radial y tangencialmente, sin que exista movimiento vertical respecto del agitador, a menos que las paletas estén inclinadas. Las corrientes de líquido que se originan se dirigen hacia la pared del tanque y después siguen hacia arriba o hacia abajo. Las paletas también pueden adaptarse a la forma del fondo del tanque, de tal manera que en su movimiento rascan la superficie o pasan sobre ella con una holgura muy pequeña.

C. Agitadores de Turbina

La mayor parte de ellos se asemejan a agitadores de múltiples y cortas paletas, que giran con velocidades elevadas sobre un eje que va montado centralmente dentro del tanque. Las paletas pueden ser rectas o curvas, inclinadas o verticales. El rodete puede ser abierto, semicerrado o cerrado.

Los agitadores de turbina son eficaces para un amplio intervalo de viscosidades; en líquidos poco viscosos, producen corrientes

intensas, que se extienden por todo el tanque y destruyen las masas de líquido estancado. En las proximidades del rodete existe una zona de corrientes rápidas, de alta turbulencia e intensos esfuerzos cortantes. Las corrientes principales son radiales y tangenciales. Las componentes tangenciales dan lugar a vórtices y torbellinos, que se deben evitar por medio de placas deflectoras o un anillo difusor, con el fin de que el rodete sea más eficaz.

En la figura 1.1 y 1.2, se representa algunos de los numerosos diseños de turbina. La mayoría de ellos recuerdan a los agitadores con numerosas palas cortas, que giran a altas velocidades sobre un eje montado centralmente en el tanque.

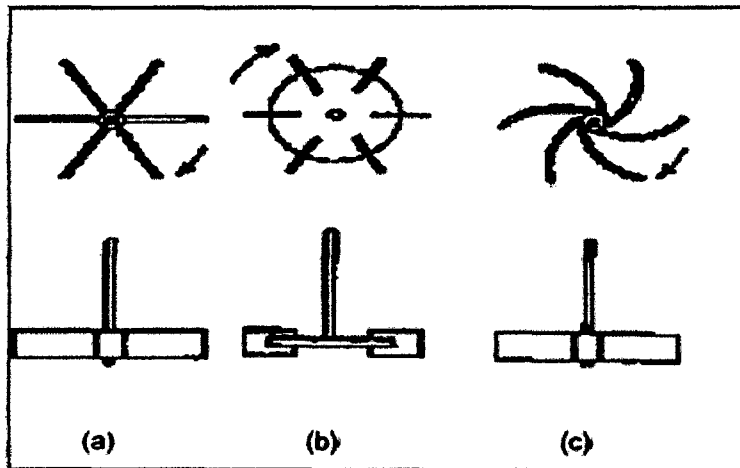


Figura 1.1. Rodetes de Mezcla: (a) turbina abierta de palas rectas; (b) turbina de disco con palas; (c) turbina abierta de palas curvas. Fuente: (McCabe, Smith, año 1993)

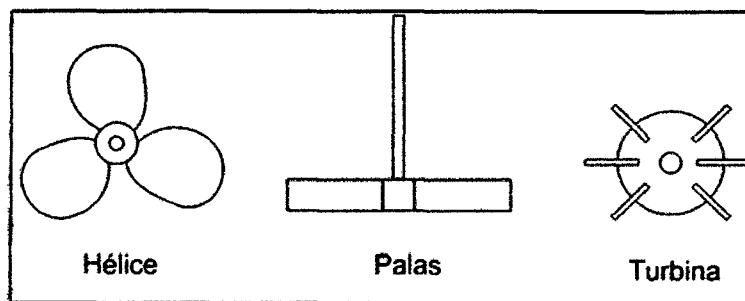


Figura 1.2. Principales tipos de agitadores Fuente: (McCabe, Smith, año 1993)

1.1.2. Tipos de flujos en tanques agitados

El tipo de flujo que se produce en un tanque agitado, depende del tipo de rodete, de las características del fluido, tamaño y proporciones del tanque, placas deflectoras y agitador. La velocidad del fluido en un punto del tanque tiene tres componentes y el tipo de flujo global en el mismo, depende de las variaciones de estas tres componentes de la velocidad, de un punto a otro.

La primera componente de velocidad es radial y actúa en dirección perpendicular al eje del rodete. La segunda es longitudinal y actúa en dirección paralela al eje. La tercera es tangencial o rotacional, y actúa en dirección tangencial a la trayectoria circular descrita por el rodete.

Para el caso corriente de un eje vertical, las componentes radial y tangencial están en un plano horizontal y la componente longitudinal es vertical. Las componentes radial y longitudinal son útiles porque dan lugar al flujo necesario para que se produzca la mezcla. Cuando el eje es vertical y está dispuesto en el centro del tanque, la componente tangencial de velocidad es generalmente perjudicial para la mezcla. El flujo tangencial sigue una trayectoria circular alrededor del eje y crea un vórtice en la superficie del líquido que debido a la circulación en flujo laminar, da lugar a una estratificación permanente en diferentes niveles, de sustancias sin mezclar, sin que exista flujo longitudinal de un nivel a otro.

En un tanque sin placas deflectoras, el flujo circulatorio es inducido por todos los tipos de rodete, tanto si el flujo es axial como radial. Si los remolinos son intensos, el tipo de flujo dentro del tanque es esencialmente el mismo, independientemente del diseño del rodete. Para velocidades de giro del rodete elevadas, la profundidad del vórtice puede ser tan grande que llegue al rodete mismo, dando lugar a que en el líquido se introduzca el gas que está encima de él, lo cual normalmente debe evitarse.

1.1.3. Finalidades de la Agitación

En las industrias químicas de procesos y en otras semejantes, muchas operaciones dependen en alto grado de la agitación y mezclado eficaz de los fluidos. Por lo general, la agitación se refiere a forzar un fluido por medios mecánicos para que adquiera un movimiento circulatorio en el interior del recipiente. El mezclado implica partir de dos fases individuales, tales como un fluido y un sólido pulverizado o dos fluidos, y lograr que ambas fases se distribuyan al azar entre sí.

Existen varios objetivos en la agitación y algunos de ellos son:

- Mezcla de dos líquidos miscibles, tales como alcohol y agua.
- Disolución de sólidos en líquido, tales como agua y azúcar.
- Dispersión de un gas en un líquido en forma de burbujas pequeñas, como en el caso del oxígeno del aire en una suspensión de microorganismos para la fermentación, o para el proceso de activación de lodos en el tratamiento de aguas de desperdicio.
- Suspensión de partículas sólidas finas en un líquido, tal como en la hidrogenación catalítica de un líquido, donde las partículas del catalizador sólido y las burbujas del hidrógeno se dispersan en un líquido. (Geankopolis C.J, año 1988).

1.1.4. Prevención de los remolinos

Los remolinos se pueden prevenir de la siguiente manera:

- Instalando placas deflectoras. Estas son placas verticales perpendiculares a la pared del tanque. En tanques pequeños son suficientes 4 placas deflectoras, para evitar remolinos y formación de vórtice. Si el eje del agitador está desplazado del centro o inclinado, no se necesitan placas deflectoras.
- Instalando dispositivos. Dispositivos que ayuden a regular la velocidad del motor, de tal manera que no produzcan remolinos al momento de la agitación.

Cuando no se presentan remolinos, el tipo de flujo específico depende del tipo de rodete:

- Los agitadores de hélice impulsan el líquido hacia el fondo del tanque, desde donde la corriente se extiende subiendo por las paredes y retornando hacia la hélice. Se emplean cuando se desean intensas corrientes verticales, por ejemplo para mantener en suspensión partículas sólidas pesadas. No se emplean cuando la viscosidad del líquido es superior a los 5.000 centipoises.
- Los agitadores de paletas producen un flujo radial intenso en el plano próximo a las palas, pero prácticamente no dan lugar a corrientes verticales.
- Los agitadores de turbina impulsan al líquido radialmente contra las paredes laterales del tanque, desde donde la corriente se divide, una parte fluye hacia arriba y otra parte hacia el fondo, retornando ambas al rodete. Por lo que producen dos corrientes de circulación separadas. Dan excelentes resultados en la mezcla de líquidos que tienen aproximadamente la misma densidad relativa. (McCabe, Smith, año 1993)

1.1.5. Ecuaciones de diseño

En el diseño de un tanque agitado es de gran importancia la correcta elección de diferentes variables como lo son:

- El tipo de agitador a emplear.
- Su localización.
- La geometría y proporciones del tanque.
- El número y dimensiones de las placas deflectoras.
- La velocidad apropiada del agitador.

Algunas fórmulas que se aplican para el diseño de un tanque agitado:

Volumen de Cilindro

$$V = 3.1416(r^2)(h) = 0.7854(d^2)(h) \quad (1.1)$$

Volumen de Cono

$$V = \frac{3.1416(r^2)(h)}{3} = 1.0472(r^2)(h) = 0.2618(d^2)(h) \quad (1.2)$$

Espesor de Plancha

$$t = \frac{2,6D(H-1)G}{E(\sigma_{\text{máximo admisible del material}})} + C.A. \quad (1.3)$$

Techado Cónico

$$t = \frac{D}{400 \text{sen } \theta} \quad (1.4)$$

Diámetro y Área del Cilindro

$$Z_c = \pi D_c \quad (1.5)$$

$$A = \frac{\pi}{4} D^2 \quad (1.6)$$

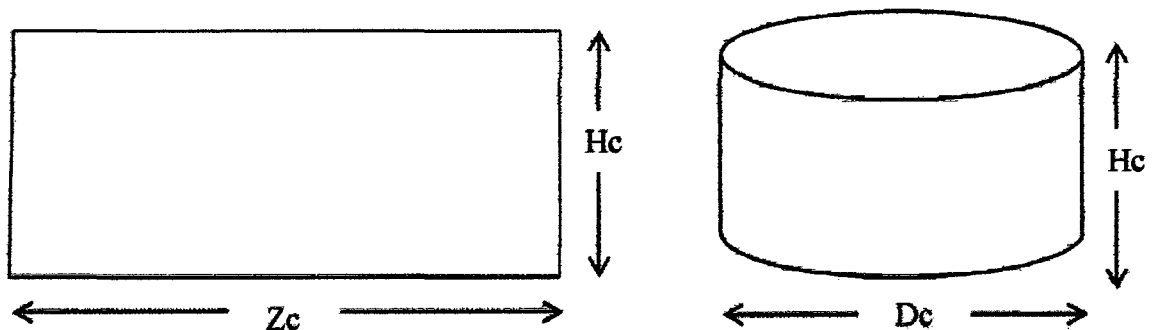


Figura 1.3. Dimensiones de la plancha de inox para el cilindro.

Fuente: Elaboración propia

1.1.6. Nomenclatura

En la siguiente figura se presenta esquemáticamente la nomenclatura empleada en las ecuaciones del presente trabajo.

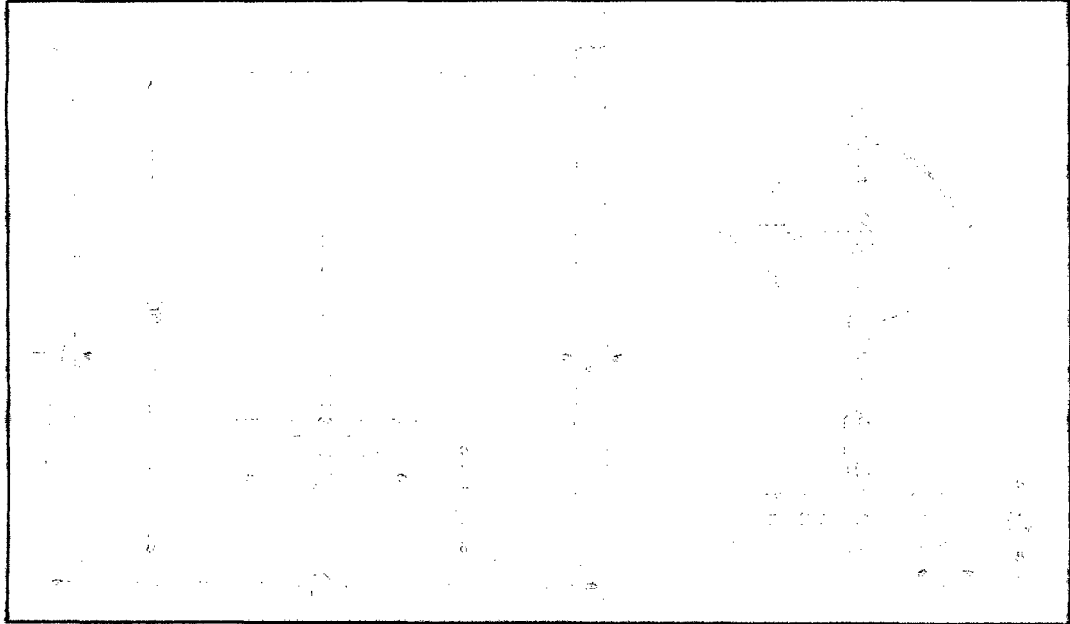


Figura1.4. Factores de forma para el diseño de tanques agitados

Fuente: (Geankopolis C.J, año 1988)

Donde:

Da = Diámetro del agitador

Dt = Diámetro del tanque

E = Altura del rodete sobre el fondo del tanque

L = Longitud de las palas del rodete

W = Anchura de las palas

J = Anchura de las placas deflectoras

H = Altura del líquido

N = Velocidad de giro

(McCabe, Smith, año 1993)

1.1.7. Ecuación General de Balance De Materia

Supongamos que un componente tanto en la corriente de alimentación como de salida de una unidad de proceso continua, y que en un esfuerzo para determinar si la unidad está funcionando tal como se pensó al diseñarla, se miden los flujos máxicos de ambas corrientes, hallándose que no son las mismas.

Existen sólo cuatro aplicaciones posibles para justificar la diferencia observada entre los flujos medidos:

1. La unidad pierde al componente por alguna otra parte.
2. Se está generando como producto dentro de la unidad.
3. Se está acumulando el componente dentro de la unidad, posiblemente al absorberse sobre las paredes.
4. Las mediciones contienen errores.

Si las mediciones son correctas no hay fugas, las otras posibilidades de generación o y acumulación dentro de la unidad de proceso son las únicas explicaciones posibles que justifican la diferencia entre los flujos de entrada y salida.

Cuando en una unidad de proceso el flujo de entrada es igual al flujo de salida, esto indica que los términos de acumulación, generación y consumo son cero.

Se puede expresar un balance (o inventario) de un material en un sistema (una única unidad de proceso, varias unidades, o un proceso entero) en términos de la masa, volumen o moles, mediante la siguiente forma general que se menciona a continuación:

$$\begin{array}{ccccccc} \text{Entrada} & + & \text{Generación} & = & \text{Salida} & + & \text{Consumo} & + & \text{Acumulación} \\ \text{(Entra a través de} & & \text{(Producto dentro del} & & \text{(Sale a través de los} & & \text{(Consumido dentro} & & \text{(Acumulado a} \\ \text{los límites del} & & \text{sistema)} & & \text{límites del sistema)} & & \text{del sistema)} & & \text{través de los} \\ \text{sistema)} & & & & & & & & \text{límites del sistema)} \end{array}$$

Esta ecuación de balance puede formularse para cualquier material que entra o abandona cualquier sistema de proceso: puede aplicarse a la masa total del contenido del sistema o a cualquier especie atómica molecular involucrada en el proceso.

1.1.8. °Bx

Son los sólidos solubles expresados como porcentaje p/p de sacarosa pura en agua (g azúcar/100 ml de solución). Los sólidos solubles de un jarabe simple, jarabe Final, bebida y jugos son determinados mediante su densidad relacionada por un hidrómetro con la escala de °Brix u otro instrumento densimétrico, o través de su índice de refracción corregido por un refractómetro.

1.1.9. Jarabe Simple

Es una solución de edulcorante (s) nutritivo(s) en agua tratada después del filtrado y antes de la adición de concentrado o Bases para Bebida. La solución puede prepararse de sacarosa granulada, sacarosa líquida, jarabe derivado del Almidón de Alta fructosa (HFSS-42 o HFSS-55), azúcar invertido o una mezcla de estos edulcorantes. (The Coca Cola Company – Industrial Iquitos)

1.2. Variables y aplicaciones más importantes de la operación

1.2.1. Viscosidad del líquido

A números de Reynolds bajos ($Re < 10$) dominan las fuerzas viscosas y el flujo es laminar, la densidad deja de ser un factor importante.

1.2.2. Temperatura

La operación que se llevara a cabo, se realizara a temperatura ambiente.

1.2.3. Velocidad

La velocidad de la agitación será fundamental para determinar el tiempo de mezclado, en el cual se obtendrá el °Bx ideal.

1.2.4. Tiempo de agitación

Esta variable estará determinada por la velocidad que se empleara al momento de la agitación, el mismo que será determinado en los ensayos de prueba.

1.3. Descripción del equipo

El equipo presentado en la siguiente tesis consta de las siguientes características:

Forma cilíndrica –cónica:

Tanque agitador cilíndrico vertical, construido en acero inoxidable calidad AISI 304-2B, cuya parte superior esta semiabierta, adjunta a una tolva para una mejor adición de la muestra y prevista de un motor monofásico de 2 Hp, el cual funcionara con una intensidad de corriente de 220V AC. Esta acoplada al motor un eje sólido de acero, la que a su vez esta provista una paleta para agitación de líquido.

El fondo tiene forma cónica, esto con el fin de eliminar zonas muertas a la acción del agitador, también es muy esencial esta parte del diseño para la descarga completa del producto. La parte cónica, esta provista de un niple con llave manual la que servirá de descarga del producto.

(Elaboración propia)

1.4. Parámetros para el diseño y construcción del equipo

Para diseñar el equipo se tuvo en cuenta la aplicación que realizará, siendo este: *Elaboración de Jarabe Simple*

1.4.1. Tiempo de Operación

El tiempo de operación es un factor importante para el diseño y construcción del equipo, debido a que dicho equipo servirá como módulo de ensayo y enseñanza a pequeña escala, y teniendo en cuenta los cálculos que se han realizado, el tiempo ideal será determinado en los ensayos.

1.4.2. Diámetro del Tanque

Nos permitirá determinar el volumen de la solución y la masa del soluto. Los diámetros fueron calculados teniendo como referencia de que el equipo será un módulo de enseñanza a pequeña escala.

1.4.3. Material usado en la construcción del equipo.

Material de Fabricación : Acero Inoxidable AISI 304-2B

Espesor de lámina : 1.5 milímetros

1.4.4. Características físicas de la solución a tratar

La característica principal que se tiene en cuenta para el diseño y construcción del equipo es la viscosidad, siendo esta la que definirá el tipo de agitador a elegir y así poder determinar sus dimensiones.

1.4.5. Dimensiones del Agitador

Según las proporciones geométricas para un sistema de agitación normal, el cual trabaja con líquidos newtonianos contenidos en recipientes cilíndricos, deben obedecer a las siguientes relaciones matemáticas.

$$\frac{D_a}{D_t} = 0.25 \text{ a } 0.60 \quad (1.7)$$

$$\frac{B}{D_t} = 0.3 \text{ a } 0.5 \quad (1.8)$$

$$\frac{W}{D_a} = 0.25 \text{ a } 0.45 \quad (1.9)$$

$$\frac{L}{D_a} = 0.25 \text{ a } 0.35 \quad (1.10)$$

$$\frac{J}{D_t} = 1/10 \text{ a } 1/12 \quad (1.11)$$

La solución que utilizaremos en el mencionado trabajo, tendrá una viscosidad menor a 300 cp. (0.3Pa.s). El tipo de agitador a emplearse será un agitador helicoidal de dos aspas acoplado mediante un eje al motor eléctrico.

1.4.6. Potencia consumida en la agitación

Un factor trascendental en el diseño de un recipiente de agitación es la potencia necesaria para mover el impulsor. Puesto que la potencia requerida para un sistema dado no puede predecirse teóricamente, se tienen correlaciones empíricas para estimar los requerimientos de potencia. La presencia o ausencia de turbulencia puede correlacionarse con el número de Reynolds del impulsor que se define como:

$$N_{Re} = \frac{D_a^2 N \rho}{\mu} \quad (1.12)$$

Donde

D_a : Diámetro del impulsor en m

N : Velocidad de rotación en rev/s

ρ : Densidad del fluido en Kg/m³

μ : Viscosidad en Kg/m.s

El flujo es laminar en el tanque cuando $N_{Re} < 10$, turbulento cuando $N_{Re} > 10000$ y para un intervalo de 10 a 10000, es de transición, mostrándose turbulento en el impulsor y laminar en las partes más recónditas del recipiente.

El consumo de potencia se relaciona con la densidad del fluido ρ , su viscosidad μ , la velocidad de rotación y el diámetro del impulsor D_a , por medio de graficas del número de instalación de potencia en función de N_{Re} . El número de instalación de potencia es:

$$N_{func} = K_N \cdot \rho \cdot n^3 \cdot d_{ag}^5 \quad (1.13)$$

$$N_{arr} = 2N_{fun} \quad (1.14)$$

$$N_{inst} = \frac{N_{arr} \cdot D}{0.95} \quad (1.15)$$

Donde

P : Potencia en J/s o Watts.

1.4.7. Área.

El área en que puede ser instalado el equipo, debe de ser de 2 m². Área suficiente para tener un adecuado manipuleo de los insumos químicos y espacio para su control de calidad.

1.4.8. Dimensiones del equipo.

Las dimensiones reales del tanque agitador son:

Ht	: Altura total del tanque	(1.20 cm)
Hc	: Altura del tanque cilíndrico	(80 cm)
h	: Altura de la parte cónica	(35 cm)
Dt	: Diámetro interior del tanque	(70 cm)
Da	: Longitud del agitador	(70 cm)
Lp	: Longitud de las paletas helicoidales	(15 cm para líquidos)
P	: Potencia del motor	(2 Hp)

(Elaboración propia)

CAPITULO II: CONDICIONES Y CÁLCULO DEL DISEÑO

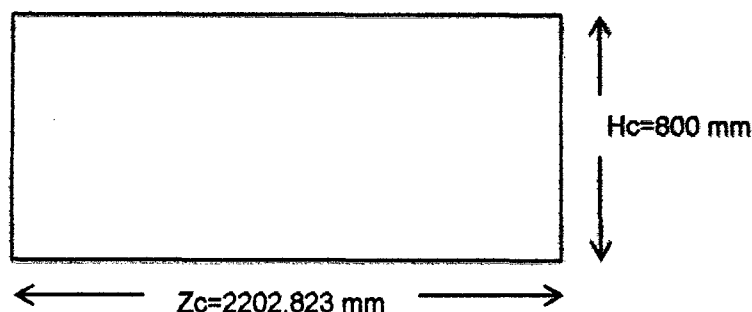
2.1 Condiciones para el diseño

Considerando el empleo y uso que se va a realizar en el tanque agitador, el mismo que es la *Elaboración de Jarabe Simple*. Para el diseño del equipo, se tomaron en cuenta las siguientes variables:

1. Dimensiones del equipo.
2. Tiempo de operación.
3. Volumen de solución.
4. Utilización óptima del espacio cúbico disponible.
5. Forma geométrica del equipo.
6. Tipo de motor a instalar (baja rpm, graduable).
7. Tipo de eje.
8. Tipo de paleta de agitación.
9. Energía instalada.
10. Seguridad y comodidad para el ambiente de trabajo.

2.2 Cálculos efectuados para el diseño

2.2.1 Cálculo del diámetro del Tanque



Haciendo uso de la ecuación (1.5)

$$Z_c = \pi D_c$$

$$D_c = \frac{220.2823}{\pi}$$

$$D_c = 70 \text{ cm}$$

2.2.2 Cálculo del volumen parte cilíndrica

Haciendo uso de la ecuación (1.1)

$$V = 3.1416(r^2)(h) = 0.7854(d^2)(h)$$

$$V = 0.7854(d^2)(h)$$

Donde:

$$d = 70 \text{ cm}$$

$$h = 80 \text{ cm}$$

$$V = 0.7854(70 \times 70)(80)$$

$$V = 0.7854 \times 392$$

$$V = 307.88 \text{ L} \quad (\text{a})$$

2.2.3 Cálculo del volumen parte cónica

Haciendo uso de la ecuación (1.2)

$$V = \frac{3.1416(r^2)(h)}{3} = 1.0472(r^2)(h) = 0.2618(d^2)(h)$$

$$V = 0.2618(d^2)(h)$$

Donde:

$$d = 70 \text{ cm}$$

$$h = 34.89 \text{ cm}$$

$$V_c = 0.2618(70 \times 70)(34.89)$$

$$V = 0.2618 \times 171$$

$$V = 44.8 \text{ L} \quad (\text{b})$$

2.2.4 Cálculo del volumen total del tanque

Sumando (a) + (b) para hallar el volumen total del tanque; tenemos:

$$V_t = V_c + V_{co}$$

$$V_t = 307.88 + 44.89$$

$$V_t = 352.68 \text{ L} \quad (\text{Volumen total del tanque})$$

2.2.5 Cálculo de espesor de plancha

Para este cálculo se emplea la Norma API 650 del Apéndice S, Tanques Soldados de Almacenamiento en Acero Inoxidable Austenítico.

Para el espesor del cilindro, utilizando la ecuación (1.3)

$$t = \frac{2.6D(H-1)G}{E(\sigma_{\text{máximo admisible del material}})} + C.A.$$

Para el techado cónico, utilizando la ecuación (1.4)

$$t = \frac{D}{400 \text{ sen } \theta}$$

$$t_{\text{min}} = 1/20 \text{ pulg}$$

$$t_{\text{máx}} = 1/16 \text{ pulg}$$

$$\theta_{\text{máxima}} = 37^\circ$$

$$\theta_{\text{mínima}} = 9^\circ 27' \text{ min}$$

Donde:

C.A. : margen por corrosión especificado por el comprador, pulg.

D : diámetro medio del tanque, pies

E : eficiencia de junta soldada, adimensional

G : densidad relativa del líquido; nunca menor a 1

H : altura pies

t : espesor mínimo requerido de la placa

θ : ángulo del cono con la horizontal, grados

C.A. : 1/16 pulg.

E : 0.85; de Norma UW-12, junta por topes examinada por zonas

Θ : 10°

σ Máximo admisible: 22500 lb/pulg² a temperatura no mayor de 200 °F

2.2.6 Cálculo de Potencia

Determinamos el diámetro del agitador normalizado:

$$d = \frac{D}{4.66} = \frac{0.7}{4.66} = 0.15 \text{ m} = d_{ag} = 15 \text{ cm}$$

Determinando el régimen de agitación por la fórmula:

$$Re = \frac{\rho \cdot n \cdot d_a^2}{\mu} = \frac{(1200)(20)(0.15)^2}{0.1} = 5400 = 5 \times 10^3$$

El régimen es turbulento

A partir de la gráfica (figura) determinamos el valor del criterio de potencia:

$$K_N = 2$$

Calculamos la potencia consumida por el agitador en el régimen estacionario, haciendo uso de la ecuación:

$$N_{func} = K_N \cdot \rho \cdot n^3 \cdot d_a^5 = (2)(1200)(20)^3(0.15)^5 = 1458 \text{ W} = 1.458 \text{ Kw}$$

La potencia en el momento de arranque es, habitualmente de 2 a 3 veces mayor que la de funcionamiento:

$$N_{arr} = 2N_{fun} = (2)(1.485) = 2.9 \text{ Kw}$$

Determinamos la potencia de instalación, considerando que el rendimiento del motor eléctrico es igual a 0.95 (95%).

$$N_{inst} = \frac{N_{arr} \cdot D}{0.95} = \frac{(2.96)(0.87)}{0.95} = 2.14 \text{ Kw} \cong 1.6 \text{ HP}$$

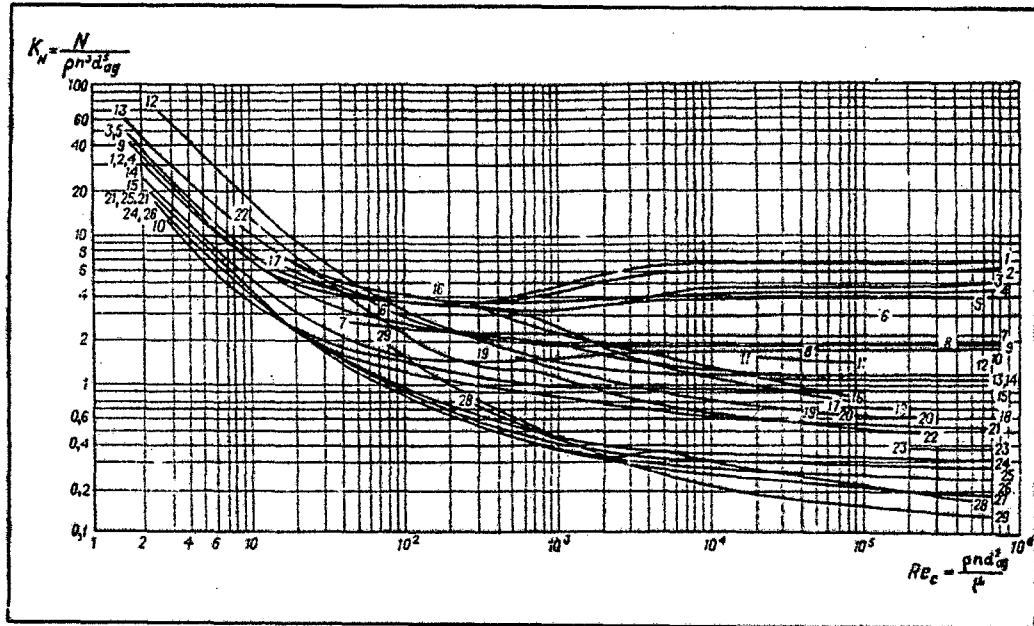


Figura 1.5. Factores de forma para el diseño de tanques agitados

Fuente: (Geankopolis C.J, año 1988)

1, agitador de turbina abierto con seis paletas verticales rectas ($b = 0.20 d_a$, $l = 0.25 d_a$ para $D/d_a = 3$ en un recipiente con cuatro tabiques $B/d_a = 0.17$; 2, agitador de turbina para $B/d_a = 0.10$; 3, agitador de turbina con seis paletas verticales curvas $b = 0.20 d_a$, $l = 0.25 d_a$ para $D/d_a = 3$ en un recipiente con cuatro tabiques $B/d_a = 0.10$; 4, agitador de turbina para $B/d_a = 0.04$; 5, agitador de turbina abierto con seis paletas en forma de flecha $b = 0.20 d_a$, $l = 0.25 d_a$ para $D/d_a = 3$ en un recipiente con cuatro tabiques $B/d_a = 0.10$; 6, agitador unilateral radial de disco con seis paletas verticales rectas $b = 0.10 d_a$, $l = 0.35 d_a$ situadas debajo del disco para $D/d_a = 2.5$ en un recipiente para cuatro tabiques $B/d_a = 0.25$.

CAPITULO III: CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DEL EQUIPO

Para la construcción del presente equipo, se eligió los materiales adecuados para una tesis de diseño, materiales que son de alta calidad y duraderos con el tiempo, como el acero inoxidable AISI 304-2B, ideal para trabajar con productos alimenticios. Dichos materiales con sus especificaciones respectivas se mencionan a continuación:

3.1 Materiales empleados

Plancha de 1.5 mm de acero inoxidable calidad AISI 304-2B

Barra de $\frac{3}{4}$ de acero inoxidable calidad AISI 304-2B

Barra 1 $\frac{3}{4}$ de acero inoxidable calidad AISI 304-2B

Plancha de $\frac{1}{8}$ de acero inoxidable calidad AISI 304-2B

Balón de gas argón

Soldadura de acero inoxidable de 3/32

Motor de 2 HP

Mota asafiap GRANO 80

Polifan GRANO 80

Tungsteno

Piedra de corte

Codo de 90° AISI 304-2B

Medidor de nivel

Conectores

Llave térmica

3.2 Descripción y especificaciones de los componentes del equipo

Motor de baja revolución (monofásico)

Potencia : 2 HP

Voltaje : 220 V AC

Tipo : Vertical

Cantidad : 1

Parte Cilíndrica del tanque

Material : Acero inoxidable AISI 304-2B
Altura : 80 cm
Diámetro : 70cm
Cantidad : 1

Parte cónica del tanque (cono de purga)

Material : Acero inoxidable AISI 304-2B
Altura : 35 cm
Diámetro : 70 cm
Cantidad : 1

Tapa semiabierta (medialuna)

Material : Acero inoxidable calidad AISI 304-2B
Diámetro : 35 cm
Cantidad : 1

Paleta Helicoidal

Material : Acero inoxidable AISI 304-2B
Longitud : 15 cm
Cantidad : 1

Eje del agitador

Material : Acero inoxidable AISI 304-2B
Longitud : 70 cm
Diámetro : 4 cm
Cantidad : 1

Válvula de bola de 1"

Material : Acero inoxidable AISI 304-2B
Tipo : Bola
Cantidad : 1

Codo de 90°

Material : Acero inoxidable AISI 304-2B

Tipo : Roscado

Cantidad : 1

Medidor de nivel

Material : Polietileno transparente

Medida : 10 mm

Cantidad : 2 m

Llave térmica

Material : PVC

Voltaje : 420

Cantidad : 1

3.3 Ensamblaje y despiece

En esta parte de la tesis se explicará detallada y gráficamente las dimensiones de los componentes del tanque agitador:

ENSAMBLE TANQUE AGITADOR

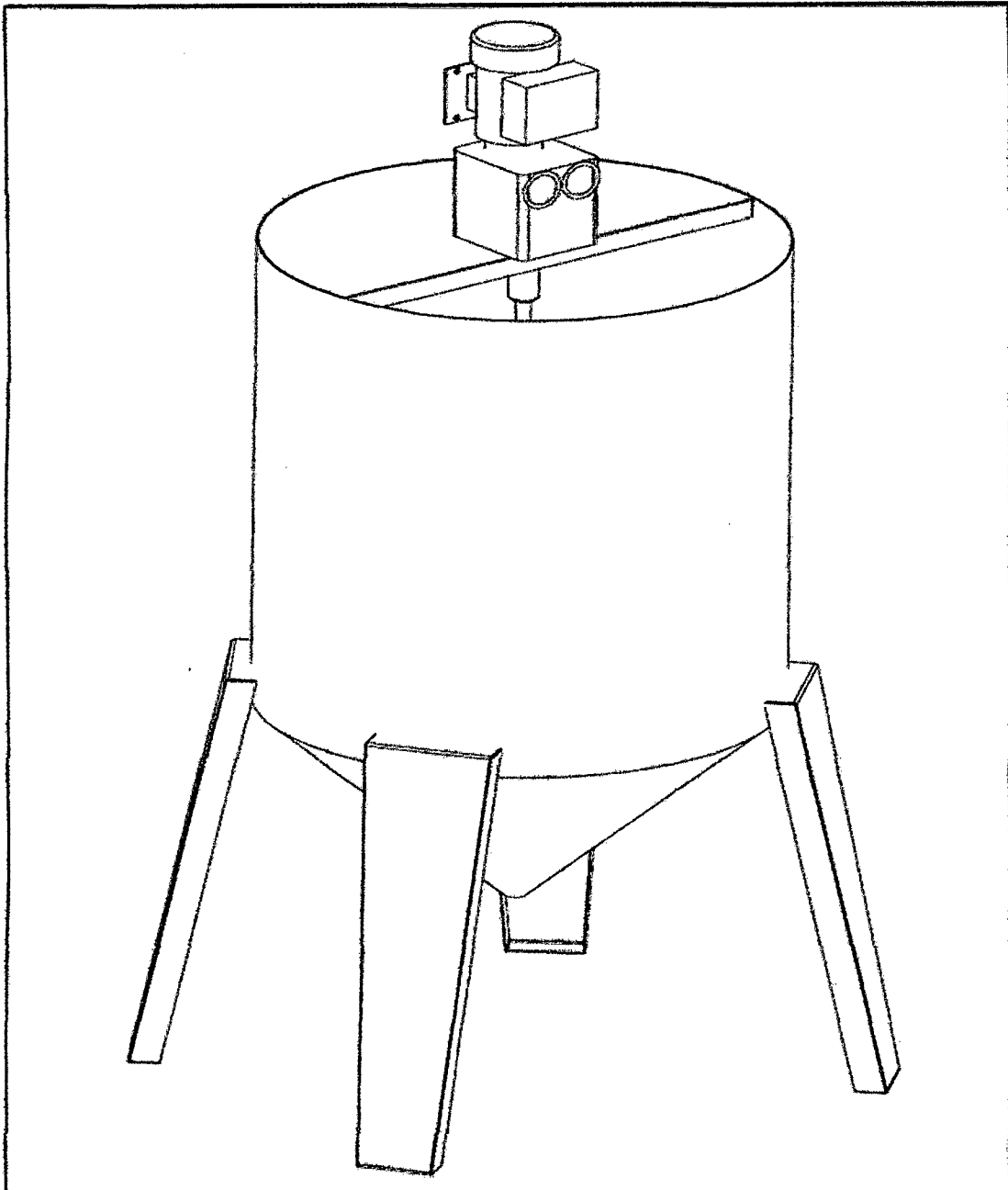


Figura 1.6. Ensamble general del tanque agitador

Fuente: Elaboración propia

DISEÑO DE CILINDRO

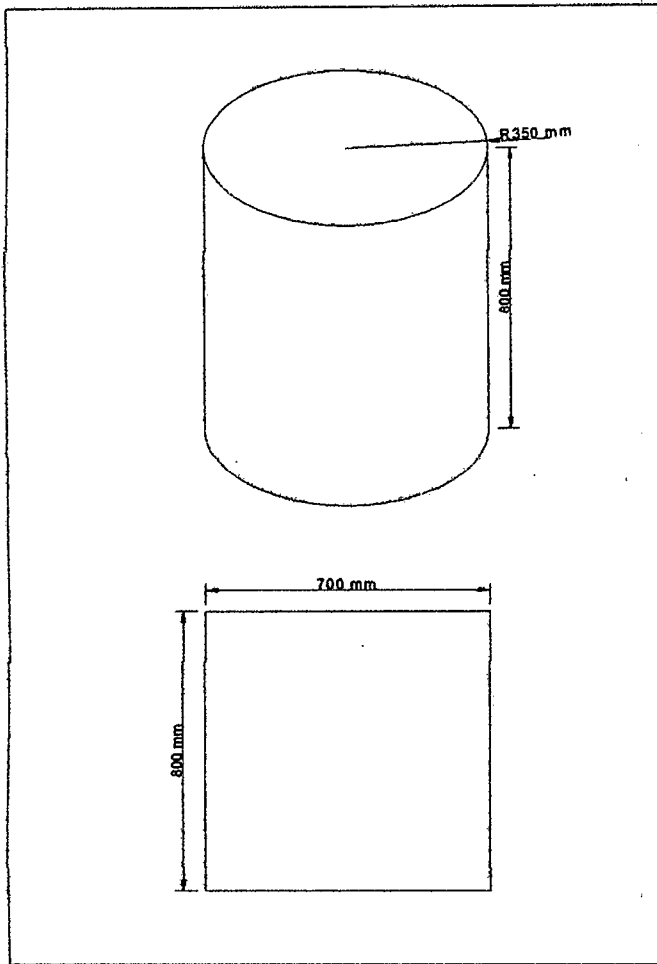


Figura 1.7. Medida para el rolado

Fuente: Elaboración propia

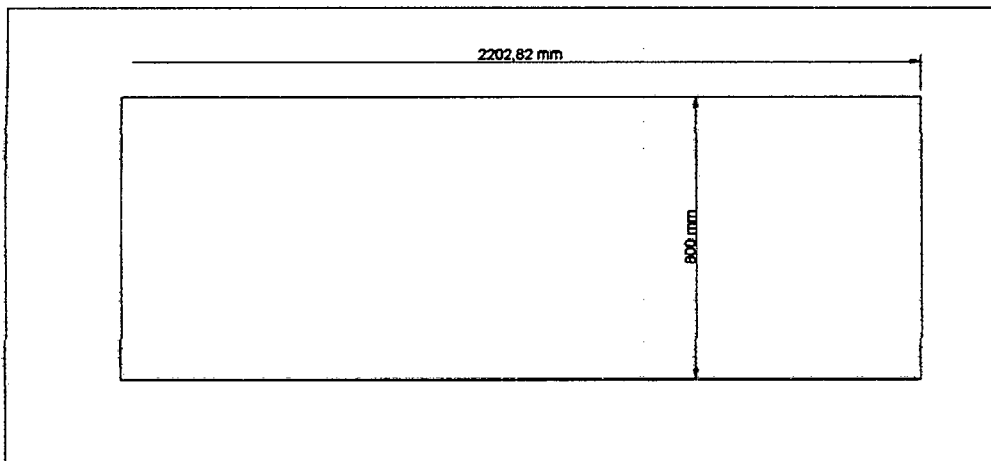


Figura 1.8. Medida general de la plancha de acero inox

Fuente: Elaboración propia

DISEÑO DE BASE CONICA

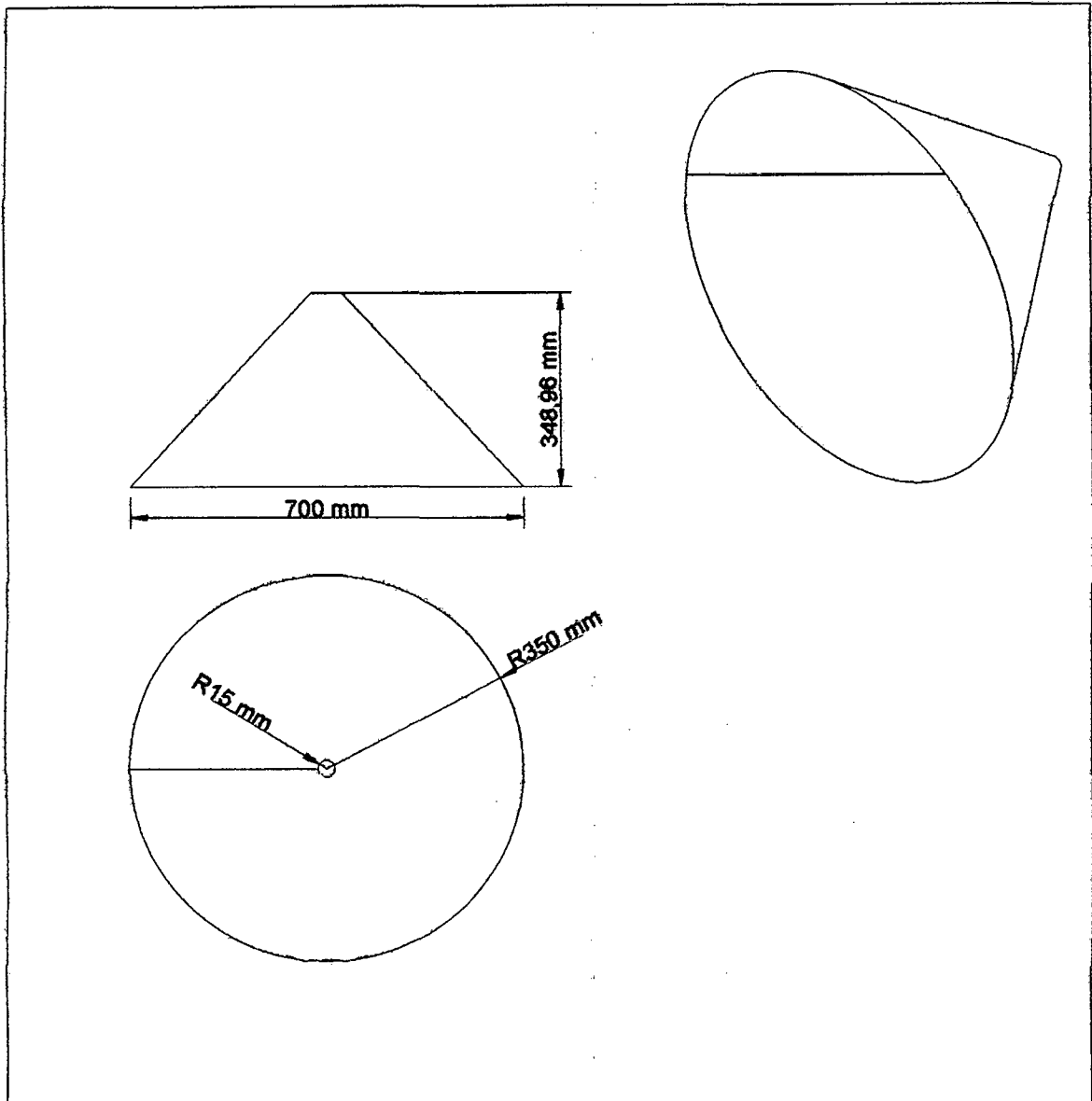


Figura 1.9. Dimensiones parte cónica del tanque

Fuente: Elaboración propia

DISEÑO DE TAPA

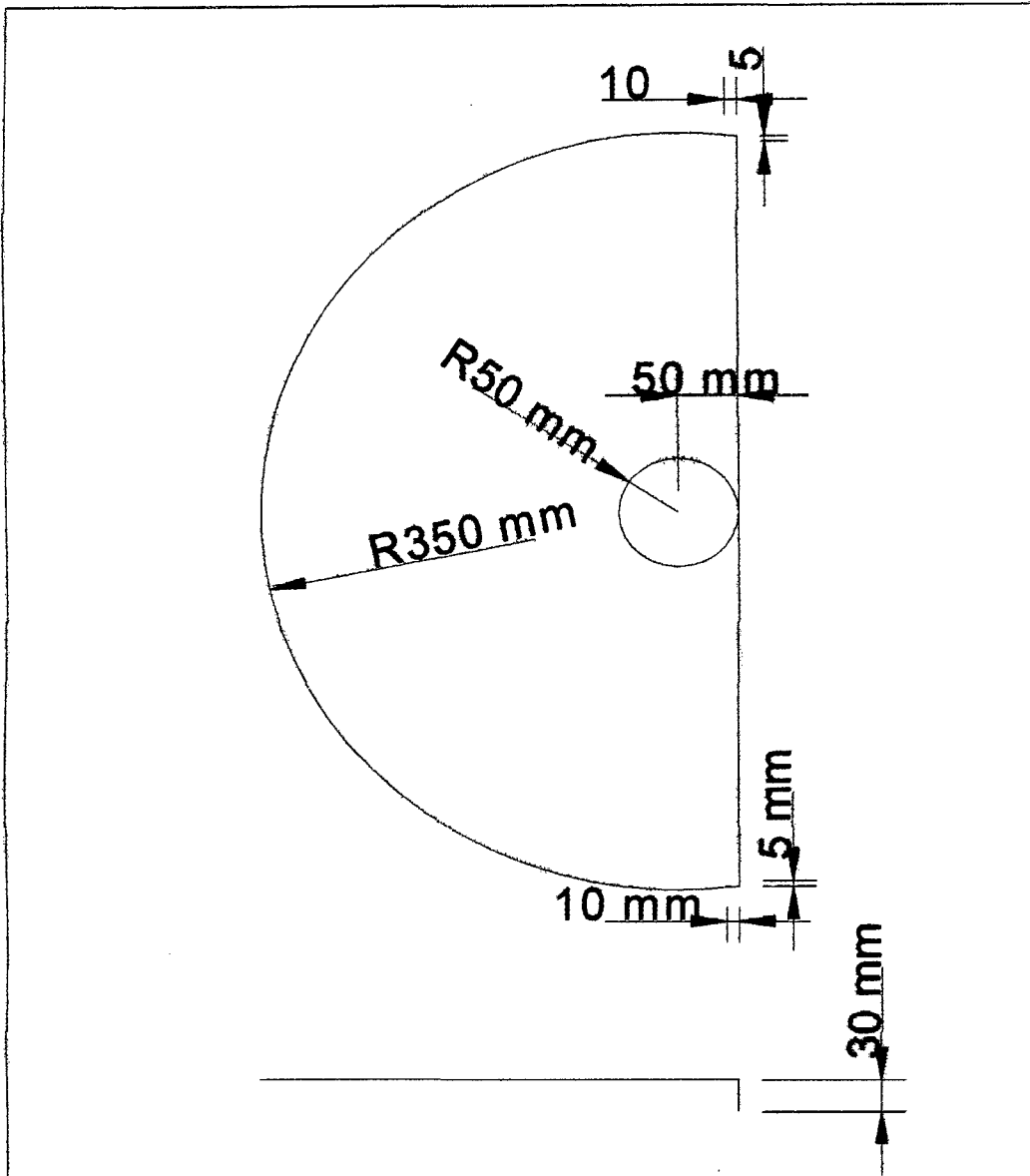


Figura 1.10. Dimensiones para la tapa

Fuente: Elaboración propia

DISEÑO DE EJE DE AGITACION

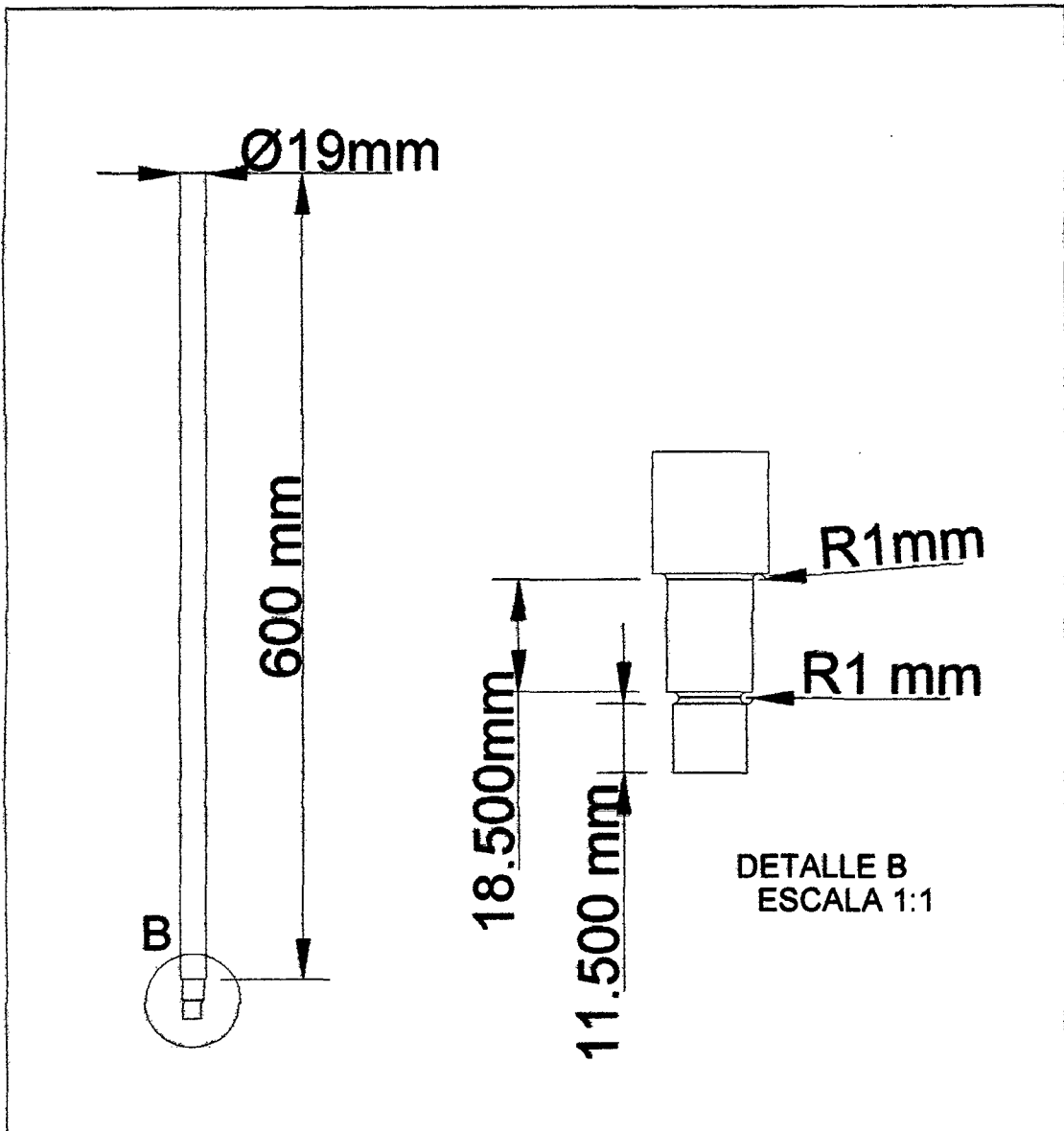


Figura 1.11. Dimensiones del eje.

Fuente: Elaboración propia

DISEÑO DESOPORTES

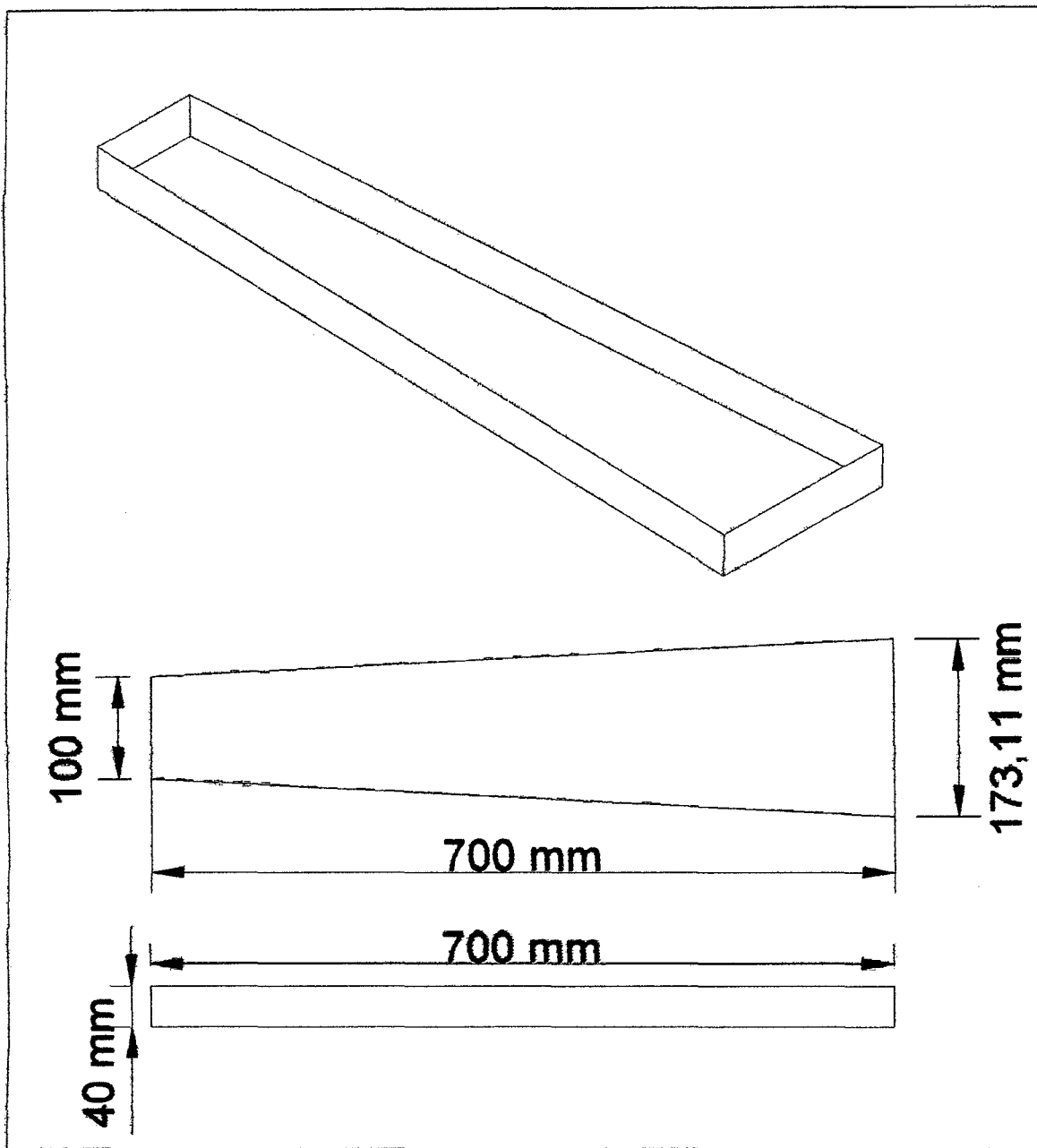


Figura 1.12. Dimensiones de los soportes

Fuente: Elaboración propia

3.4 Vistas principales del equipo instalado y servicios auxiliares

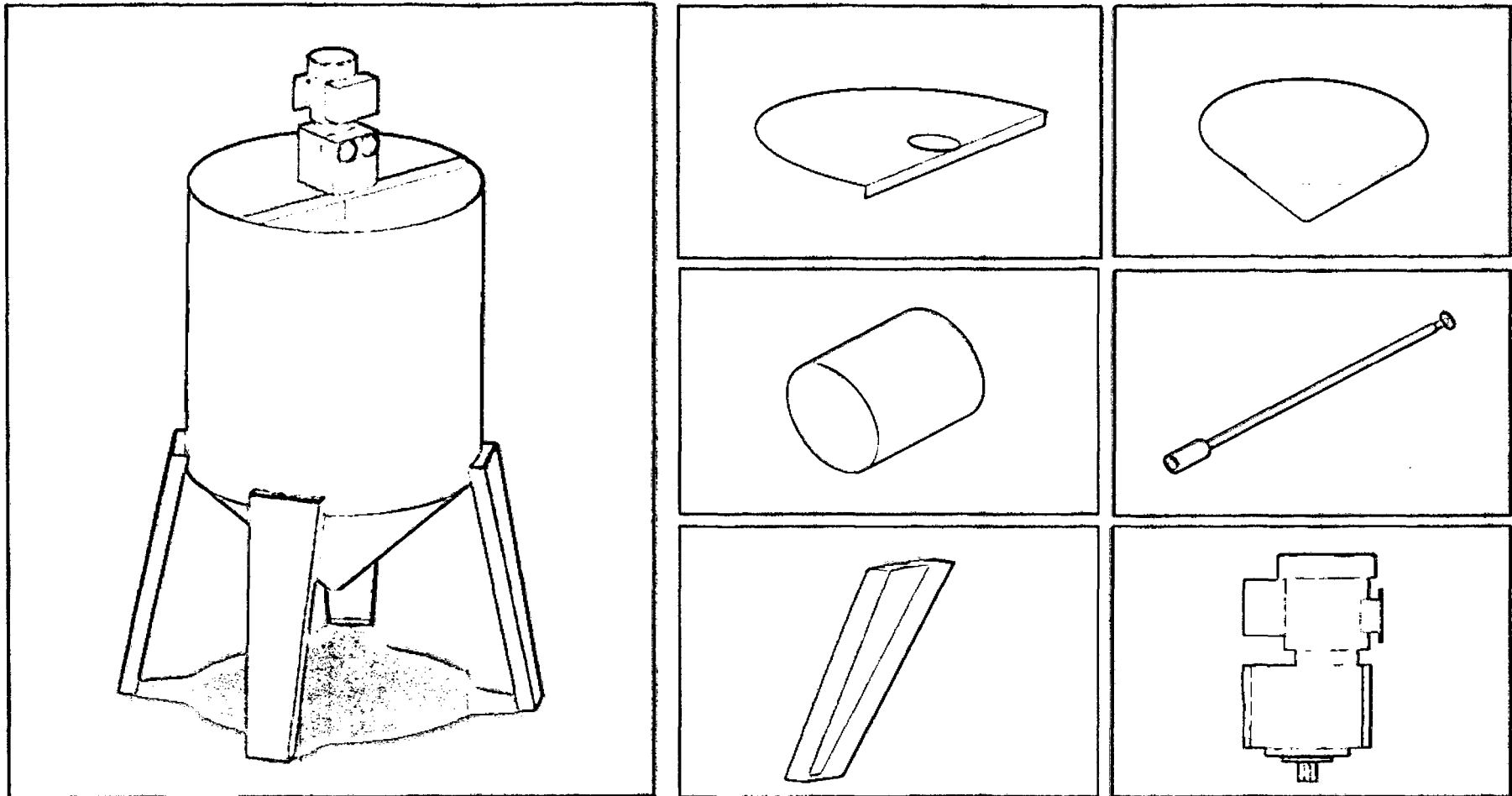


Figura 1.13. Vistas principales de los componentes del tanque agitador

Fuente: Elaboración propia

3.5 Disposición adecuada del equipo en el laboratorio

El equipo será instalado en el Laboratorio de Operaciones y Procesos de la Facultad de Ingeniería Química.

Para que el trabajo se realice cómodamente, es necesario contar con las siguientes dimensiones:

Ancho : 2 m

Fondo : 2 m

Alto : 2 m

Además se debe contar con suministro de agua, que este cerca del Tanque, para el llenado del mismo.

El voltaje a utilizarse será de 220 V AC

CAPITULO IV: EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL DEL EQUIPO

4.1 Descripción del funcionamiento del equipo.

El funcionamiento del tanque agitador se hace posible gracias a la energía eléctrica.

El equipo inicia su funcionamiento mediante la agitación de la solución presente en el mismo, el cual es agua y azúcar. La agitación se dará con el objeto de diluir completamente las partículas de azúcar, hasta llegar en un determinado tiempo a un rango de 55 - 60 °Bx, formando así el jarabe simple base.

Para la obtención de una buena mezcla de la solución (agua: azúcar), es necesario agregar en primera instancia el volumen de agua a utilizar, para posteriormente y conforme el equipo este en funcionamiento, ir agregando poco a poco la cantidad necesaria de azúcar.

4.2 Ensayos y pruebas del funcionamiento del equipo.

Las pruebas de funcionamiento se realizaron para determinar el buen funcionamiento de los diferentes componentes del equipo. El motor tiene un funcionamiento adecuado y las paletas realizan la agitación esperada.

Se realizaron pruebas en el equipo, tomando como referencia las informaciones proporcionadas por The Coca Cola Company – Industrial Iquitos. Como se muestra en el Anexo 02 (Tabla de elaboración de Jarabes). Para la elaboración de jarabe simple, con un °Bx de rango 55 - 60, se sigue la siguiente relación de agua : azúcar

Jarabe Simple de 55-60°Bx

Azúcar	:	150 Kg
Agua	:	130 L

Realizando Regla de Tres Simples para obtener las proporciones agua: azúcar a utilizar en la prueba, obtenemos el siguiente cuadro.

Cuadro N° 01: Proporciones agua : azúcar para obtención de °Bx = 55-60

Item	Azúcar (Kg)	Agua (L)	°Bx
01	200	173.33	55-60
02	175	151.67	
03	150	130.00	
04	125	108.33	
05	100	128.00	

Fuente: Elaboración propia

Tomaremos como relación de prueba las cantidades del ítem 03.

4.3 Cálculo y análisis de los resultados obtenidos

De acuerdo con lo expresando en el ítem anterior, los resultados obtenidos lo detallaremos en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 02 :Tiempo de agitación para obtención de jarabe simple

Muestra N°	Tiempo (min)	°Bx	Comentario
01	3	45	La mezcla de agua y azúcar empieza a producirse, y la viscosidad es muy baja.
02	6	52	La viscosidad es notoria, es una alerta de la rápida dilución de los cristales del azúcar.
03	9	55	Los cristales del azúcar se diluyeron casi en su totalidad.
04	12	56	La solución presenta una viscosidad muy notoria, y los cristales de azúcar se disolvieron en su totalidad, terminado la operación de agitación.

Fuente: Elaboración propia

4.4 Determinación de las condiciones óptimas de funcionamiento del equipo.

Las condiciones óptimas de funcionamiento del equipo son las siguientes:

- La operación se realizará a temperatura ambiente.
- Se aplicará una velocidad de 1200 RPM.
- El tiempo de agitación será de 12 minutos.
- Se empleará las cantidades exactas de agua y azúcar (ver anexo 02)

4.5 Otros usos y aplicaciones del equipo

Los usos que se le pueden dar a este equipo son variados, por lo que el equipo puede recibir la característica de multipropósito, si el caso lo requiera. Por su forma cónica en la parte inferior del tanque, que sirve para una decantación rápida del producto y por la potencia del motor (2Hp). Otras alternativas de uso: *Elaboración de bebidas alcohólicas (tragos exóticos), elaboración de productos de limpieza, etc.*

4.6 Manual de instrucciones para el funcionamiento y mantenimiento del equipo.

1. Verificar el sistema eléctrico del motor
2. Agregar la cantidad de agua adecuada (ver anexo 02), utilizando el visor para la adición del volumen.
3. Pesar el azúcar requerido para la elaboración del Jarabe (ver anexo 02), considerándose que el azúcar que embolsada debe restarse el peso de las bolsas para obtener el peso neto que es el peso total del azúcar realmente agregado.
4. Hacer funcionar el agitador del tanque de Jarabe Simple e iniciar la adición de azúcar el cual NO debe agregarse más rápido de lo que el agitador puede distribuirlo en toda el agua. Continuar con la agitación hasta la disolución total del azúcar.

5. Agitar por un espacio de nueve minutos
6. Dejar en reposo un breve momento.
7. Medir el °Bx de la solución. La lectura del hidrómetro o Brixometro debe ser entre 55 y 60 °Bx.
8. Apagar el equipo (bajar llave térmica)
9. Realizar la limpieza de las paredes internas del tanque.

4.7 Posibilidad de automatizar

Existen diferentes software que se pueden aplicar para automatizar el presente equipo, LABVIEW, INTOCH, que con la aplicación de sensores instalados en el equipo, se transfieren las variables a un programa lógico controlado (PLC), y para su posterior visualización en es SCADA.

4.8 Aspectos de seguridad e higiene industrial

1. El operador debe utilizar mandil, nasobucal, cofia, guantes quirúrgicos en la realización de las pruebas, para evitar contaminación con la muestra.
2. Verificar antes de la puesta en marcha el sistema eléctrico del motor.
3. Al encender y apagar el motor, realizarlo con las manos secas.
4. Conectar a una fuente eléctrica de 220 Voltios.
5. Mientras esté funcionando el equipo, tratar de no acercarse al motor ni hacer contacto con la muestra.
6. Realizar las pruebas con agua tratada.
10. Culminada el ensayo, lavar el tanque, eliminando así la sustancia azucarada que está impregnado en las paredes del tanque.

Nota

Con respecto al punto 10: Antes de realizar el descargue del efluente líquido (solución azucarada) al drenaje, tomar en cuenta lo siguiente:

- Analizar el efluente, para así determinar si los parámetros (DBO, pH, etc.) se encuentran en los Límites Máximos Permisible (LMP).
- Si los valores analizados se encuentran por encima de los LMP, realizar el Tratamiento Químico respectivo, esto con el fin de cuidar el medio ambiente, poniendo en práctica de esta manera el ISO 14001:2004 – Sistema de Gestión Ambiental.

CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE COSTO

5.1. Costo de diseño

ARTÍCULO	CANTIDAD	P.UNIT (S/.)	P.TOTAL (S/.)
Plano Isométrico Tanque Agitador	1	100,00	100,00
Cálculos de diseño y construcción (asesoramiento)	-	1200,00	1200,00
Total			1300,00

Cuadro N° 03: Costo de diseño

Fuente: Elaboración propia

5.2. Costo de Construcción e Instalación

ARTÍCULO	CANTIDAD	P.UNIT (S/.)	P.TOTAL (S/.)
Taller metal mecánico	-	1200,00	1200,00
Instalación en Lab. OU - FIQ	-	20,00	20,00
Total			1220,00

Cuadro N° 04: Costo de construcción e instalación

Fuente: Elaboración propia

5.3. Costo de ensayos y pruebas de funcionamiento

ARTÍCULO	CANTIDAD	P.UNIT (S/.)	P.TOTAL (S/.)
Azúcar	6	87	522,00
Agua	0.5 m ³	10	10,00
Total			532,00

Cuadro N° 05: Costo de ensayos y pruebas de funcionamiento

Fuente: Elaboración propia

5.4. Costo de Material

ARTÍCULO	CANT.	P.UNIT.(S/.)	P.TOTAL(S/.)
Plancha de 1.5mm de acero inoxidable calidad AISI 304-2B	02	580,00	1160,00
Barra de ¾ de acero inoxidable calidad AISI 304-2B	01	80,00	80,00
Barra 1 ¾ de acero inoxidable calidad AISI 304-2B	01	50,00	50,00
Plancha de 1/8 de acero inoxidable calidad AISI 304-2B	01	110,00	110,00
Balón de gas argón	04	150,00	600,00
Soldadura de acero inoxidable de 3/32	01	80,00	80,00
Motor de 2 HP	01	400,00	400,00
Válvula de bola de 1"	01	25,00	25,00
Mota asaflap GRANO 80	01	85,00	85,00
Polifan GRANO 80	01	60,00	60,00
Tungsteno	03	25,00	75,00
Piedra de Corte	05	15,00	75,00
Codo de 90° AISI 304-2B	01	20,00	20,00
Manguera transparente	1 metro	5,00	5,00

Conectores	02	5,00	5,00
Llave Térmica	01	15,00	15,00
TOTAL			3030,00

Cuadro N° 06: Costo de materiales

Fuente: Elaboración propia

5.5. Otros Costos

ARTÍCULO	CANTIDAD	P.UNIT (S/.)	P.TOTAL (S/.)
Copias	5	8	40,00
Encuadernados	10	20	200,00
Total			240,00

Cuadro N° 07: Otros costos

Fuente: Elaboración propia

5.5. Costo Total

$$C \text{ TOTAL (S/.)} = 1300,00 + 1220,00 + 532,00 + 2845,00 + 240,00 = 6137,00$$

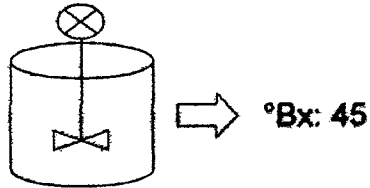
CAPÍTULO VI: RESULTADOS Y DISCUSIONES.

Como se explicó en el punto 4.3, los resultados obtenidos fueron:

Primera Muestra (M1)

Tiempo : 3 min

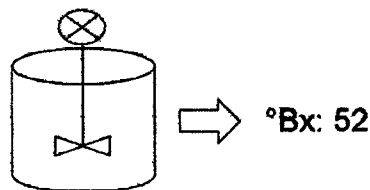
°Bx : 45



Segunda Muestra (M2)

Tiempo : 6 min

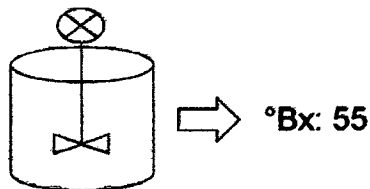
°Bx : 52



Tercera Muestra (M3)

Tiempo : 9 min

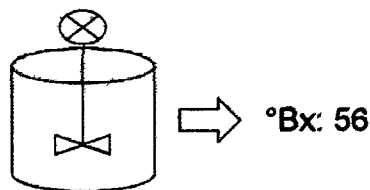
°Bx : 55



Cuarta Muestra (M4)

Tiempo : 12 min

°Bx : 56



Como se demostró en los ensayos realizados, utilizando las cantidades recomendadas de agua y azúcar, y empleando una eficiente agitación a un determinado tiempo, logramos el °Bx deseado.

De acuerdo a los objetivos enunciados en la presente tesis, podemos hacer los siguientes análisis:

- **Se determinaron los parámetros de diseño del equipo, siendo estos:**
 - Tiempo de operación de aproximadamente 12 minutos.
 - Diámetro del tanque, acero inoxidable calidad AISI 304-2B.
 - Para la construcción del equipo, se tuvo en cuenta la finalidad de uso, siendo esta del rubro alimenticio (elaboración de jarabe simple).
 - Las dimensiones del agitador y la potencia necesaria para realizar la mejor agitación, minimizando gastos operativos y maximizando la producción (ver página 14).
- **Se seleccionaron los materiales adecuados para la construcción del equipo, siendo estos de acero inoxidable calidad AISI 304-2B.**
- **Construido el equipo, se instaló en la Laboratorio de Operaciones y Procesos Unitarios de la Facultad de Ingeniería Química-UNAP.**
- **Realizando las pruebas respectivas, se determinó y optimizó los parámetros de operación del equipo, siendo los más representativos:**
 - Tiempo de operación de 12 minutos, tal como se pensó al momento de realizar los cálculos para los parámetros del diseño.
 - Velocidad de agitación de 1200 RPM
- **Con las condiciones óptimas del funcionamiento del equipo, se procedió a realizar la demostración ante los jurados de la presente tesis, no variando los resultados.**

CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

7.1. Conclusiones

- Se diseñó, construyó e instaló el tanque agitador, determinándose los parámetros de diseño y operación.
- Se determinó las cantidades de agua y azúcar necesarias para la obtención del °Bx ideal (ver página 31 y 32).
- Se tomaron cuatro muestras en tiempos diferentes, que mediante sus análisis respectivos (ensayo con el Brixómetro), se pudo obtener su respectivo °Bx (ver página 32)
- Se determinó el tiempo ideal de agitación para la obtención del °Bx en el rango de 55 - 60, siendo este tiempo de 12 minutos.
- La parte cónica del tanque nos sirvió para una mejor decantación del producto, evitando así pérdidas.
- La tolva nos permitió realizar la adición del azúcar sin hacer contacto con las paredes internas del tanque.

7.2. Recomendaciones

- Se recomienda colocar el equipo en un lugar donde el piso no presente desnivel, ya que esto puede variar la lectura en el visor, al momento de agregar el agua.
- Para un mejor resultado se recomienda utilizar las cantidades exactas de agua y azúcar (ver anexo 02)
- El ambiente donde el equipo operara debe estar herméticamente cerrado, para evitar presencia de cuerpos extraños.
- Para una mejor lectura del °Bx, los equipos de medición deben de estar calibrados.
- Para el buen uso del tanque agitador se recomienda que el equipo sea construido con acero inoxidable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) BROWN, George. (1955). Operaciones básicas de la Ingeniería Química. . Primera Edición. Manuel mareín & Cia, Editores. Barcelona.**
- 2) CHOTA, R. (1994). Tesis: Diseño, construcción e instalación de un equipo de agitación y filtración continua para laboratorio de ingeniería química. UNAP. Iquitos – Perú.**
- 3) CARTOLÍN, WALTER (1997). Química General. Segunda Edición. Editorial San Marcos. Lima – Perú.**
- 4) FELDER, R. RONALD, W.R. (1981). Principios básicos de los procesos químicos. Segunda Edición. Editorial El Manual Moderno.**
- 5) FOUST A., WENZEL L. CLUMP C., MAUS L., BRYCE L. (1996). Principios de Operaciones Unitarias. Segunda Edición. Editorial CECSA. México. 750p.**
- 6) GEANKOPLIS C. J. (1988). Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias. Segunda Edición. Editorial CECSA. México.**
- 7) MC CABE, W. L. Y J. C. SMITH (1991). Operaciones Unitarias en Ingeniería Química. Cuarta Edición. Editorial Mc Graw Hill, México.**
- 8) MC CABE, W. L. Y J. C. SMITH (1993). Operaciones Unitarias en Ingeniería Química. Quinta Edición. Editorial Mc Graw Hill, México.**
- 9) Norma API 650 del Apéndice S, Tanques Soldados de Almacenamiento en Acero Inoxidable Austenítico .**
- 10)PERRY, R. Y D. GREEN (1984). Manual del Ingeniero Químico. Sexta Edición. Editorial Mc Graw Hill, Nueva York.**
- 11)PERRY, R. H., GREEN D. W., MALONEY J.O. (1997).Manual del Ingeniero Químico. Séptima Edición. Editorial Mc Graw Hill, Nueva York.**
- 12)ROBERT E. TREYBAL (1991). Operaciones de Transferencia de Masa. Segunda Edición. Editorial Mc Graw-Hill.**
- 13)The Coca Cola Company – Industrial Iquitos S.A. Procedimiento de Elaboración de Jarabes.**

ANEXO 01

Valores de las constantes K_L y K_T

Tipo de agitador	K_L	K_T
Hélice, paso cuadrado, 3 palas	41	0,32
Hélice, paso 2, 3 palas	43,5	1
Turbina de disco con 4 palas planas	60	5,31
Turbina de disco con 6 palas planas	65	5,75
Turbina con 6 palas curvas	70	4,8
Turbina de ventilador, 6 palas 45 °	70	1,65
Turbina cerrada de 6 palas curvas	97,5	1,08
Turbina cerrada por anillo difusor sin tabiques deflectores	172,5	1,12
Palas planas, 2 hojas, $D_i/W_i = 4$	43	2,25
Palas planas, 2 hojas, $D_i/W_i = 6$	36,5	1,7
Palas planas, 2 hojas, $D_i/W_i = 8$	33	1,15
Palas planas, 4 hojas, $D_i/W_i = 6$	49	2,75
Palas planas, 6 hojas, $D_i/W_i = 6$	71	3,82

ANEXO 02

Tabla de Elaboración de Jarabes

1.1 TABLA 1.- ELABORACION DE JARABES					
JARABE	KG AZUCAR	1 UNIDAD	4 UNIDADES	5 UNIDADES	8 UNIDADES
COCA-COLA	KG. AZUCAR	150.00			1625.8
	AGUA (LT)	130.00			1250
	AGUA DE EMPUJE (100 LT)				50
	AGUA PARA DILUCION DE CONC Y PARTES DE BEBIDA(LT)	20			44
	VOLUMEN JARAB E T (LT)	300			2400
	BRIX JARABE	55.00 – 60.00			
	BRIX BEBIDA	10.37			
SPRITE	KG. AZUCAR	143.02		1030	
	AGUA (LT)	125.03		800	
	AGUA DE EMPUJE (100 LT)			50	
	AGUA PARA DILUCION DE CONC Y PARTES DE BEBIDA(LT)	20		50	
	VOLUMEN JARAB E T (LT)	312.78		1565	
	BRIX JARABE	53.20			
	BRIX BEBIDA	10.00			
FANTA (OR-08)	KG. AZUCAR	257.9301		1300	
	AGUA (LT)	202.7931		914	
	AGUA DE EMPUJE (100 LT)			50	
	AGUA PARA DILUCION DE CONC Y PARTES DE BEBIDA(LT)	20		50	
	VOLUMEN JARAB E T (LT)	370.82		1854.15	
	BRIX JARABE	51.00			
	BRIX BEBIDA	12.51			

DISEÑO-CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE TANQUE AGITADOR

SIMBA PIÑA	KG. AZUCAR	234.25		1175	
	AGUA (LT)	217.38		950	
	AGUA DE EMPUJE (100 LT)			50	
	AGUA PARA DILUCION DE CONC Y PARTES DE BEBIDA(LT)	20		86	
	VOLUMEN JARAB E T (LT)	370.75		1855	
	BRIX JARABE	52.15			
	BRIX BEBIDA	11.49			
INKA KOLA	KG. AZUCAR	145	1000	1250	
	AGUA (LT)	128	600	750	
	AGUA DE EMPUJE (100 LT)	100			
	AGUA PARA DILUCION DE CONC Y PARTES DE BEBIDA(LT)	20			
	VOLUMEN JARAB E T (LT)	350	1400	1750	
	BRIX JARABE	64.80			
	BRIX BEBIDA	10.54			

ANEXO 03

ESPECIFICACION DE JARABE SIMPLE

Apariencia	Libre de materia extraña
Sabor(10°Brix)	Sin sabor Extraño
Olor	Sin olor extraño
Microbiológico	< 5 levaduras por 5 ml.
Temperatura	10 – 30 °C
Cristales	< 10 cristales / cuadrante.

ANEXO 04

INDUSTRIAL IQUITOS S.A. – IISA

POE DE ELABORACION DE JARABES

CANTIDAD DE AGUA EN LITROS QUE DEBE AGREGARSE PARA 100 LITROS DE VOLUMEN ESTANDAR PARA REDUCIR EL BRIX DEL JARABE FINAL A UN VALOR ESTANDAR

Desviación BRIX del Estándar	BRIX ESTÁNDAR OBJETIVO													
	33.4	47.8	48.7	52.15	53.2	54.1	54.85	55.6	56.0	57.6	57.8	59.75	60.0	
0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.1	0.342	0.255	0.251	0.239	0.234	0.232	0.229	0.227	0.226	0.221	0.220	0.215	0.214	
0.2	0.682	0.508	0.501	0.477	0.468	0.462	0.457	0.452	0.45	0.441	0.440	0.298	0.428	
0.3	1.02	0.761	0.750	0.715	0.701	0.692	0.685	0.678	0.674	0.661	0.659	0.643	0.641	
0.4	1.356	1.012	0.998	0.951	0.933	0.921	0.912	0.903	0.898	0.879	0.877	0.857	0.854	
0.5	1.69	1.263	1.245	1.187	1.164	1.149	1.138	1.128	1.120	1.098	1.095	1.068	1.065	
0.6	2.022	1.512	1.491	1.422	1.394	1.377	1.362	1.349	1.342	1.314	1.311	1.280	1.276	
0.7	2.352	1.781	1.738	1.655	1.623	1.603	1.587	1.571	1.563	1.531	1.527	1.492	1.487	
0.8	2.68	2.008	1.980	1.888	1.852	1.829	1.812	1.792	1.783	1.727	1.742	1.701	1.696	
0.9	3.006	2.255	2.223	2.120	2.079	2.053	2.033	2.013	2.002	1.962	1.957	1.911	1.905	
1.0	3.33	2.500	2.465	2.351	2.306	2.278	2.255	2.232	2.221	2.176	2.170	2.119	2.113	
1.1	3.653	2.744	2.708	2.581	2.532	2.501	2.476	2.451	2.438	2.389	2.383	2.328	2.321	
1.2	3.973	2.988	2.948	2.811	2.757	2.723	2.696	2.669	2.656	2.603	2.596	2.536	2.528	
1.3	4.292	3.230	3.185	3.039	2.981	2.945	2.915	2.869	2.872	2.814	2.807	2.742	2.734	
1.4	4.609	3.471	3.423	3.267	3.205	3.166	3.134	3.103	3.087	3.037	3.018	2.948	2.939	
1.5	4.924	3.712	3.660	3.494	3.427	3.386	3.352	3.319	3.302	3.236	3.228	3.154	3.144	
1.6	5.237	3.951	3.896	3.719	3.649	3.605	3.569	3.534	3.516	3.447	3.438	3.358	3.348	
1.7	5.548	4.190	4.132	3.945	3.870	3.823	3.785	3.749	3.729	3.655	3.646	3.563	3.552	
1.8	5.853	4.427	4.366	4.169	4.090	4.041	4.001	3.962	3.942	3.864	3.854	3.765	3.754	
1.9	6.166	4.664	4.599	4.393	4.310	4.258	4.216	4.175	4.154	4.072	4.062	3.969	3.957	
2.0	6.472	4.900	4.832	4.600	4.529	4.474	4.430	4.387	4.365	4.279	4.268	4.171	4.158	

Se pueden calcular columnas similares usando la siguiente ecuación.

Litros de Agua que debe agregarse para
Obtener 100 L de Brix Objetivo de Jarabe Final

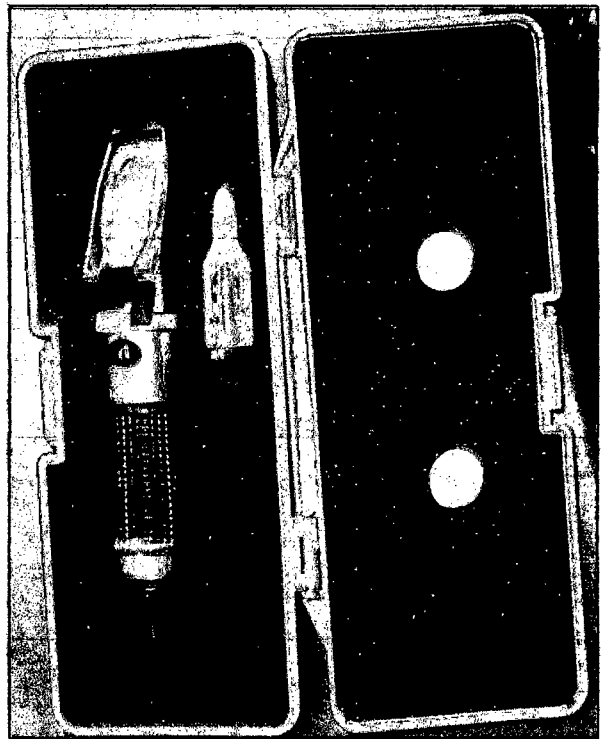
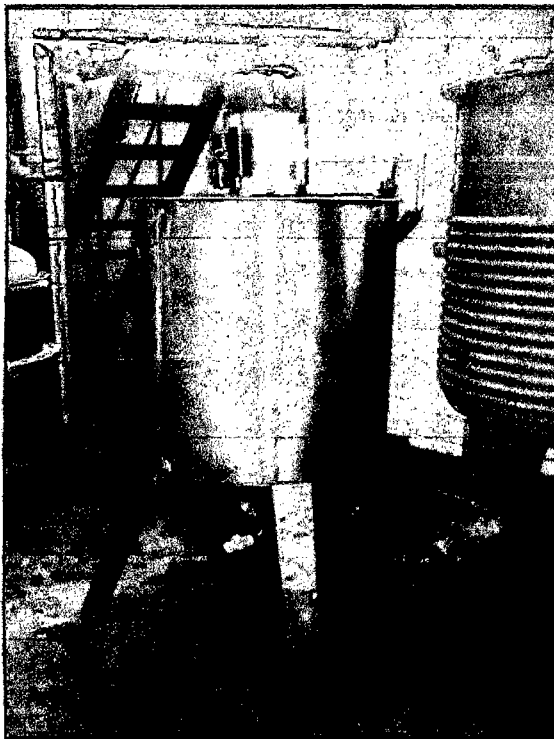
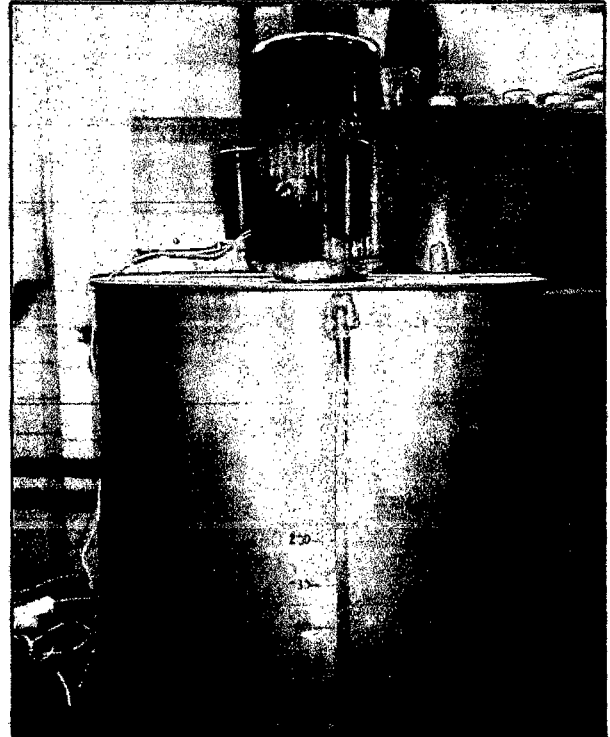
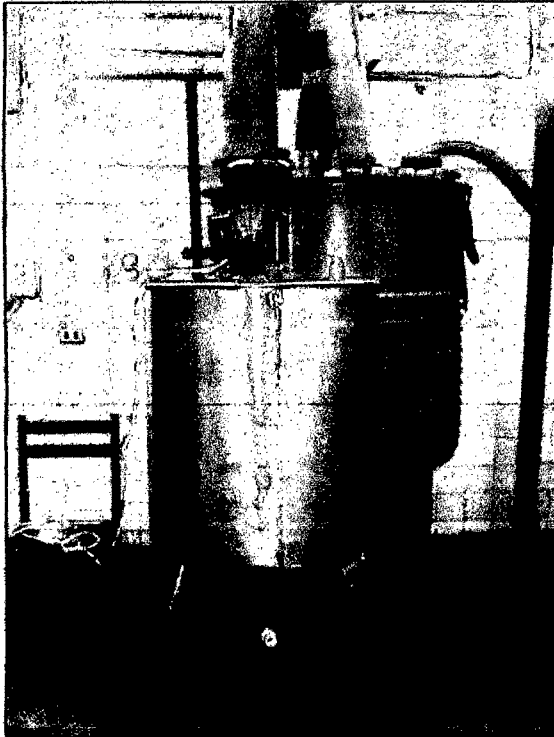
$$\frac{100 \times ds \times \% \text{ Sólidos de jarabe Estándar}}{100 \times ds \times \% \text{ Sólidos de jarabe que Necesita ajuste} - 0.99717}$$

100 x ds

Donde : ds :Densidad Aparente del Jarabe Estándar

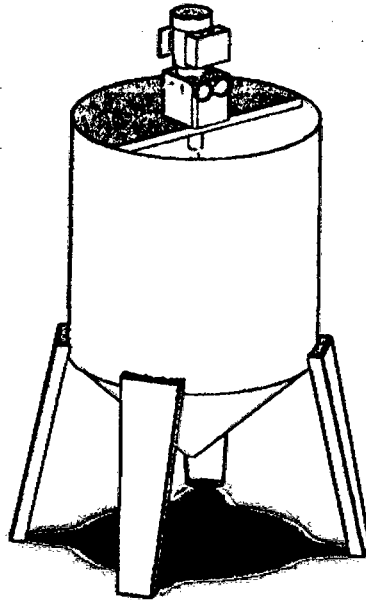
ANEXO 05

FOTOS DEL TANQUE AGITADOR



ANEXO 06

**MANUAL DE INSTRUCCIONES PARA EL FUNCIONAMIENTO Y
MANTENIMIENTO DEL EQUIPO.**



MANUAL DE INSTRUCCIONES PARA EL FUNCIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO DEL EQUIPO.

- 1) Verificar el sistema eléctrico del motor.
- 2) Agregar la cantidad de agua adecuada (ver anexo 02), utilizando el visor para la adición del volumen.
- 3) Pesar el azúcar requerido para la elaboración del Jarabe (ver anexo 02), considerándose que el azúcar que embolsada debe restarse el peso de las bolsas para obtener el peso neto que es el peso total del azúcar realmente agregado.
- 4) Hacer funcionar el agitador del tanque de Jarabe Simple e iniciar la adición de azúcar el cual NO debe agregarse más rápido de lo que el agitador puede distribuirlo en toda el agua. Continuar con la agitación hasta la disolución total del azúcar.
- 5) Agitar por un espacio de doce minutos.
- 6) Dejar en reposo por un tiempo breve.
- 7) Medir el °Bx de la solución. La lectura del hidrómetro o Brixometro debe estar entre 55 y 60 °Bx.
- 8) Apagar el equipo (bajar llave térmica)
- 9) Realizar la limpieza de las paredes internas del tanque.