



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción

**“Diseño de Sistema de Limpieza Mecánico para el Área de
Hidrólisis de una Planta Procesadora de Café”**

EXAMEN COMPLEXIVO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentado por:

José Miguel Paredes Acosta

GUAYAQUIL –ECUADOR

AÑO: 2015

AGRADECIMIENTO

A Dios por todas las bendiciones que me ha dado en la vida, a mis padres por el apoyo que me brindaron, al Ing. Ernesto Martínez, Director de Tesis, por su ayuda invaluable, a mi esposa e hija por ser mi mejor motivación e inspiración y a todas las personas que de una u otra forma estuvieron presentes para la realización de este trabajo.

DEDICATORIA

A MI DIOS.

A MIS PADRES.

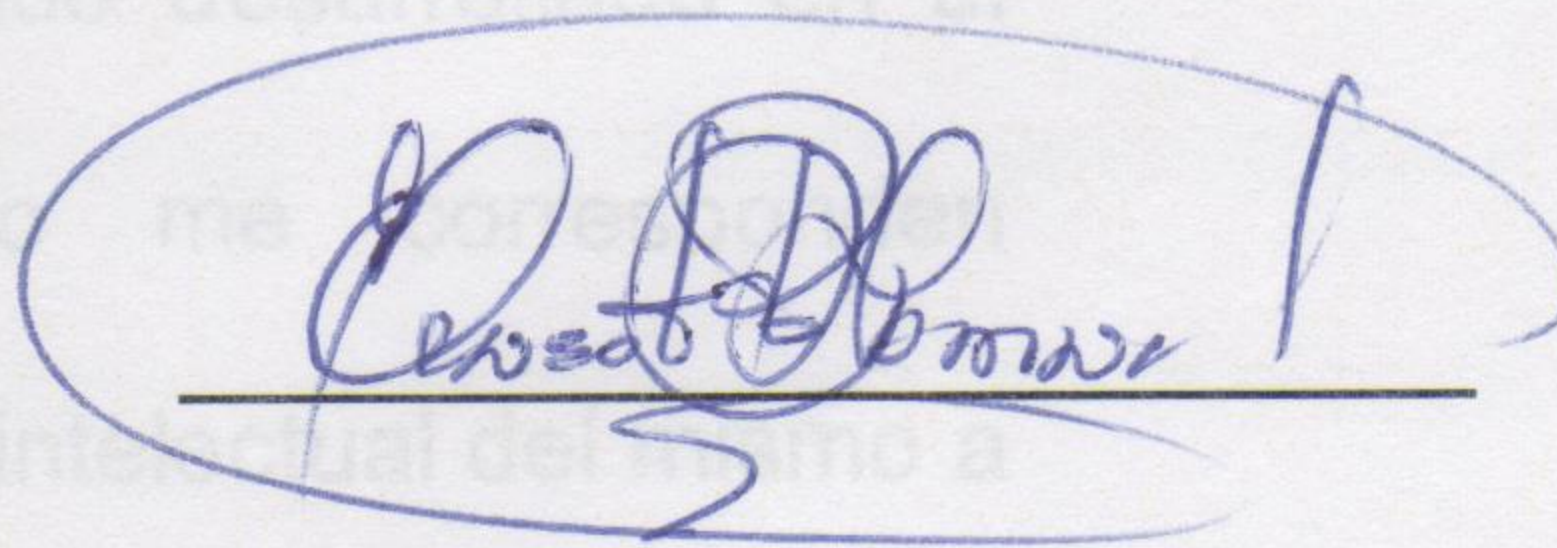
A MI ESPOSA E HIJA.

A MI AMIGOS.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



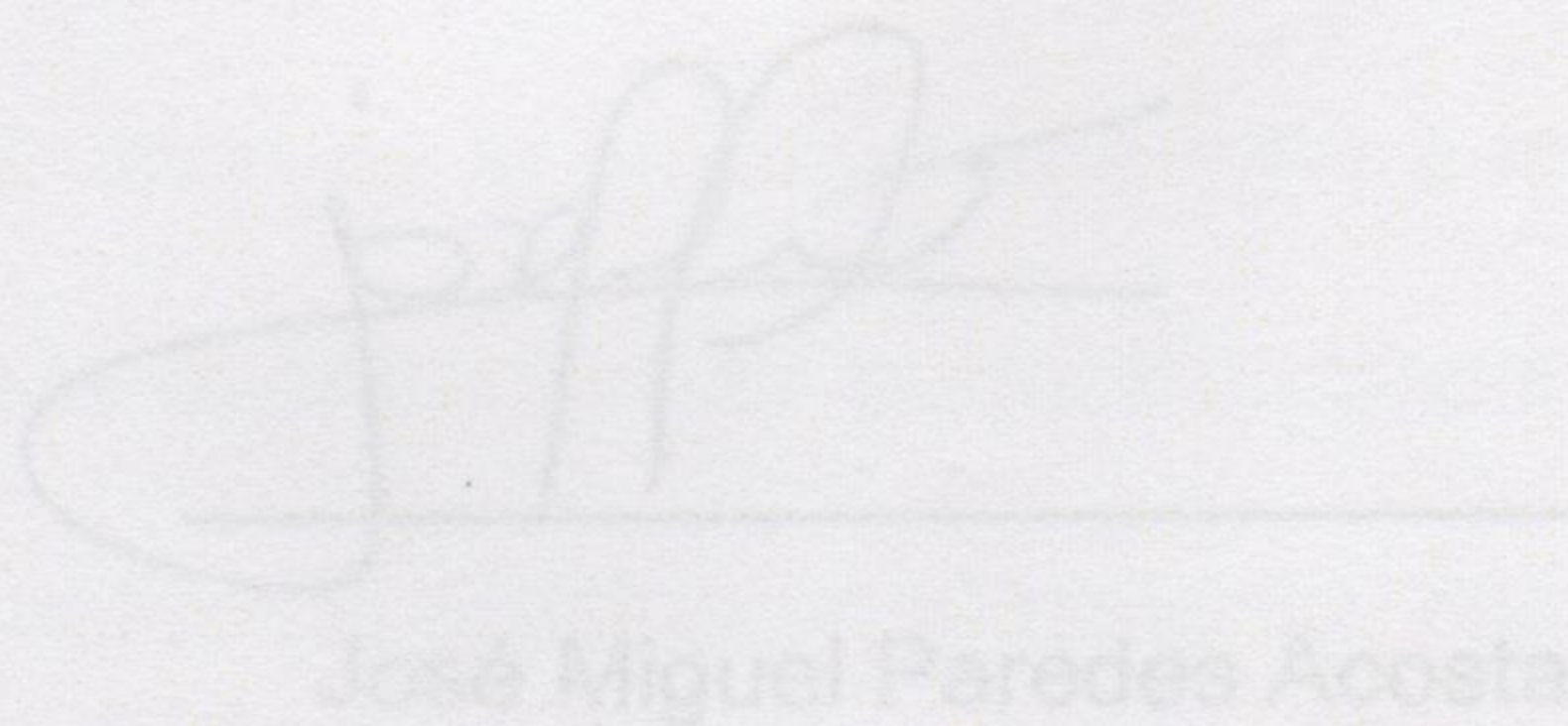
Ing. Jorge Duque R.
DECANO DE LA FIMCP



Ing. Ernesto Martínez L.
DIRECTOR DEL EXAMEN
COMPLEXIVO



Ing. Jorge Duque R.
VOCAL PRINCIPAL



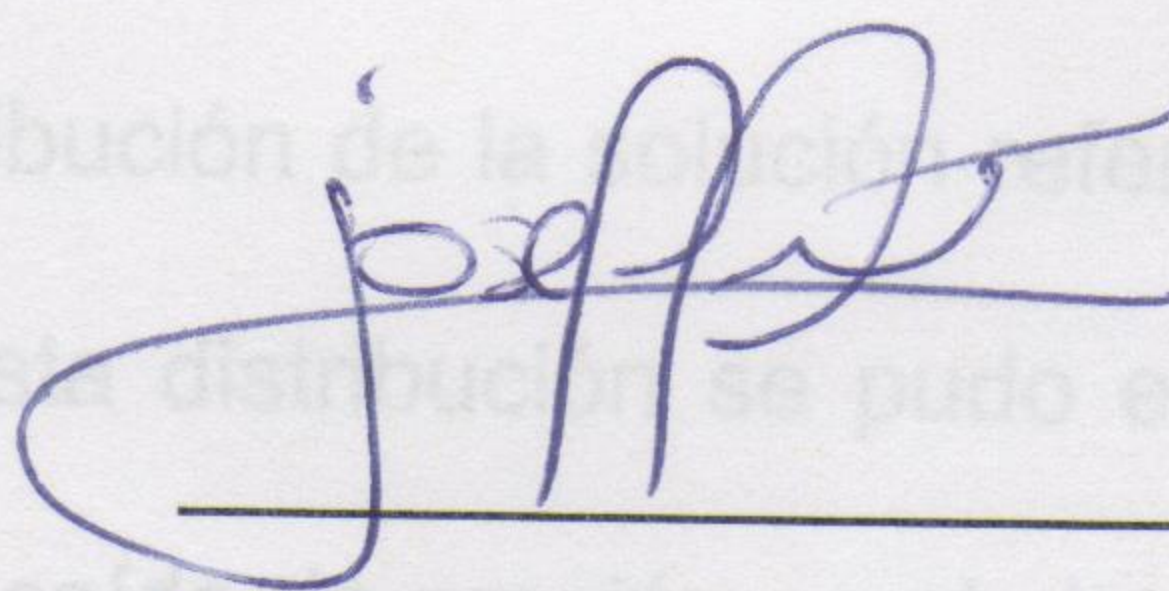
José Miguel Paredes Acosta

RESUMEN

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido desarrollado en el presente Examen Complexivo me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la "ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).



José Miguel Paredes Acosta

RESUMEN

El presente trabajo es el diseño de un sistema de limpieza para tanques de almacenamiento de concentrado de café de una planta industrial que está dedicada a la elaboración de café soluble.

El objetivo de este trabajo es presentar una mejor alternativa de limpieza con el afán de bajar los tiempos empleados para dicha actividad, la cual es realizada de manera manual por los operarios de la planta, esto implica menos tiempo por paralización de equipos lo cual reflejará aumento de productividad.

En la fase del diseño del sistema de limpieza se estableció el diseño isométrico para la instalación de los tanques de la solución de limpieza referente al arreglo de los tanques de producto en planta, así como también el arreglo isométrico de tuberías de distribución de la solución referente a la distribución tuberías de producto, con esta distribución se pudo establecer un análisis de la demanda de caudales y caída de presión en el sistema, con esto se estableció la curva del sistema, estableciendo los tiempos de limpieza entre pre-enjuague, lavada y enjuague final del CIP (limpieza en sitio).

En la etapa de selección de elementos para el sistema de limpieza se considera el material para el diseño del tanque según la norma NACE MR 0175 en el cual se considera la solución como soda caustica a una concentración de 2.5% y a una temperatura de 80 °C, así también la identificación de tuberías bajo código de colores según la norma NTE 0440:1984. Se determina un sistema de calentamiento para el sistema de limpieza con un intercambiador de calor con sus respectivos elementos, lo cual permitirá un calentamiento a la temperatura deseada, así como también la selección de los elementos que componen un CIP esto es, rociadores, tuberías y bombas.

Se hace una metodología para la instalación del sistema de limpieza manteniendo y respetando los espacios físicos existentes en la planta y adicional se presenta un cronograma de actividades para dicha instalación, lo cual estará sujeto a cambio según los directivos de la empresa y la disponibilidad de los equipos.

Finalmente se presenta la elaboración de un presupuesto referencial para la ejecución del proyecto el que implica costo de materiales y equipos, así como también la mano de obra para la ejecución del proyecto, con sus conclusiones y recomendaciones.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ABREVIATURAS	vi
SIMBOLOGIA	vii
INDICE DE FIGURAS.....	viii
INDICE DE TABLAS	ix
INTRODUCCION.....	1
CAPITULO 1	
1. OBJETIVO DEL PROYECTO.....	4
1.1.-Generalidades.....	4
1.2.-Descripcion del sistema de hidrólisis.....	5
1.3.-Descripcion del sistema de limpieza actual.....	8
1.4.-Definición del problema.....	12
1.5.-Planteamiento de la solución.....	13
CAPITULO 2	
2. DISEÑO DEL SISTEMA MECANICO DE LIMPIEZA.....	19
2.1.-Diseño de forma del sistema de limpieza.....	19
2.2.-Descripcion del sistema de limpieza.....	23
2.3.-Diseño del sistema de distribución de tubería.....	25
2.4.-Análisis de demanda de caudales y caída de presión del sistema.....	29

CAPITULO 3

3. SELECCIÓN DE ELEMENTOS DEL SISTEMA MECÁNICO DE LIMPIEZA.....	34
3.1.-Diseño de tanques.....	34
3.2.-Selección de accesorios del sistema.....	44
3.3.-Selección de tuberías.....	53
3.4.-Selección de bombas.....	55

CAPITULO 4

4. METODOLOGIA PARA LA INSTALACION DEL SISTEMA DE LIMPIEZA.....	66
4.1.-Recomendaciones para la instalación del sistema.....	66
4.2.-Cronograma de actividades.....	70

CAPITULO 5

5. ANALISIS DE COSTO DEL SISTEMA.....	72
5.1.- Costo de materiales y equipos.....	72
5.2.- Costo de mano de obra.....	75

CAPITULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	78
--	----

APENDICES.

BIBLIOGRAFÍAS.

ABREVIATURAS

At	Área transversal
ASME	Estándares por la asociación de ingenieros mecánicos.
ASTM	Sociedad Estadounidense de Prueba de Materiales.
ANSI	Instituto Nacional Estadounidense de Estándares.
API	Instituto Estadounidense del Petróleo.
CIP	Limpieza en sitio
GLP	Gas Licuado de Petróleo.
GPM	Galones por minuto.
g	Gravedad.
h	Altura
f	Factor de fricción
n	Factor de Seguridad.
L	Longitud
NPSH	Cabezal de Succión de entrada de la bomba.
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana.
PH	Medida de alcalinidad de una sustancia.
P	Presión
Q	Calor Sensible
T	Temperatura
t	Espesor
V	Volumen
W	Peso

SIMBOLOGÍA

Q	Caudal, Calor
cp	Cent poise
Ø	Diámetro
°C	Grados centigrados
D	Diámetro
%	Porcentaje
Re	Número de Reynolds
h	Hora
kg	Kilogramo
Kj	Kilojoule
KW	Kilowatts
mm	Milimetro
m	Metro
m ²	Metro cuadrado
m ³	Metro cubico
N	Newton
in	Pulgada
Pa	Pascal
s	Segundo

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Tanque de Almacenamiento	10
Figura 1.2. Sistema de tanques de almacenamiento.....	11
Figura 1.3. Sistemas de aspersión (SPRAYBALLS).....	16
Figura 2.1. Isométrico de la red de abastecimiento de soda caustica.....	21
Figura 2.2. Isométrico del sistema de red de tubería para el sistema de hidrolisis del café.....	22
Figura 2.3. Diagrama del proceso.....	23
Figura 2.4. Isométrico del sistema de red de tubería donde se expresan los nodos U1; U2; U3; U4 y los tanques T1; T2; T3; T4.....	26
Figura 2.5. Diagrama de flujo determina el factor de rugosidad de la bomba.....	31
Figura 2.6. Distribución de la curva del sistema.....	33
Figura 3.1. Selección del tipo de material.....	35
Figura 3.2. Tanque de preparación de la solución de limpieza.....	39
Figura 3.3. Base del tanque de preparación de la solución de limpieza.....	40
Figura 3.4. Esquema del sistema de calentamiento.....	49
Figura 3.5. Rociadores.....	52
Figura 3.6. Curvas de operación de bombas centrifugas SSH.....	62
Figura 3.7. Bomba modelo SSH, acople cerrado.....	63
Figura 3.8. Curvas de operación de bombas centrifugas SSH.....	65
Figura 4.1. Cronograma de Diseño e Instalación del Proyecto.....	71

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Números de Reynolds.....	15
Tabla 2	Calculo de Cabezal Piezometrico cada nodo de Distribución..	28
Tabla 3	Datos para el diseño de un sistema interactivo para construcción de la gráfica del sistema.....	30
Tabla 4	Datos para el grafico de la curva del sistema.....	32
Tabla 5	Volúmenes para cada uno de los circuitos de lavado.....	38
Tabla 6	Dimensiones de los tanques.....	44
Tabla 7	Coefficiente de resistencia en accesorios.....	58
Tabla 8	Perdidas menores en accesorios por unidad.....	59
Tabla 9	Pérdidas totales para el caso de limpieza más extremo.....	61
Tabla 10	Pérdidas totales para el caso de retorno.....	64
Tabla 11	Costos de construcción.....	73
Tabla 12	Costos totales.....	77

INTRODUCCION

El presente proyecto está orientado al diseño y análisis económico de un sistema de limpieza mecánico para tanques de almacenamiento de concentrado de café. El café líquido es el producto final antes de su último proceso de secado por calor, en la industria de café soluble. En esta industria los controles de calidad son extremadamente importantes, ya que el producto final en su mayor parte es comercializado al exterior, por lo tanto, el propósito de este trabajo es garantizar la limpieza de los recipientes de almacenamiento y del sistema de tuberías que contienen y permiten el transporte del producto, tanto como sea necesario y así garantizar superficies en contacto con el producto libres de impurezas y eliminar la cantidad de bacterias presentes en el sistema general de proceso, la limpieza es tan importante para lograr una cadena productiva inocua y obtener una calidad de producto final dentro de los estándares establecidos.

Por consiguiente, este trabajo se centra en proponer un sistema de limpieza para los tanques y sistemas de tuberías de hidrólisis de café, el sistema de limpieza actual es realizado por el personal de operación de la planta de manera manual, esto no es realizado de manera adecuada tendiendo a generar depósitos e incrustaciones en tanques y tuberías, generando serios problemas, como deficiencias en la transferencias de calor por generarse una película sólida en el fondo de los tanques, sedimentación que afecta a la

calidad de la hidrólisis, disminución de diámetro interno de tuberías lo cual ocasiona problemas de bombeo, es así que este trabajo se centra en realizar un sistema de limpieza cleaning in place (CIP), para lo cual se lo ha estructurado en seis capítulos.

En el primer capítulo se describe el proceso para obtención de concentrado de café y del sistema de limpieza actual, así como también la definición del problema y planteamiento de la solución al mismo.

En el segundo capítulo se realiza el diseño mecánico para el sistema, describiendo el diseño de forma, el sistema de limpieza, el sistema de distribución de tuberías y el análisis de los caudales y caída de presiones en el sistema.

En el tercer capítulo se realiza la selección de elementos para el sistema mecánico, diseño de tanques para recirculación de la soda caustica, tuberías, bombas y demás elementos para el sistema.

En el cuarto capítulo se realiza la metodología y recomendaciones para la instalación del sistema de limpieza y se plantea también un cronograma para cumplimiento de las actividades.

En el quinto capítulo se presenta el análisis de costo, tanto de materiales como de la mano de obra para la ejecución del trabajo.

Y al final se presenta las conclusiones y recomendaciones del trabajo.

CAPITULO 1

OBJETIVO DEL PROYECTO.

El objetivo prioritario es mejorar la metodología existente, que se usa en la limpieza de tanques y accesorios que conforman el sistema de hidrolisis de almacenamiento del extracto del café en líquido, para esto se realizara el diseño de un sistema de limpieza eficiente semiautomático, para los tanques de almacenamiento del extracto de café, donde como solución y causa principal se establecerán las condiciones de diseño óptimas para disminuir tiempos de limpieza de los tanques.

1.1 Generalidades.

La industria cafetera, es una rama de la industria alimenticia que se dedica al procesamiento del café en grano, que proviene de la agricultura. Este café en grano pasa a través de varios procesos desde una selección previa de granos que se encuentra en silos de almacenamiento dependiendo de las diferentes mezclas de

concentración de café que se procesan, por medio de transporte neumático es llevado al proceso de tostado, luego es transportado a tanques de almacenamiento para ingresar al área de extracción, donde mediante presurización con vapor, el grano se descompone a un estado líquido, y es llevado al área de centrifugación, donde es separado los sólidos que existen, para ser enviado al evaporador lugar de refinación del extracto de café, para almacenarlos en tanques a la espera de su proceso final de secado en presentación solubles, granulado, liofilizado.

1.2 Descripción del sistema de hidrólisis.

En el proceso de elaboración del café, la hidrólisis es una etapa importante que es proveniente de la extracción, el cual es una lixiviación donde el solvente es agua en estado líquido, después de la tostón, la extracción es una etapa importante en la manufactura a gran escala del café instantáneo, granulado y liofilizado, donde los sólidos solubles y los compuestos aromáticos son extraídos.

La etapa de extracción se divide en:

- Humectación.
- Extracción de solubles.
- Hidrólisis.

Humectación.-

En esta etapa el gas liberado mediante la etapa de tostón regresa al grano poroso, tal que inicialmente las partículas se saturan en sus intersticios con el agua caliente, en esta etapa las partículas absorben agua en una cantidad igual o al doble de su peso, la estructura fibrosa del grano lo convierte en un secante que absorbe el agua y ayuda a la posterior extracción de los compuesto solubles.

Extracción de solubles.-

En esta etapa el agua absorbida se disuelven los solubles en el café, produciendo un aumento rápido de la concentración, creando un gradiente de la transferencia de masa siendo este proporcional, a mayor gradiente mayor será el rendimiento en la extracción.

Hidrólisis.-

Es una reacción química entre una molécula de agua y otra molécula, en la cual la molécula de agua se divide y sus átomos pasan a formar parte de otra especie química. Esta reacción es importante por el gran número de contextos en los que el agua actúa como disolvente.

En esta etapa se descompone el café mediante reacciones de los cationes (iones positivos) con el agua para producir una base débil, o bien, a las de los aniones (iones negativos) para producir un ácido débil.

Entonces se dice que la sal de un ácido débil o de una base débil, o de ambos, de un ácido débil y una base débil, está hidrolizada. El grado de hidrólisis es la fracción del ion que reacciona con el agua.

El torrefactado del café solo contiene del 20 % al 30 % de sólidos solubles extraíbles a temperatura normal de ebullición. Aplicando condiciones de alta temperaturas y presión teniendo presente el tipo de café y grado de tostación se puede obtener un mayor contenido de sólidos solubles, debido al rompimiento de las grandes moléculas de carbohidratos que dan moléculas más pequeñas solubles en agua.

Con poca disolución de los carbohidratos por hidrólisis, el resultado de la extracción tiende a ser un producto de buena calidad con buen aroma, pero como la hidrólisis produce un incremento en los sólidos solubles, hay una progresiva dilución de los aromas naturales del café. Los productos de la hidrólisis tienden a ser glucósidos neutrales los cuales presentan poco sabor y aroma. La contribución ácida de las reacciones de hidrólisis acompañada por un sabor y aroma a sulfúrico aparecen con un rendimiento cercano a los 33% de componente solubles. El incremento pronunciado del sabor dulce puede estar asociado al incremento de la acetona, es evidente el débil aroma con un rendimiento cercano al 40 %.

El proceso de extracción involucra varios parámetros fundamentales como son: el grado de tostación, el equipo, el enfriamiento, la molienda,

la carga, la calidad del café verde, la calidad del agua de extracción, el tiempo de inundación, el perfil de temperatura, la caída de presión, el tiempo de ciclo y la cantidad de extracto retirado por ciclo.

El sistema de hidrólisis de almacenamiento del extracto de café líquido actual, está compuesto por una red de abastecimiento del producto de café tratado, el cual pasa por un intercambiador de calor y de dos bombas volumétricas de desplazamiento rotativo, que se usan para que no produzca espuma y reboce de los tanques.

1.3 Descripción del sistema de limpieza actual.

La limpieza actual se realiza a través de una red de tuberías que abastece a 5 tanques de capacidad de 11m³ que están en línea en el nivel 0, dos tanques de 11m³ en un nivel superior de 1,5m y 8 bombas lo cual se realizan las diferentes mezclas dependiendo del tipo de producto requerido.

En la actualidad la limpieza de los tanques, maquinarias e implementos industriales como tuberías y accesorios, se operan manualmente lo que implica que los operadores del proceso tengan que estar en contacto directo con los químicos, agua y detergente utilizados para esta limpieza, el pre-enjuague se realiza con agua y el lavado con soluciones químicas de remoción y al final se enjuaga con agua, la preparación de la solución de soda caústica al 2.5% de concentración es preparada manualmente

mezclando el producto con agua en proporciones de acuerdo a la respectiva formulación, posterior a esto el operador coloca esta mezcla a cada tanque, se enciende el agitador realizando la limpieza y luego de un tiempo se procede a evacuar la solución, y se realiza otro enjuague utilizando agua.

Este método de limpieza utiliza mucho tiempo y puede resultar costoso por concepto de tiempo de parada del proceso afectando en la producción. También implica el uso de gran cantidad de agua y soluciones químicas. Siempre el resultado es a veces insatisfactorio en términos de higiene, especialmente para las normas que tiene la industria alimentaria, en donde las medidas sanitarias son estrictas y necesarias.

En la figuras se presenta el sistema de tanques de almacenamiento de extracto de café concentrado.



Figura 1.1. Tanque de almacenamiento.



Figura 1.2. Sistema de tanques de almacenamiento

1.4 Definición del problema.

Se define el problema para este proyecto la búsqueda de una solución inmediata para eliminar la manipulación e injerencia directa que tiene el operador responsable de la limpieza de los tanques de almacenamiento con la soda caustica, tanto, en la preparación de la solución como en la aplicación, otra de las soluciones encaminada en la investigación del presente trabajo es disminuir el tiempo de parada del proceso, por concepto de limpieza de los tanques de almacenamiento de extracto de café, el tiempo actual es de 8 horas el cual se considera alto para la industria porque genera pérdidas en la producción del producto final.

No es cierto que la limpieza no sea necesaria realizarse, en que el proceso de producir el extracto del café se elabora en lugares no cerrados completamente en donde existe presencia de contaminación en el ambiente por calor, humedad, olores y polvos.

Cuando cada tanque de almacenamiento es descargado, se fomenta el crecimiento de micro-bacterias generado por la acumulación de residuos de productos en la superficies internas, tuberías, accesorios, equipos, tanques, lo cual compromete al departamento de producción a realizar una buena limpieza, correcta sanitación, antes de que inicie una producción o cambio de mezcla del producto para evitar afectaciones en la calidad y aromas del producto final.

1.5 Planteamiento de la solución.

Se plantea realizar el diseño de un sistema de limpieza en sitio sin desmontar ningún elemento como equipos y tuberías.

El CIP, es el método utilizado en plantas de proceso de sanidad para limpiar tanques, tuberías e incluso espacios de trabajo entre cambio de producción al recircular automáticamente detergente y soluciones de enjuague. El proceso de limpieza consiste en distintos ciclos en los que el material de enjuague es reciclado a través de los receptáculos, bombas, válvulas y otros equipos del proceso en el sistema de flujo.

Aspectos básicos.-

Es un sistema que permite facilitar las operaciones de limpieza, y se puede semi-automatizar el proceso, además no requiere desmontar los equipos que se lleva a cabo mediante la circulación de la solución de la soda caustica preparada al 2.5% de concentración a través de un sistema de red cerrada la cual abastecerá a los 5 tanques del sistema y a todo el sistema en general.

Este sistema tiene como grandes ventajas, el ofrecer procesos repetitivos que ahorran energía, agua y sustancias químicas, además de reducir las labores manuales; reduciendo los riesgos asociados al manejo de sustancias químicas.

Para la operación del sistema se debe tener en cuenta cuatro variables importantes:

- Temperatura.
- Tiempo.
- Turbulencia.
- Concentración de la sustancia

La temperatura de la solución de limpieza del CIP es vital para su efectividad, y se encuentra de acuerdo a los requerimientos del proceso y químicos a usar en la solución de limpieza.

La turbulencia es necesaria para asegurar un correcto lavado en el interior de tuberías y accesorios, solamente si se presenta el llamado número de Reynolds en una franja de valores adecuada. Según las experiencias de Osborn-Reynolds el reparto de velocidades en una tubería es función de:

Diámetro de tubería, caudal, viscosidad dinámica, densidad del fluido.

Un óptimo resultado se logra alcanzando velocidades en tubería de 1.5 a 3.0m/s. En la Tabla 1 se muestran las condiciones de limpieza para distintos diámetros de tuberías.

TABLA 1 NÚMEROS DE REYNOLDS

Tabla 1 - Números de Reynolds			
D (DIN)	V (m/s)	Re	Q (m ³ /h)
25	2,8	$7,3 \cdot 10^4$	5,4
40	2,0	$8,0 \cdot 10^4$	9,0
50	1,7	$8,5 \cdot 10^4$	12,0
65	1,48	$9,8 \cdot 10^4$	18,2
80	1,36	$11,0 \cdot 10^4$	25,2
100	1,34	$13,4 \cdot 10^4$	37,9

Por tanto se permite un funcionamiento eficaz de los dispositivos encargados de la limpieza de los tanques conocidos como sprayballs (figura 1.3).

La concentración de las sustancias es una medida que debe ser determinada experimentalmente o recomendada por el proveedor para que no se desperdicie material ni resulte incompleto el proceso de limpieza.

El tiempo de lavado, el cual depende de diversos factores como disponibilidad de la línea, concentración de la sustancia, cantidad y tipo de suciedades.



Figura 1.3. Sistemas de aspersión (SPRAYBALLS)

Reglas para un diseño higiénico.-

Cuando se busca que el sistema de limpieza sea lo más higiénico posible, existe ciertas reglas que se deben tener en cuenta al momento de diseñarlo.

La primera de esta regla considera evitar la acumulación de producto en los tramos del circuito a limpiar. Esto puede ser logrado minimizando tubería, codos, tramos de tubería curvas, superficies horizontales de equipos y puntos muertos o cavidades donde el producto pueda depositarse.

Es importante que las soluciones de limpieza que van a circular por las tuberías, accesorios y equipos, tengan la suficiente velocidad para generar la turbulencia necesaria para remover los diferentes tipos de suciedades. En cuanto a las superficies internas, deben estar pulidas

correctamente y ser preferible de acero inoxidable tipo sanitario, evitando recubrimientos, depósitos metálicos, electro depositados, y otros tratamientos que en caso de fisura pueden ocasionar contaminación.

Conceptos de diseño.-

El sistema de limpieza tipo CIP consta de ciertos elementos principales:

- Tanques de almacenamiento para las soluciones de limpieza.
- Bombas para asegurar circulación de las soluciones en el sistema.
- Sistema de tuberías.

Para cada elemento existen diferentes aspectos que se deben tener en cuenta en su diseño. Para los tanques de almacenamiento de las soluciones, se debe definir el volumen de acuerdo con el circuito de mayor volumen o con la totalidad de circuitos de limpieza a efectuar (aplicando un factor de sobredimensionamiento). Se recomienda que los tanques sean de acero inoxidable.

Las tuberías con sus respectivos accesorios, como es una industria de alimentos, tiene que ser de tipo sanitario para evitar riesgos en la calidad e inocuidad de los productos.

El material utilizado es el acero inoxidable, que reúne:

- Resistencia mecánica.
- Terminación sanitaria.
- Resistencia a agentes ambientales y de limpieza.

Las bombas a utilizar en el sistema deben cumplir con tres características básicas:

1. La primera es la capacidad de flujo de la bomba que asegure un régimen de flujo turbulento ($Re > 3000$) para que la limpieza sea efectiva.
2. La segunda característica es el cabezal de la bomba, la cual está relacionada con la altura de la tubería, las pérdidas por fricción, la temperatura y la presión de la solución bombeada.
3. Por último se encuentra el cabezal de succión o NPSH, que es la capacidad de succión en la entrada a la bomba, la cual es de vital importancia para prevenir la cavitación; ella depende de la temperatura, presión y la elevación del nivel del fluido. Adicionalmente para el sistema de retorno, se debe usar una bomba centrífuga autocebante.

CAPÍTULO 2

DISEÑO DEL SISTEMA MECÁNICO DE LIMPIEZA.

En este capítulo se analiza el diseño de forma de la red de las tuberías de alimentación de los tanques de almacenamiento, se plantea una red de tuberías paralela para la limpieza de los tanques, y la descripción del sistema mecánico de limpieza, además se establece los parámetros para el diseño de los equipos.

2.1 Diseño de forma del sistema de limpieza.

Para establecer el diseño de forma, se planteó una red para la circulación del producto de limpieza que es la solución de soda cáustica al 2.5% de concentración, el sistema constara con un tanque para la preparación y almacenamiento de la solución.

La red del producto de limpieza será de tipo cerrada y para los tanques, accesorios y tuberías del sistema de hidrólisis se utilizaran las bombas y tuberías adicionales al sistema existente.

La distribución de la solución de limpieza circula mediante tuberías de diámetro de 2 pulg, además para el correcto funcionamiento deberá complementarse con otros elementos. Se asume que la soda cáustica tiene la siguiente característica:

- Densidad 1000 kg/m³.
- Viscosidad 1 cp

Dada la característica del fluido requerido, las bombas encargadas de distribuir el líquido que se instalaran, son bombas según normas ASME B73.1, las cuales funcionan con motores eléctricos.

Midiendo los consumos estimados para los equipos se han establecido la demanda del fluido.

Se tienen 5 tanques para almacenamiento, para ser llenados requieren un caudal de 8 GPM de producto, se considera que pueden ser llenados hasta 3 tanques simultáneamente por lo que se requiere un flujo de 24 GPM, los 2 tanques restantes son abastecedores de las 2 bombas de desplazamiento positivo que bombean producto a 13 GPM, para efectos del diseño se considera que los equipos operan en forma simultánea, por lo que el flujo es de 26GPM.

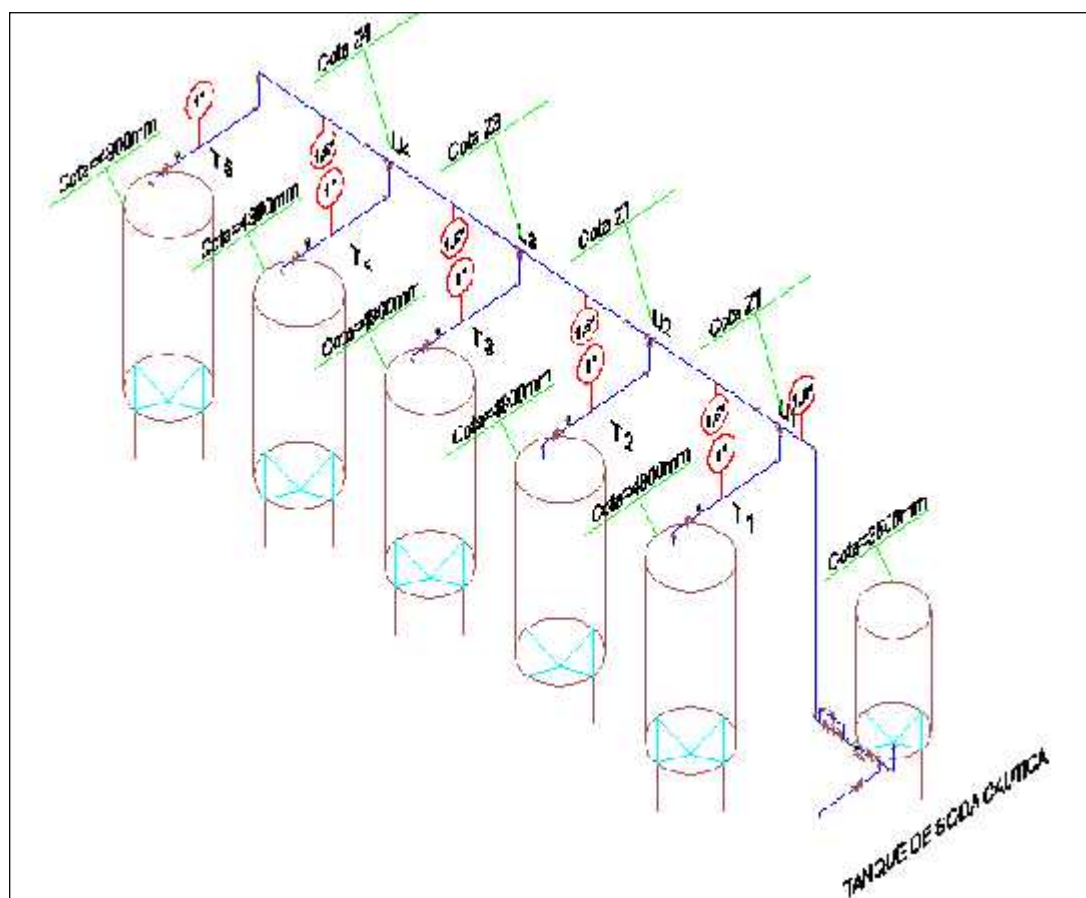


Figura 2.1. Isométrico de la red de abastecimiento de soda caustica

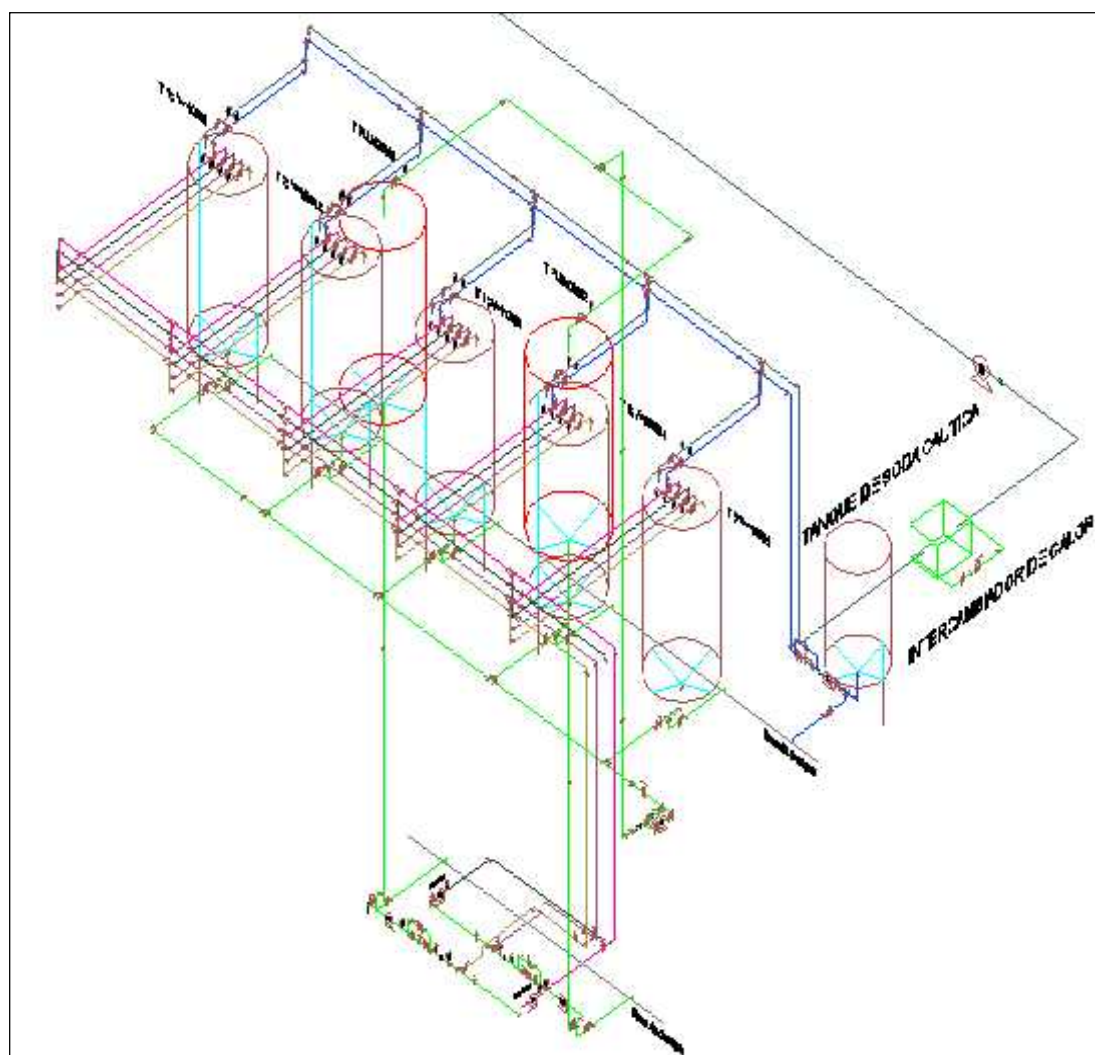


Figura 2.2. Isométrico del sistema de red de tubería para el sistema de hidrólisis del café

2.2 Descripción del sistema mecánico de limpieza.

Para eliminar los elementos potencialmente contaminantes no basta con aplicar métodos de limpieza convencionales, por el contrario, se necesita implementar un sistema capaz de vencer las adherencias en las uniones y las superficies impregnadas de las sustancias entre sí.

Para comprender de una manera eficaz el proceso de limpieza se presenta un diagrama de flujo con todos los componentes del sistema.

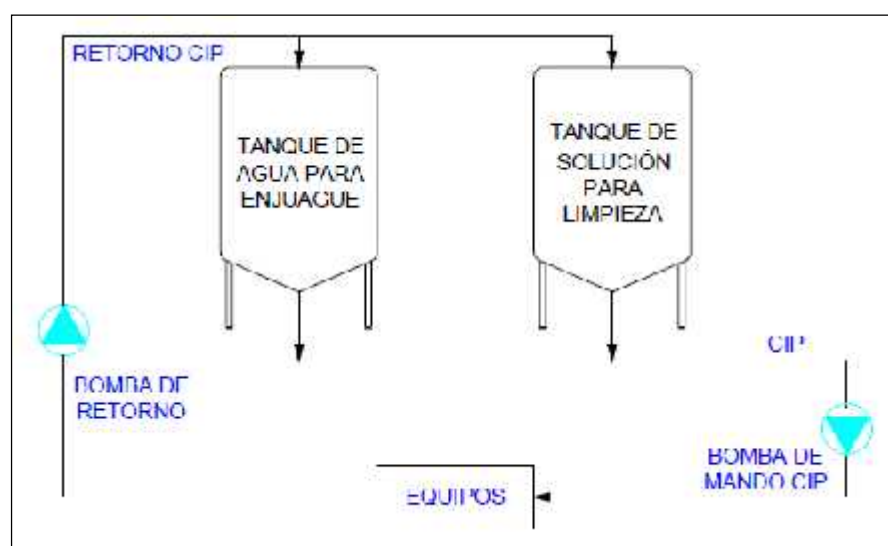


Figura 2.3. Diagrama del proceso

El sistema CIP a diseñar está conformado de tres etapas las cuales se describen a continuación:

a.-) Etapa de pre-enjuague.

Es con la cual inicia el proceso CIP, comienza por remover los sólidos y el producto que ha quedado en los equipos a los que se le va a realizar la limpieza, por esta circunstancia esta agua no es reutilizada, y se la envía a una planta de tratamiento, para que sea tratada y reutilizable en proceso de limpieza externa de la planta.

Esta agua debe permanecer a una temperatura de 60°C y circular por un período aproximado de 34 minutos.

b.-) Etapa de solución de soda cáustica.

En esta etapa se elimina y desinfecta de todos los micro-organismos y bacterias alojados en las superficies internas de los equipos.

La soda cáustica al 2.5% de concentración, es el producto que será preparado en un tanque el cual constara con un agitador, entrada de agua saturada a 80°C, esto es para garantizar una buena sanitación, además su duración será mayor a la etapa anterior la solución será completamente reutilizable controlando su PH, debe pasar por un período de tiempo aproximado de 45 minutos.

c.-) Etapa de enjuague final.

La etapa de enjuague tiene como función remover las soluciones de limpieza en el interior del sistema y bajar la temperatura de los equipos que se están lavando, esta agua es recuperada y almacenada para próximos lavados controlando el PH.

El agua de enjuague final esta temperatura ambiente, circula por un tiempo menor o igual al del pre-enjuague.34minutos.

2.3 Diseño del sistema de distribución de tubería.

El sistema de tuberías alimenta a los 5 tanques de 11m³, ubicados en el nivel cero que se establece para la determinación del diseño y cálculos, se recirculara en el sistema con otras bombas y tuberías existente.

Cada tanque tendrá accesorios de válvulas mariposas, manómetros y sistema de interconexiones para la recirculación del producto, la distribución de todos estos accesorios y trayectoria de tubería del sistema de hidrolisis.

Para definir el cálculo del sistema de alimentación de la distribución de tuberías, se trabajara con el método conocido de balance de cantidad, el cual consiste en conservar la masa a lo largo del sistema, como principio se plantea que en cada una de las uniones denominadas nodos de la red se deba cumplir la ecuación de continuidad y en cada uno de los tanques se deba suministrar el caudal demandado.

Aplicando este método se determinan los diámetros y se verificaran en cada uno de los tanques si cumplen la demanda de caudal bajo condiciones permanentes de flujo.

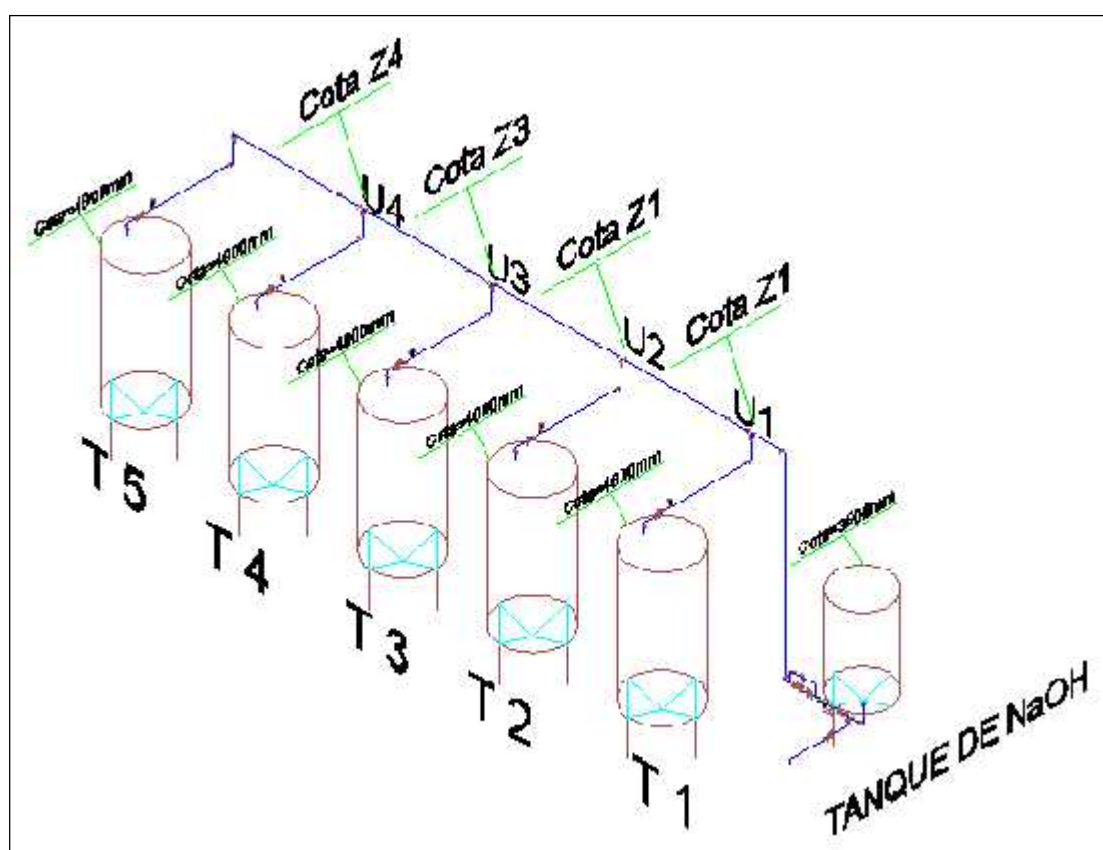


Figura 2.4. Isométrico del sistema de red de tubería donde se expresan los nodos U1; U2; U3; U4 y los tanques T1; T2; T3; T4

Las tuberías están conectadas a un sistema de tanques de limpieza de suministro de soda cáustica, y agua, el cual entra el caudal total demandado hacia los tanques de almacenamiento denominados

T1,T2,T3,T4,T5 con las respectivas demandas de caudal, el producto limpiador circula a través del ramal principal hacia los cabezales de nodos U1,U2,U3,U4, ver figura 2.4.

Por consiguiente se plantea la siguiente ecuación.

$$[Z_i - Z_u] = \left(f_{iu} \frac{l_{iu}}{d_{iu}} + \sum K_m \right) \frac{v_{iu}^2}{2g} \quad (i = 1,2,3,4) \quad (2.1)$$

Z_u = Cabezal Hipsométrica en la unión.

Z_i = Cabezal Hipsométrica en el tanque i.

v_{iu} = Velocidad de flujo en la tubería iu.

d_{iu} = Diámetro en la tubería iu.

l_{iu} = Longitud de la tubería iu.

f_{iu} = Factor de fricción de darcy para tubería iu.

$\sum K_m$ = Coeficiente global de pérdidas menores de la tubería iu.

La ecuación (2.1) también se puede expresar así:

$$[Z_i - Z_u] = \left(\frac{f_{iu} l_{iu}}{2gd_{iu}} + \frac{\sum k_m}{2g} \right) \frac{Q_{iu}^2}{A_{iu}^2}$$

La ecuación de conservación de la masa en la unión o nodo U se define con la siguiente ecuación:

$$\sum_{i=0}^n Q_{iu} - Q_U = 0$$

Dónde:

Q_{iu} = Caudal en la tubería iu (se toma como positivo si llega al nodo o como negativo si sale del nodo)

n = número de tuberías que llegan a la unión o nodo U.

Q_{Lu} = Caudal consumido en la unión (puede ser cero)

TABLA 2 CÁLCULO DE CABEZAL PIEZOMÉTRICO DE CADA NODO DE DISTRIBUCIÓN.

Número	Cabezal de unión(m)				Cota de recipientes (metros)						
	Zu1	Zu2	Zu3	Zu4	Tanque	T1	T2	T3	T4	T5	CBOMBA
1	6,40	6,20	6,10	5,30	3,5	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	3
2	6,07	6,15	5,78	5,79	3,5	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	3
3	5,94	5,97	5,81	5,73	3,5	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	3
4	5,90	5,86	5,75	5,67	3,5	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	3
5	5,85	5,79	5,69	5,62	3,5	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	3
6	5,78	5,72	5,64	5,57	3,5	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	3
7	5,73	5,68	5,59	5,53	3,5	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	3
8	5,69	5,62	5,54	5,48	3,5	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	3
9	5,63	5,57	5,49	5,44	3,5	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	3
10	5,58	5,51	5,45	5,40	3,5	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	3
					Q(GPM)	8,92	8,47	8,00	8,00	6,86	
					Q(LPS)	0,56	0,53	0,50	0,50	0,43	

Se establece que las pérdidas de velocidad de llenado de cada tanque varían de acuerdo a la distancia y ubicación, para lo cual para nuestro diseño necesitamos un caudal volumétrico mayor al de llenado 8.92GPM.

2.4 Análisis de demanda de caudales y caída de presión del sistema.

Se realiza la comprobación de los caudales, el cálculo se hace mediante un proceso iterativo el cual a su vez está basado en el algoritmo de la comprobación del diseño de los tubos simples.

Se escoge en la tabla 2, un caudal de 8,92GPM para determinar el tiempo de limpieza.

El volumen del tanque de almacenamiento es 11m^3 , equivalente a 2906galones.

El CIP define que el 25% del volumen del tanque de almacenamiento debe ser llenado con la solución.

Para lo cual el tiempo de limpieza de una etapa es de 83 min.

El proceso iterativo para la comprobación del diseño se basa en suponer el cabezal en cada una de las uniones y de acuerdo al requerimiento del caudal se corrige el nivel de cada una de las uniones, las variables son: la longitud de la tubería, el material de la tubería y el diámetro de la tubería, y como incógnita del proceso el caudal requerido.

Mediante las ecuaciones (2.2), (2.3) y (2.4) se puede identificar los caudales en cada una de las tuberías y cabezal del sistema de

abastecimiento de los tanques, despejando cada factor de corrección para el cabezal en las uniones de la red abierta se obtiene:

$$Z = \left[H + \frac{f \cdot L}{D} + K_m \right] * \left[\frac{Q^2}{2 \cdot g \cdot \left(\frac{D^5}{4} \right)^2} \right] \quad (2.2)$$

Factor de fricción del sistema:

$$f = \frac{0.2}{\left[10 \left(\frac{1}{3.7D/k} + \frac{5.7}{R^{0.9}} \right)^2 \right]} \quad (2.3)$$

A flujo turbulento:

$$Re = \left[\frac{Q \cdot D \cdot 4}{v \cdot \pi \cdot D^2} \right] \quad (2.4)$$

Estas variables se introducen en un diagrama para determinar el factor de rugosidad del sistema figura (2.5).

TABLA 3 DATOS PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA INTERACTIVO PARA CONSTRUCCIÓN DE LA GRÁFICA DEL SISTEMA.

Datos:		
l(m):	62,05000	
Ks:	0,00005	
Q0(m3/sg):	0,00189	
Ht(m):	1,30000	
km:	232,71000	
densi(Kg/m3)	1.000,00000	
u(Pa.S):	0,00100	
v(m2/sg):	0,00000	
Q0(m3/sg):	-	
Qf(m3/sg):	0,00227	
dQ(m3/sg):	0,00006	
diametro(in):	2,00000	0,0266
	Caudal(m3/s)	Cabeza(m)
1	0,00227	-
2	0,00215	17,58
3	0,00202	35,15
4	0,00192	70,31
5	0,00179	105,46
6	0,00164	140,61

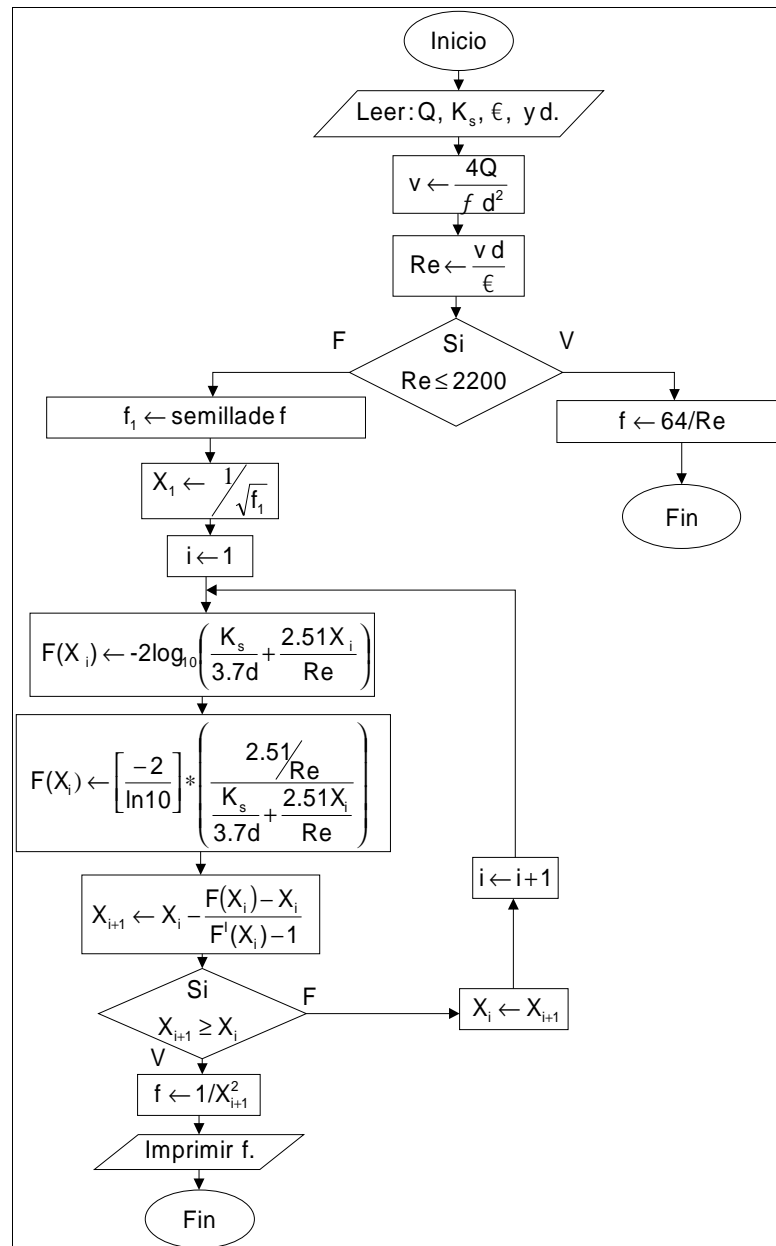


Figura 2.5. Diagrama de flujo determina el factor de rugosidad del sistema.

TABLA 4 DATOS PARA EL GRÁFICO DE LA CURVA DEL SISTEMA.

diametro	cabezal(sist)	cabezal(bomb)	f	Caudal
2	1,30000		-	-
2	1,47980		0,0450	0,00006
2	2,01943		0,0450	0,00011
2	2,86350		0,0401	0,00017
2	4,02009		0,0371	0,00023
2	5,48592		0,0350	0,00028
2	7,25876		0,0335	0,00034
2	9,33696		0,0323	0,00040
2	11,71928		0,0313	0,00045
2	14,40472		0,0305	0,00051
2	17,39246		0,0298	0,00057
2	20,68183		0,0292	0,00062
2	24,27225		0,0287	0,00068
2	28,16324		0,0282	0,00074
2	32,35436		0,0278	0,00079
2	36,84526		0,0274	0,00085
2	41,63559		0,0271	0,00091
2	46,72508		0,0268	0,00097
2	52,11347		0,0265	0,00102
2	57,80052		0,0262	0,00108
2	63,78603		0,0260	0,00114
2	70,06981		0,0258	0,00119
2	76,65168		0,0256	0,00125
2	83,53150		0,0254	0,00131
2	90,70912		0,0252	0,00136
2	98,18441		0,0250	0,00142
2	105,95725		0,0249	0,00148
2	114,02753		0,0247	0,00153
2	122,39514		0,0246	0,00159
2	131,06000	140,61	0,0244	0,00165
2	140,02201	122,85	0,0243	0,00170
2	149,28110	108,09	0,0242	0,00176
2	158,83719	93,81	0,0241	0,00182
2	168,69020	79,96	0,0240	0,00187
2	178,84007	66,52	0,0239	0,00193
2	189,28674	53,48	0,0238	0,00199
2	200,03016	40,80	0,0237	0,00204
2	211,07026	28,47	0,0236	0,00210
2	222,40699	16,47	0,0235	0,00216
2	234,04031	4,78	0,0234	0,00221
2	245,97017	-	0,0233	0,00227

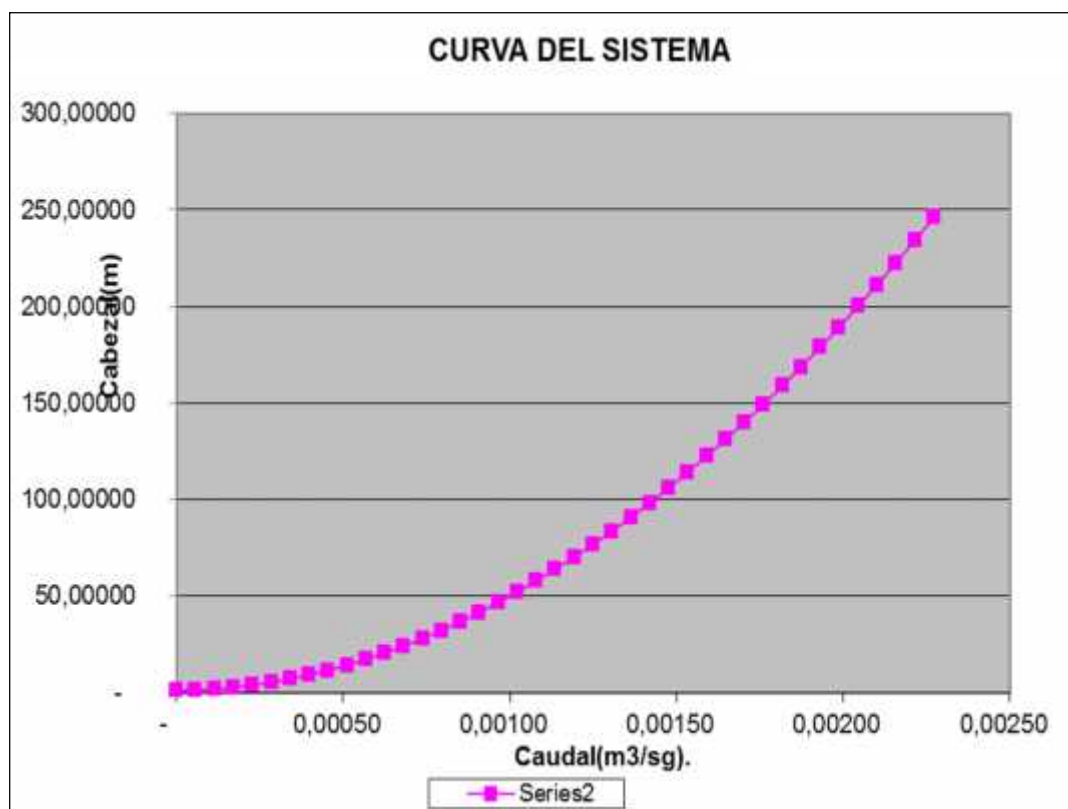


Figura 2.6. Distribución de la curva del sistema

Esta curva se la gráfica con una serie de valores correspondientes de cabezal (Z) y de la ecuación (2.2) obtenida mediante iteraciones mostrada en la Tabla 4 como cabezal del sistema, esta figura representa una curva Z vs Q (cabezal del sistema vs caudal), la cual se conoce como la curva del sistema. Su forma depende de la geometría y material de la tubería y de la cabeza topográfica que debe ser vencida por la bomba.

CAPÍTULO 3

SELECCIÓN DE ELEMENTOS DEL SISTEMA MECÁNICO DE LIMPIEZA.

El dimensionamiento en bombas y capacidad de almacenamiento para las soluciones de lavado tipo CIP, demanda efectuar cálculos que permitirán establecer tanto los volúmenes empleado durante el saneamiento como los de reserva (con esto se garantizara capacidad de operación al momento de hacer uso). Por otra parte se busca establecer las perdidas dadas en tuberías generadas por el dimensionamiento de la línea; esto con el objeto de cuantificar la capacidad de la bomba de alimentación y retorno.

3.1 Diseño de tanques.

Los tanques de almacenamientos de enjuague, pre-enjuague y de soda cáustica deberán ser construidos en acero AISI 304L bajo las respectivas normativas de construcción.

Para el transporte y almacenamiento de la soda caustica se emplea la norma NACE MR0175/ISO15156-1, en la cual el material a utilizar depende de la concentración de soda cáustica y temperatura de operación.

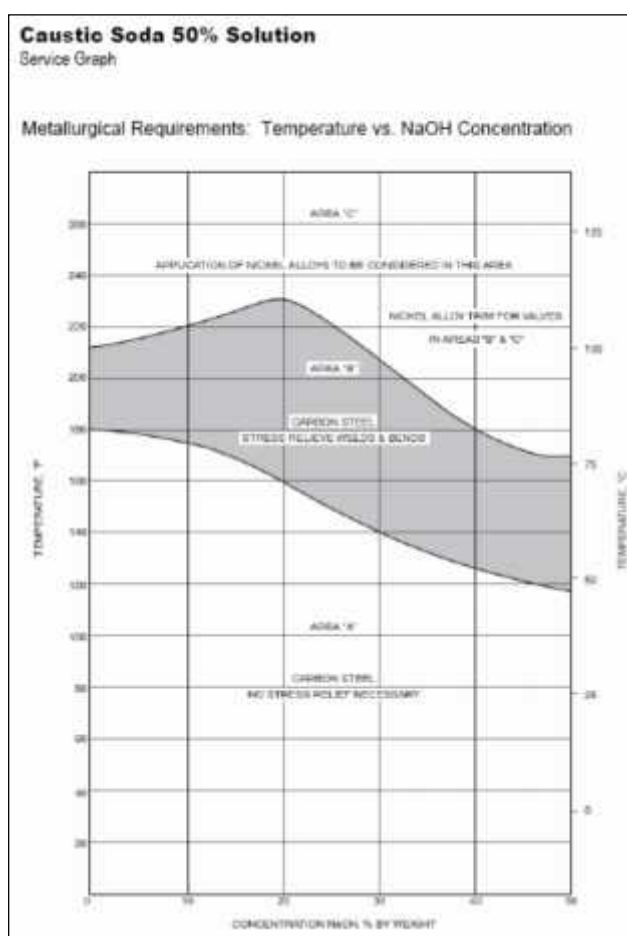


Figura 3.1. Selección del tipo de material.

Como se observa en la figura (3.1), para la soda cáustica al 2.5% de solución con temperatura sobre los 80°C se recomienda utilizar

materiales tales como los aceros inoxidable austeníticos AISI 304L, aceros inoxidable ferríticos y acero inoxidable a dos caras se han utilizados con éxitos en industrias alimenticias.

Por tanto, se toma a una concentración de 2.5% de soda cáustica y a 80°C en el sistema, el material de acero inoxidable AISI 304L para el almacenamiento y distribución del fluido.

Los tanques, accesorios, equipos y tuberías deberán presentar la respectiva identificación y código de color bajo la norma técnica ecuatoriana NTE 0440:1984 referente a colores de identificación de tubería.

Cálculo volumétrico a manejar en el sistema CIP.

Para determinar la cantidad de solución de limpieza se debe calcular la suma de todos los volúmenes que participan en el proceso.

El volumen de tubería se calcula de la longitud total y del diámetro. La longitud total corresponde a la suma de las longitudes de cada uno de los tramos de tubería de las diferentes secciones.

El área transversal se calcula a partir del mayor diámetro interno de tubería a utilizar en el sistema de limpieza sanitaria (< 2 pulg), de la siguiente manera:

$$A_t = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi (0.0508 \text{ m})^2}{4} = 2.16 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \quad (3.1)$$

Se obtiene una longitud de tubería del sistema que se está aplicando CIP, que es 62.05m., de modo que el volumen por tubería es:

$$V = (0.00216\text{m}^2) \cdot (62.05\text{m}) = 0.1340\text{m}^3 = 134.03\text{L}$$

Es importante mencionar que en los cálculos se debe considerar igualmente un volumen adicional que corresponde al 25% al volumen del tanque, por cada tanque del circuito de lavado, que tiene una capacidad de 11000L, cada uno en total hay 5 tanques, pero en nuestro diseño consideramos que se van a limpiar 2 tanque al mismo tiempo.

Los resultados obtenidos se resumen en la Tabla 5.

TABLA 5 VOLÚMENES PARA CADA UNO DE LOS CIRCUITOS DE LAVADO.

Circuito de lavado	Longitud total tubería (m)	Volumen tubería (L)	Volumen adicional (L)	Volumen total aproximado (L)
Tanques de Almacenamiento 1-2-3	42.05	90.82	9900	9990.82
Líneas tanques de Almacenamiento	24	51.84	-----	51.84
Tanques de Almacenamiento 4-5	20	43.20	6600	6643.20

Para efecto de cálculos se suma el volumen para limpiar 2 tanques al mismo tiempo y se considera un factor de seguridad del 2.5%.

Dimensionamiento del tanque de líquido.

Obtenido el volumen del tanque lo siguiente es determinar las medidas del tanque:

Primero se determina el diámetro del tanque, para lo cual se conoce que las dimensiones de una plancha son de 2.44 m x 1.22 m, se usan 2 planchas a lo largo para formar una circunferencia.

$$L = 2.44\text{m} * 2 = 4.88\text{m}$$

$$L = C = \pi * \emptyset$$

$$\emptyset = L / \pi = 1.55\text{m}$$

Dónde:

\emptyset Diámetro del tanque.

Definido el diámetro y el volumen del tanque se puede proceder a calcular la altura de diseño del tanque.

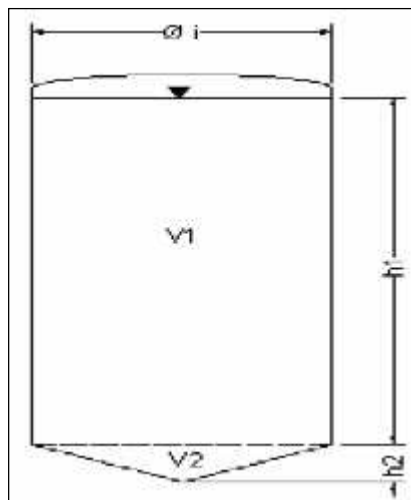


Figura 3.2. Tanque de preparación de la solución de limpieza.

Cálculo para determinar la altura del cono.

Volumen total = Volumen del cilindro + Volumen del cono

De la tabla 5 se establece que el volumen total de la solución es de 6.8m^3 .

Dónde:

$$V_1 + V_2 = \frac{\pi \cdot \phi_1^2 \cdot h_1}{4} + \frac{\pi \cdot \phi_1^2 \cdot h_2}{1} \quad (3.2)$$

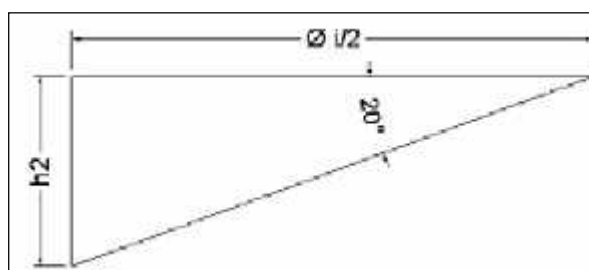


Figura 3.3. Base del tanque de preparación de la solución de limpieza.

La altura del cono se define en la siguiente ecuación:

$$h_2 = \phi / 2 \times \tan 20^\circ \quad (3.3)$$

$$h_2 = 0.26\text{m}$$

Para determinar la altura de la parte cilíndrica del tanque h_1 , se usa la ecuación (3.2), del volumen total y se separa la variable h_1 y la ecuación se establece de la siguiente manera:

$$h_1 = 4 \times \frac{V - \pi \times \phi^2 \times h_2 / 1}{\pi \times \phi^2}$$

$$h_1 = 3.52\text{m}$$

Donde

h_1 Altura de la parte cilíndrica.

Las dimensiones finales del tanque de solución serán:

- Diámetro = 1.55m
- Altura parte cónica = 0.26m
- Altura parte cilíndrica = 3.52m

Cálculo del espesor de las planchas.

Para definir el espesor de la plancha se debe tener en cuenta los siguientes parámetros:

Presión atmosférica en el interior = 101300 Pa

Presión del líquido en el interior, está dada por la ecuación (3.4)

$$P_t = P_0 + P_m = P_0 + (\rho * g * h) \quad (3.4)$$

$$P_t = 101\,300 \text{ Pa} + \left(1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 3.80 \text{ m}\right)$$

$$P_t = 138\,540 \text{ P}$$

Se asume para efecto de diseño que el tanque es un cilindro de pared delgada, para aplicar la fórmula de esfuerzo en cilindros de paredes delgadas (3.5), para encontrar el espesor.

$$\frac{\sigma}{n} = \frac{P * \phi}{2t} \quad (3.5)$$

Para el caso crítico, es el esfuerzo tangencial.

Se usa la ecuación (3.5) para despejar la variable espesor (t), y para el diseño se asume un factor de seguridad de $n = 4$, se tiene en cuenta la altura del tanque y prevenir que se pandee.

$$t = \frac{n * P * \phi}{2\sigma} = \frac{4 * 138540 \text{ P} * 1.55 \text{ m}}{2(241 * 10^6 \text{ P})}$$

$t = 1.78 \text{ mm}$ (espesor de la parte cilíndrica)

Se determina que el tanque es un cilindro de pared delgada.

$$\frac{\phi}{t} = \frac{1.55m}{0.0018m} = 861.11 > 20 \quad \text{l. q. q. d.}$$

Se define que el espesor del tanque será de 2mm, para resistir los cordones de soldadura, corrosión, a través del tiempo y estandarización dentro del mercado.

Cálculo del espesor de los soportes de apoyo del tanque.

Se puede considerar que el tanque está apoyado en 4 tramos de tubos redondos de 2,5pulg cedula 40 con una altura de 0.75m, por limitación de la altura de la sala de los tanques.

Se validara que el espesor del tubo cedula 40 de apoyo que se usa es el adecuado para el tanque.

Las cargas serán el peso del tanque y el peso del líquido de la solución acumulado.

Peso de las 2 paredes cilíndricas del tanque.

$$W_t = V * \rho * g = (2L * t * h) * \rho * g \quad (3.6)$$

$$W_t = (2 * \pi * 1.55m * 0.002m * 3.52m) * 7800 \text{Kg/m}^3 * 9.81 \text{m/s}^2$$

$$W_t = 5246.24 \text{N}$$

Peso de la base y parte superior del tanque.

$$W_b = (2 * \pi * (1.55m)^2 * 0.002m) * 7800 \text{Kg/m}^3 * 9.81 \text{m/s}^2$$

$$W_b = 2310 \text{N}$$

Peso de la solución acumulada en el tanque.

$$W_a = 6.8\text{m}^3 * 1000\text{Kg/m}^3 * 9.8\text{m/s}^2$$

$$W_a = 66640\text{N}$$

Peso total del tanque = Fluido acumulado + estructura

Para el peso de la estructura ecuación (3.7) del tanque se asume un factor de seguridad 1.1, para compensar el peso por accesorios.

$$W_{t1} = W_a + 1.1(W_t + W_b) \quad (3.7)$$

$$W_{tanque} = 74952\text{N}$$

Este peso, se introduce en la ecuación (3.8) de esfuerzo en columnas cortas para encontrar la carga que soporta cada uno de los 4 apoyos del tanque.

Se define que el espesor en tubería cedula 40 es 5.2mm.

$$\sigma = \frac{W_{t1}}{A} \cdot \frac{1}{4} = \frac{W_{t1}}{\pi(\phi_e^2 - \phi_i^2)} \cdot \frac{1}{4} \quad (3.8)$$

$$\sigma = 34069090\text{Pa}$$

Calculo del coeficiente de seguridad

$$n = \frac{\sigma_y}{\sigma} \quad (3.9)$$

$$n = (241\text{E}^6 / 34069090) = 7$$

Se establece que el material de diseño para los soportes del tanque de soluciones de limpieza, con el factor de seguridad determinado puede utilizarse.

Las medidas del tanque que se determina se aplicaran para la construcción de los tanques que conforman el proceso de limpieza CIP, a continuación se presenta la Tabla 6 con las dimensiones de los tanques.

TABLA 6 DIMENSIONES DE LOS TANQUES.

Características	Tanque de Pre-enjuague	Tanque de solución de soda caustica	Tanque de enjuague final
Diámetro	1.55m	1.55m	1.55m
Altura del Cilindro	3.52m	3.52m	3.52m
Altura parte Cónica	0.26m	0.26m	0.26m
Espesor de plancha	2mm	2mm	2mm
Soportes de 0.75m alto	4 tubos SCH40 73mm	4 tubos SCH40 73mm	4 tubos SCH40 73mm

3.2 Selección de accesorios del sistema.

Para determinar los accesorios que forman parte del sistema de limpieza, se debe tener las condiciones de trabajo que estará en funcionamiento los equipos.

Selección del sistema de calentamiento para los tanques del CIP.-

El agua del tanque de pre-enjuague debe estar a una temperatura de 60°C, y del tanque de la solución de soda caustica a 80°C para determinar las características se utiliza un intercambiador de calor en la parte exterior del tanque, con los accesorios que se utiliza para su funcionamiento, reguladores de vapor manómetros, termómetros válvulas, trampas de vapor, el cual ingresara vapor a 50psi y 138°C.

Para demostrar la selección correcta, se determina la capacidad de vapor saturado para el tanque de pre-enjuague.

Utilizando el método del sistema adiabático, no hay pérdidas.

Datos iniciales:

$V = 6.8\text{m}^3$ Tanque a su capacidad máxima.

$T_i = 60^\circ\text{C}$ Temperatura del líquido.

$T_o = 20^\circ\text{C}$ Temperatura ambiente (caso más crítico).

$\rho = 1000\text{kg/m}^3$ Densidad del agua.

Las propiedades termo físicas del agua se determinan a la temperatura promedio del proceso:

$$T_{\text{promedio}} = (T_i + T_o) / 2$$

$$T_{\text{promedio}} = 40^\circ\text{C} = 313^\circ\text{K}$$

Del Apéndice A, las características termodinámicas del agua saturada se obtiene:

$C_p = 4.179\text{Kj/Kg}^\circ\text{K}$ Calor específico a presión constante.

$\Delta t = 40^{\circ}\text{K}$ incremento temperatura que gana el agua.

La masa de líquido a calentar dentro del tanque que esté completamente lleno.

$$m = \rho \times V \quad (3.10)$$

$$m = 6800\text{Kg}$$

La energía calorífica necesaria para calentar el volumen de líquido a 60°C será:

$$Q = m \times C_p \times \Delta t \quad (3.11)$$

$$Q = 6800\text{Kg} \times 4.179\text{Kj/Kg}^{\circ}\text{K} \times 40^{\circ}\text{K}$$

$$Q = 1136688\text{Kj}$$

Por lo tanto en el tanque de pre-enjuague, se encuentra almacenada una capacidad de energía calorífica en un tiempo de 1h, y la conversión respectiva de unidades, el valor obtenido es:

$$q = Q/t = 315747\text{W} \quad (3.12)$$

Determinamos el flujo de líquido por unidad de tiempo a utilizar:

$$m = \rho \times V$$

Donde V , es la velocidad del flujo turbulento necesario para limpieza de la tubería y del sistema.

$$m = 1000\text{Kg/m}^3 \times (12\text{m}^3/\text{h}) = 3.33 \text{ Kg/s}$$

Se define la ecuación para calcular la potencia de nuestro intercambiador de calor para alcanzar la temperatura del agua de pre-enjuague a 60°C .

$$p = m \times C_p \times \Delta t \quad (3.13)$$

$p = 556.64W$, se realiza la aproximación y aplicamos un factor de seguridad 1.1 y se obtiene 650W

Selección del sistema de calentamiento tanque de solución de soda caustica.

Se determina la cantidad de vapor saturado para calentar el tanque de la solución de la soda.

La preparación de la soda caustica, una vez que se mezcla con agua, y alcanza una concentración 2.5%, permanecerá a una temperatura de 80°

Se deberá utilizar el método del sistema adiabático, no hay pérdidas.

Datos iniciales:

$V = 6.8m^3$ Tanque a su capacidad máxima.

$T_i = 80^\circ C$ Temperatura de la soda caustica.

$T_o = 20^\circ C$ Temperatura ambiente (caso más crítico).

$\rho = 1000kg/m^3$ Densidad.

Las propiedades termo físicas del agua se determinan a la temperatura promedio del proceso:

$$T_{promedio} = (T_i + T_o) / 2$$

$$T_{promedio} = 50^\circ C = 323^\circ K$$

Del apéndice A, las características termodinámicas del agua saturada se obtiene:

$C_p = 4.182Kj/Kg^\circ K$ calor específico a presión constante.

$\Delta t = 60^\circ K$ incremento temperatura que gana el agua.

La masa de líquido a calentar dentro del tanque que esté completamente lleno.

$$m = 6800\text{Kg}$$

La energía calorífica necesaria para calentar el volumen de líquido a 80°C será, aplicando la ecuación (3.11):

$$Q = 1706256\text{Kj}$$

Por lo tanto el tanque de solución de soda cáustica, se encuentra almacenada una capacidad de energía calorífica en un tiempo de 1h, y la conversión respectiva de unidades, el valor obtenido es:

$$q = Q/t = 473960\text{W}$$

Se define el flujo de líquido por unidad de tiempo a utilizar, en la ecuación (3.10):

$$m = 3.33\text{ Kg/s}$$

Se define la potencia de nuestro intercambiador de calor con la ecuación (3.13) para alcanzar la temperatura del agua de solución de soda caustica a 80°C.

$p = 828.03\text{W}$, se realiza la aproximación y aplicamos un factor de seguridad 1.1 y se obtiene 950W

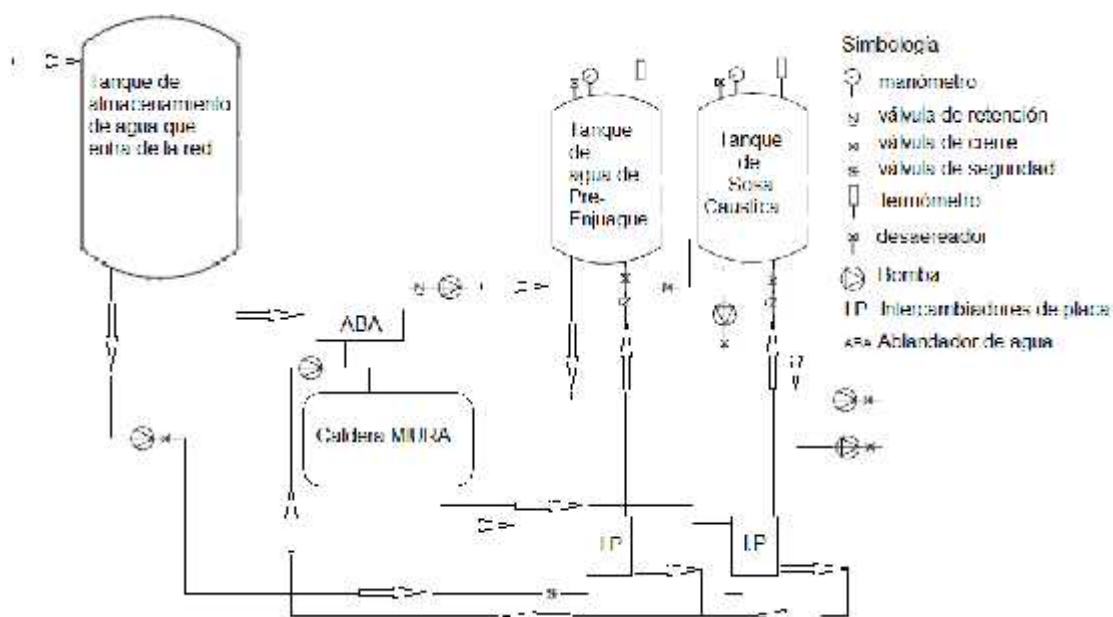


Figura 3.4. Esquema del sistema de calentamiento

Selección de aislamiento para los tanques de calentamiento del sistema CIP.

Una vez que se ha definido las cargas para mantener caliente las soluciones de limpieza en el interior de los tanques.

Se realiza el cálculo del espesor de aislamiento, se consideran las siguientes suposiciones:

Hay condiciones de estado estable.

- Conducción radial a través de las paredes del tanque.
- Conductividad térmica constante.
- Convección libre en el medio exterior.

Para nuestro cálculo tomaremos el tiempo de 1 hora.

La pérdida de calor (q), que se producirá en el tanque será por conducción del aislamiento y convección con el aire del cuarto, ecuación (3.14).

$$q = \left(k * A_1 * \frac{\Delta T_1}{e} \right) + (h * A_2 * \Delta T_2) \quad (3.14)$$

Dónde:

k = constante de conductividad térmica y se selecciona lana de vidrio, que localmente en el mercado se consigue, del Apéndice B, el valor es 0.036W/m°K

A_1 área de transferencia de calor por conducción.

$$A_1 = \pi \varnothing L \quad (3.15)$$

ΔT_1 Es el diferencial de temperatura entre la pared del tanque y aislamiento, ecuación (3.15).

$$\Delta T_1 = T_{s1} - T_{s2} \quad (3.16)$$

e , es el espesor del aislamiento a calcular.

h es el coeficiente de transferencia de calor por convección, del Apéndice C, se obtiene 15W/m²°K

A_2 es el área de transferencia de calor por convección.

$$A_2 = \pi(\varnothing+2e)L \quad (3.17)$$

ΔT_2 , es el diferencial de temperatura entre la pared de aislamiento y el medio exterior:

$$\Delta T_2 = T_{s2} - T_{\infty} \quad (3.18)$$

Introduciendo las variables en la ecuación (3.14), se obtiene:

$$q = \left(k\pi\phi L \frac{(T_1 - T_2)}{e} \right) + \left(h\pi(\phi + 2e)L(T_2 - T_\infty) \right)$$

Para determinar el espesor del aislante, se usa un análisis numérico, se establece el valor de las pérdidas de calor al ambiente serán el 0,7% del calor el interior del líquido.

Para la selección se centra en el tanque que demanda de mayor energía calorífica para mantener la temperatura de la sustancia en el interior que es 80°C.

Se define los siguientes datos:

$$q = 0.7\%q = 0.007 \times 473960W = 3317.72W$$

$$k = 0,036W/m^\circ K$$

$$\phi_{\text{tanque}} = 1.55m$$

$$L_{\text{altura cilindro}} = 3.52m$$

$$T_{s1} = 80^\circ C$$

$$T_{s2} = 50^\circ C \text{ (temperatura promedio)}$$

$$h = 15W/m^2^\circ K$$

$$T_\infty = 20^\circ C \text{ (caso más crítico)}$$

Al realizar la interacción de las variables, dentro de una aplicación interactiva en Excel, donde se ingresa la ecuación (3.14) de pérdidas de calor, se obtiene el espesor para una temperatura superficial de 31°C.

El espesor del aislamiento del tanque es de 100mm.

Selección de rociadores CIP para tanques almacenamiento.

Parte del sistema de limpieza de los tanques de almacenamiento, son los rociadores, la solución limpiadora es esparcida a presión en la superficie interior, se realiza través de un inyector, en el mercado es común ver estos accesorios para diferentes aplicaciones, en las industrias para seleccionar el modelo correcto se obtiene del Apéndice D, donde están varios modelos con diferentes aplicaciones.

Datos técnicos del rociador.

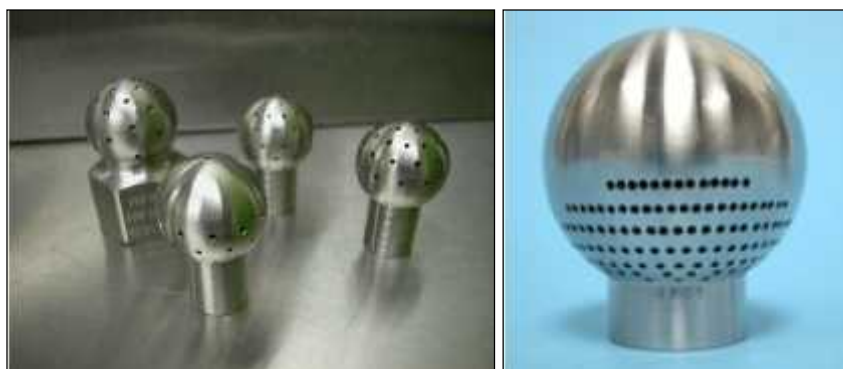


Figura 3.5. Rociadores

Para la aplicación, se seleccionara conociendo las condiciones de trabajo, al que se está dimensionando, dentro del tanque la solución debe ser esparcida en todo alrededor por el rociador debe funcionar para todas las direcciones con un ángulo 360°.

El tipo de rociador a usar será el Spray ball LKRK 94 de diámetro 2" y cobertura de 360°, en el Apéndice E, se detalla la ficha técnica.

Se tiene que para un caudal de trabajo de 12m³/h, utilizando las tablas que están en el Apéndice F y Apéndice G, se obtiene la caída de la presión y el radio de cobertura que este rociador seleccionado ofrece y que satisface los requerimientos.

Resultados:

Para un diámetro de agujero de rociador de 2mm.

Caída de presión aproximado: 86000Pa.

Radio de alcance: 2.5m > Radio del tanque: 0.80m

3.4 Selección de tuberías.

El sistema de tubería constara con todos los accesorios necesarios para obtener un sistema eficiente, la tubería de ramal principal será soldada y tendrá accesorios desmontables en los puntos de abastecimiento y de by pass.

Las tuberías que se seleccionaran serán tuberías comerciales de acero con base en ANSI B36.10, su diámetro será definido mediante el respectivo análisis.

Para la selección de tuberías se debe considerar los siguientes factores:

Diámetro, espesor, presión de trabajo, material, juntas, uniones y pruebas.

La ASTM, la ASME y la API realizaron una clasificación detallada de más de 150 materiales diferentes para usarse en la fabricación de tubos.

Para tuberías a presión se aplican las normas dependiendo del fluido a manejar y el tipo de servicio.

Para el cálculo del espesor mínimo en tuberías de transporte se lo realiza según lo establecido en la norma ASME/ANSI 31.4 partiendo de la fórmula siguiente:

$$t_n = t + A \quad (3.19)$$

Dónde:

t_n = Espesor nominal de pared, el cual debe satisfacer los requerimientos de presión y tolerancia.

A = Suma de tolerancia con el propósito de aceptar roscados y desbastes que pudieran requerirse siendo el mínimo 1/8".

t = Espesor de pared para la presión de diseño, el cual se calcula partiendo de la siguiente fórmula:

$$t = (P_i \times D) / 2S \quad (3.20)$$

Dónde:

P_i = Presión interna de diseño medida

D = Diámetro exterior de la tubería

S = Esfuerzo permisible aplicable, este se puede calcular a partir de la fórmula:

$$S = 0,72 \times E \times S_{ymin} \quad (3.21)$$

Dónde:

0.72= Factor de diseño basado en el espesor nominal de la pared, este valor, es de suma importancia para el cálculo, es un factor que considera una tolerancia sobre el espesor de la tubería debido a algún tipo de imperfección que exista en la misma.

E= Factor de junta, este valor se encuentra en la tabla 402.4.3 del código ASME/ANSI B31.4

Las tuberías seleccionadas para el trabajo tendrán las siguientes dimensiones:

Tubería sanitaria de 1 ½", o 38.1 mm de diámetro exterior, con espesor de pared de 1.6mm, y diámetro interior final de 34.9mm, a utilizar en secciones cortas donde hay reducciones.

Tubería sanitaria de 2" o 51 mm de diámetro exterior con espesor de pared 1.5mm, y diámetro interior final de 48mm, a utilizarse en secciones horizontales y verticales de todo el sistema.

3.5 Selección de bombas.

Las bombas incluirá todos los accesorios, instrumentos y demás controles de dotación que garanticen un funcionamiento seguro y eficiente. Estos elementos deberán ser como mínimo los siguientes:

- Válvulas de seguridad
- Manómetro.

- Válvulas de purga superficial y fondo tanto lenta como rápida
- Filtro-grueso.
- Válvula cheque.

Selección de Bomba para la circulación del CIP.-

Para definir la bomba que enviara la solución de limpieza a través del sistema de tubería para limpiar los tanques al mismo tiempo tener presente las siguientes condiciones.

- Revisar la distribución de tuberías, según figura (2.2), para cuantificar la cantidad de tuberías, instrumentos y accesorios.
- El caudal a manejar durante todo el proceso es $12\text{m}^3/\text{h}$.
- Los líquidos a utilizar son agua y soda cáustica al 2,5%, entre 80°C y 20°C .
- Principalmente debe ser una bomba centrífuga por la viscosidad de los líquidos.
- Flujo debe ser estado turbulento.
- Flujo de estado estable.
- Flujo incompresible.
- Flujo completamente desarrollado.
- Sección transversal constante.
- Perdidas por fricción despreciables, para secciones verticales de tubería.
- Tubería, para calcular pérdidas en tuberías posición horizontal.

Cálculo de pérdidas en secciones horizontales.

Se aplica la siguiente ecuación de Bernoulli, usando las condiciones para el diseño:

$$H_T = Z_2 - Z_1 + \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2} + h_l \quad (3.22)$$

En la sección horizontal, se presenta de la siguiente manera y modificando la ecuación (3.22) obtenemos:

$$A_2 = A_1; \quad V_2 = V_1; \quad Z_2 = Z_1; \quad P_2 = P_1$$

$$H_T = h_l$$

Donde h_l , son las pérdidas que se generan por fricción en el interior de las tuberías, estas se pueden hallar por medio de la ecuación de Darcy:

$$h_l = \frac{f L V^2}{2 \rho g \emptyset} \quad (3.23)$$

Donde, f =factor de fricción; L =longitud de tubería; v =velocidad de flujo del líquido; \emptyset =diámetro de tubería; g =gravedad

Conocemos el número de Reynolds, para el caudal y tubería establecidos, según la tabla 1.1, es igual a $8,5 \times 10^4$, a una velocidad de 1,7m/s.

El factor de fricción (f), se lo determina mediante correlaciones numéricas en Excel usando la figura (2.5), es igual 0.022.

La rugosidad relativa para el acero inoxidable es 0,0009.

Finalmente tenemos las pérdidas en un tramo horizontal de la tubería del sistema, aplicando la ecuación (3.23).

$$h_i = (0,022 * L_t * (1,7 \text{ m/s})^2) / (2 * 0,0508 \text{ m} * 9,8 \text{ m/s}^2)$$

$$h_i = 0,064 L_t$$

Cálculos de pérdidas en secciones verticales.-

Para establecer las pérdidas en secciones verticales, en el capítulo 2, se estableció el sistema de distribución de tuberías, con el respectivo cabezal en cada punto del tanque, en Tabla 2, se toma el mayor punto de caída, $h_i = 6,4 \text{ m}$

Cálculos de pérdidas por accesorios, pérdidas menores.-

Las pérdidas por accesorios se pueden determinar mediante coeficientes de resistencia (K), propios de cada uno de estos, reescribiendo la ecuación de Darcy, tendrían la siguiente forma:

$$h_t = K \frac{v^2}{2g} \quad (3.24)$$

Los coeficientes para una gran variedad de accesorios se encuentran representados en la Tabla 7:

TABLA 7 COEFICIENTE DE RESISTENCIA EN ACCESORIOS.

Accesorios	Coeficientes de resistencia (K)
CODOS 90°	30*f
VÁLVULA DE MARIPOSA	45*f
TEE FLUJO DIRECTO	20*f
TEE FLUJO DESVIADO A 90°	60*f
CURVAS DE 180°	50*f

Donde el factor de fricción (f), es 0,022.

Una vez establecidos los coeficientes, se elabora la Tabla 8 con los valores por unidad de las pérdidas menores de los accesorios del sistema, más el rociador, usamos la ecuación de Darcy, que se estableció para este diseño.

TABLA 8 PÉRDIDAS MENORES EN ACCESORIOS POR UNIDAD.

Accesorios	Coeficiente resistencia K	Velocidad fluido (m/s)	Pérdidas hl (m)
Codos 90°	0,66	1,7	0,099
Válvula mariposa	0,99	1,7	0,149
Tee de flujo directo	0,44	1,7	0,066
Tee de flujo desviado a 90°	1,32	1,7	0,198
Curvas de 180°	1,11	1,7	0,016
Válvula check	0,99	1,7	0,149
Rociador	-----	-----	8,775

Con la longitud de tubería determinada de la figura (2.2) isométrico del sistema de tubería para el sistema de hidrolisis del café del capítulo 2, los accesorios y la diferencia de altura, se puede calcular la carga total para cada uno de los circuitos de limpieza que se desee aplicarse, la ecuación para calcular las pérdidas de la siguiente manera:

$$H_T = \Delta z + \Sigma h_L$$

Para nuestra selección, los datos se base en el desarrollo de la ecuación, para la ubicación más alejada del circuito, para limpiar los dos últimos tanques de almacenamiento.

En la Tabla 9 detallamos las pérdidas totales.

TABLA 9 PÉRDIDAS TOTALES PARA EL CASO DE LIMPIEZA MÁS EXTREMO

CÍRCUITO DE LAVADO			
DESCRIPCION	UND.	CTD.	h_l (m)
Longitud Tubería horizontal	m	55,65	3,56
Longitud Tubería vertical	m	6,4	6,4
Codo 90°	U	10	0,99
Curva de 180°	U	2	0,032
Válvula de mariposa	U	5	0,745
Tee flujo directo	U	6	0,396
Tee flujo desviado a 90°	U	1	0,198
Válvula check	U	3	0,447
Rociador	U	2	17,55
TOTAL			30,32

Con este resultado vamos a seleccionar la potencia de la bomba, dimensiones y características, para detalle ver el Apéndice H.

Se toma como referencia el diagrama de operación de una bomba centrífuga, marca Goulds Pumps, modelo SSH, para productos alimenticios de acero inoxidable.

Se obtiene como dato el caudal de trabajo $12\text{m}^3/\text{h}$ y las pérdidas totales 30,32m.

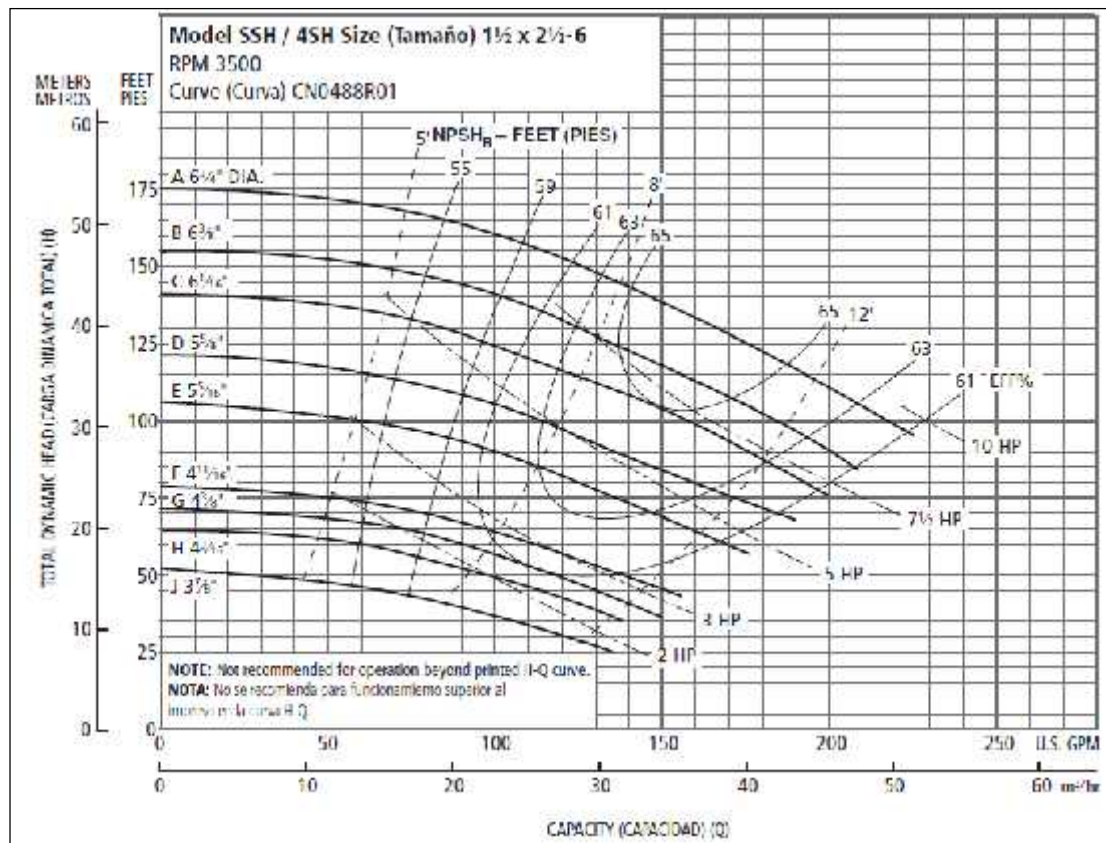


Figura 3.6. Curvas de operación de bombas centrífugas SSH



Figura 3.7. Bomba modelo SSH, acople cerrado

La bomba a utilizar tiene una potencia estándar 5HP, trabajara con una curva de eficiencia 54%, manejará líquidos a temperatura de 20 a 80°C, y tendrá un diámetro impulsor E 5 5/16 pulg, el diámetro de succión de la bomba será 2 ½ pulg y el diámetro de descarga es 1 ½ pulg. Modelo 4SH.

Selección de Bomba para el retorno del CIP.-

La bomba a utilizar es de tipo centrifuga, el fluido en contacto es agua y soda caustica, son de baja velocidad, se debe tener presente que el caudal a manejar será el mismo de circulación de 12m³/h.

Se determina las perdidas en el sistema de retorno, usando el procedimiento que se usó para encontrar las pérdidas de circulación.

En la Tabla 10 se detalla los valores por perdidas del sistema de retorno, se considera el punto más extremo donde se realiza la limpieza, hacia el tanque de retorno, para lo cual vemos la geometría del isométrico del

sistema de tubería, figura (2.2) para determinar las cantidades de tuberías y accesorios.

TABLA 10 PÉRDIDAS TOTALES PARA EL CASO DE RETORNO.

CÍRCUITO DE LAVADO			
DESCRIPCION	UND.	CTD.	h_l (m)
Longitud Tubería horizontal	m	55,65	3,56
Longitud Tubería vertical	m	6,4	6,4
Codo 90°	U	5	0,50
Curva de 180°	U	1	0,149
Válvula de mariposa	U	2	0,132
Tee flujo directo	U	2	0,396
Válvula check	U	2	0,132
TOTAL			11,26

Con el resultado obtenido se selecciona la potencia de la bomba, dimensiones y características, para detalle ver Apéndice H.

El diagrama de operación de una bomba centrífuga, marca Goulds Pumps, modelo SSH, para productos alimenticios de acero inoxidable.

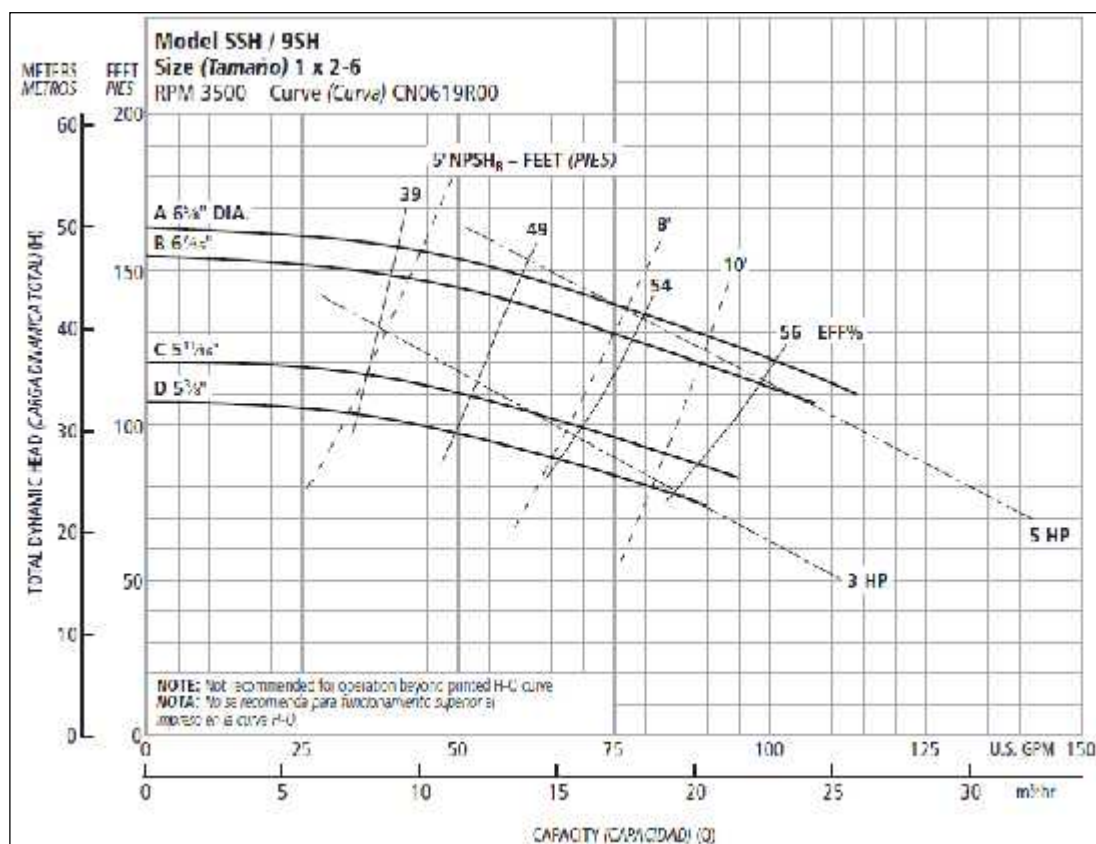


Figura 3.8. Curvas de operación de bombas centrífugas SSH

La bomba a utilizar tiene una potencia estándar 3HP a 3500RPM, trabajara con una curva de eficiencia 49%, maneja líquidos a temperatura de 20 a 80°C, y tendrá un diámetro impulsor 5 3/8 pulg, el diámetro de succión de la bomba será 2 pulg y el diámetro de descarga es 1 pulg Modelo 9ASH.

CAPITULO 4

METODOLOGIA PARA LA INSTALACION DEL SISTEMA DE LIMPIEZA.

En este capítulo se hace mención, que recomendaciones debe tener presente para la instalación de equipos y accesorios del sistema, sin que esto lleve a parar la producción de la planta.

4.1 Recomendaciones para la instalación del sistema.

Indicadores del sistema de Medición.

Se colocan manómetros antes y después de los puntos de los tanques de almacenamiento, tanque de pre-enjuague, tanque de solución de soda cáustica y tanque de enjuague final.

Se colocan manómetros en cada extremo de los filtros y termómetros en los puntos de abastecimiento.

Se necesitan la instalación de accesorios T con rosca NPT y tapón para que cuando se quiera incorporar el termo pozo para sensor de temperatura.

Eliminación de Aire.

Se colocan purgadores de aire que permita la eliminación del aire, que pueda existir en el sistema de limpieza, sobre todo cuando se inicia la operación del sistema de bombeo.

Estos purgadores de aire deberán ser instalados en los sitios donde haya riesgo de acumulación de aire.

Soporte para tuberías.

Serán construidos con perfiles en acero ASTM A36, longitudes variables dependiendo del diámetro y tipo fluido, para asegurar la tubería a los soportes se deben emplear abrazaderas tipo U, cada soporte debe tener una separación mínima de 3m, y serán pintados con pintura anticorrosiva.

Válvulas.

Es necesario colocar válvulas de compuerta y válvulas de retención, para protección, óptimo funcionamiento y de carácter energético tanto de los equipos como de las tuberías.

También deberá colocarse purgas entre el punto de consumo y su respectiva válvula de compuerta.

Inspección de soldadura.

El 100% de las soldaduras circunferenciales de unión, deben ser radiografiadas, utilizándose los criterios de aceptación de discontinuidades de la API 1104, con el agregado que no serán admitidas, las siguientes discontinuidades:

- Falta de fusión.
- Falta de penetración.
- Fisuras.
- Bordos sin fundir.

El procedimiento radiográfico debe ser escrito por un técnico en radiografía industrial, la ejecución e interpretación, de acuerdo con normativas internacionales.

Limpieza interior y prueba hidrostática.

Se debe realizar una limpieza interior, prueba de estanqueidad y el secado de la tubería. Antes del llenado con agua para la prueba hidrostática, y a los efectos de reducir el volumen de agua para la limpieza final, el sistema podrá ser pre-limpiados con aire comprimido.

Luego de realizada la prueba hidrostática, se procederá a limpiar el sistema de tubería, de óxidos y restos de obra, utilizar el sistema de limpieza SCRAPERPIGS (elemento flexible que se utiliza para realizar limpieza en tuberías), movidos con agua dulce inhibida. La limpieza

terminara cuando la trampa receptora, y filtros provisionales, se abran limpios.

Plataformas y escaleras.

A efectos de poder operar la instrumentación y los tanques de limpieza, se deberán suministrar e instalar pasarelas metálicas con sus respectivas escaleras. Dichas deberán permitir el acceso rápido de las instalaciones y su disposición debe seguir los lineamientos de seguridad.

Pruebas de la instalación.

Las bombas a ser instaladas deberán contar con la certificación de fábrica para una presión de 1.5 veces la presión de diseño del sistema. Las tuberías y accesorios serán probados a una presión no menor a 1.5 veces la presión de operación, realizando una prueba hidrostática. Para la realización se deberá desconectar instrumentos susceptibles a daño, colocar tapones, según la norma ASME B31.3, debe probarse en un tiempo de 24 horas.

Para los tanques, se deben también dejar llenados el mismo tiempo de pruebas.

Las bombas deben probarse en tres puntos de su curva de diseño, debiendo cumplir las especificaciones del sistema.

Aislamiento.

El sistema de aislamiento de los tanques será instalado después de realizar todas las pruebas hidrostáticas y funcionamiento de tuberías y equipos.

Antes de instalar el aislamiento las superficies deben estar limpias, completamente secas.

Todo el material de aislamiento deberá estar debidamente protegido de las condiciones críticas ambientales, durante su montaje.

4.2 Cronograma de actividades.

Para establecer el cronograma de actividades, conocer tiempos en cada etapa que durara el trabajo desde el diseño e instalación de un sistema de limpieza, se establece todas las operaciones que se van a realizar y tiempos programados, previamente se ubica el lugar físico de las instalaciones, el espacio de trabajo que dispone y la cercanía del mercado industrial para adquirir los accesorios, materiales, tuberías, instrumentos y equipos, utilizamos el programa WinProject.

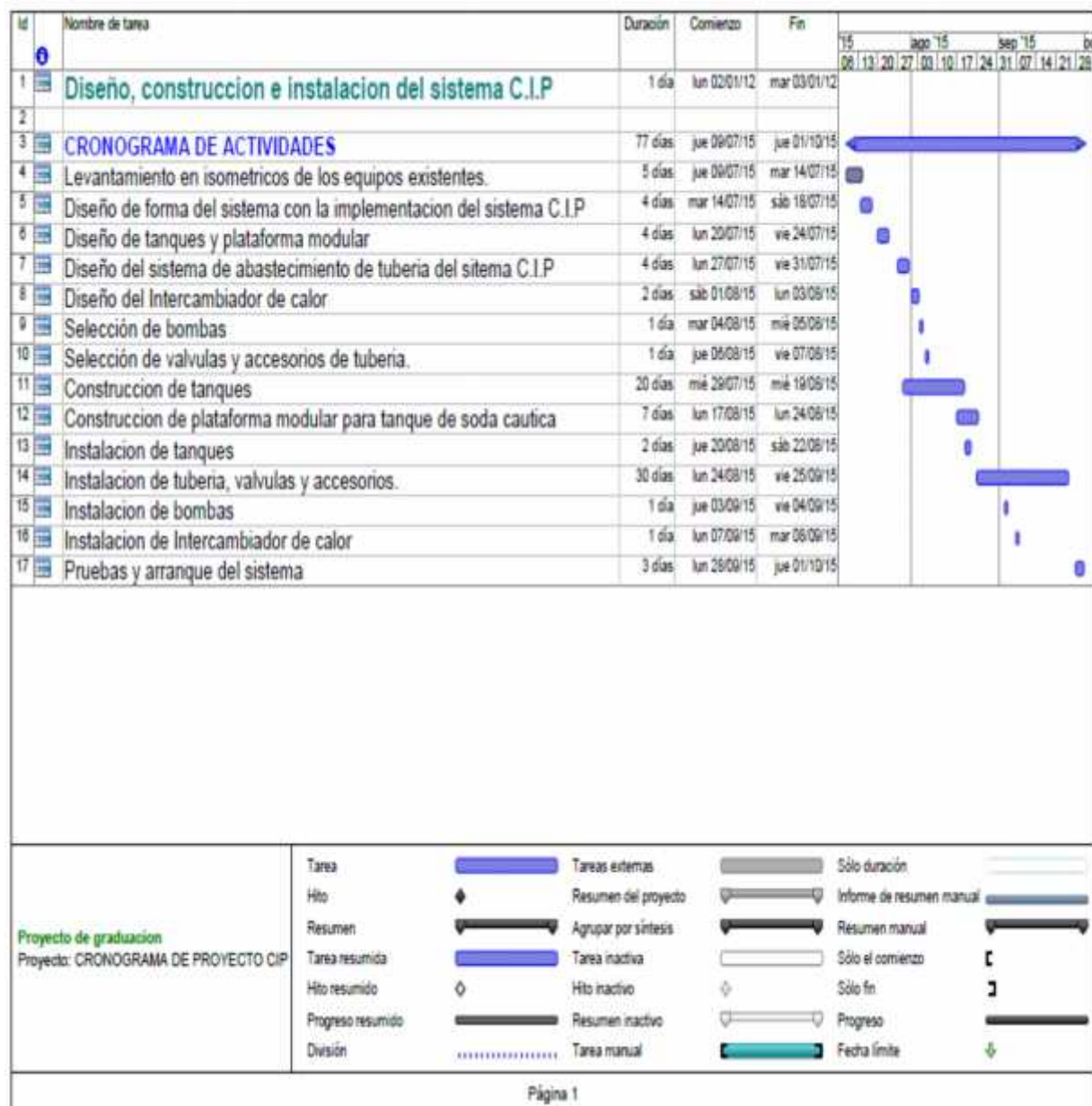


Figura 4.1. Cronograma de Diseño e Instalación del Proyecto.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS DE COSTO DEL SISTEMA.

Para realizar un análisis del costo del diseño del sistema mecánico para limpieza de tanques de almacenamiento, se consideran las instalaciones y recursos existentes, que se usaran.

5.1 Costo de materiales y equipos

En la Tabla 11 mostrada a continuación se detalla el listado de todo lo que se necesita para la elaboración del proyecto, para la implementación y puesta en funcionamiento del sistema mecánico de limpieza, indicando las cantidades y equipos a utilizar, cantidades y costos unitarios.

TABLA 11 COSTO DE CONSTRUCCIÓN.

COSTOS DEL SISTEMA DE LIMPIEZA MECÁNICO				
ITEM	DESCRIPCION MECÁNICA	CANT	C. UNITARIO (\$)	C. TOTAL (\$)
1	Plancha de acero inoxidable AISI 316 de 2mm espesor	3	214.33	642.99
2	Plancha rolada 180° de acero inoxidable AISI 316 de 2mm espesor	18	274.33	4937.94
3	Serpentín de acero inoxidable de tubo de ½", para calentamiento.	2	709.20	1418.40
4	Tubo de acero inoxidable AISI 304 de 1".	6	58.22	349.31
5	Tubo de acero inoxidable AISI 304 de 2".	21	95.40	2003.40
6	Tubo de acero inoxidable CD40 de 2 ½"	2	116.00	232.00
7	Válvula sanitaria 2" c/ accionador neumático, N/P 165770 señal 4-20ma con posicionador	1	2626.3	2626.30
8	Válvula de mariposa manual	16	75	1200

9	Codo de 90° de 1" soldable de acero inoxidable AISI 304	5	4.41	22.05
10	Codo de 90° de 2" soldable de acero inoxidable AISI 304	30	11.62	348.60
11	Tee de 2" soldable de acero inoxidable AISI 304	15	26.00	390.00
12	Reducción de 2" a 1 ½" soldable de acero inoxidable	2	4.00	8.00
13	Reducción de 2" a 1" soldable de acero inoxidable	2	4.00	8.00
14	Brida soldable 2 ½"	1	30.00	30.00
15	Brida soldable 1 ½"	1	18.00	18.00
16	Brida soldable 2"	1	25.00	25.00
17	Brida soldable 1"	1	12.00	12.00
18	Unión SMS 1 ½"	10	16.83	168.30
19	Unión SMS 2"	10	23.60	236.00
20	Férulas de 1" de acero inoxidable AISI 304	20	2.16	43.20
21	Férulas de 2" de acero inoxidable AISI 304	100	3.260	326.00
22	Abrazaderas para férulas de 1" de acero inoxidable	10	4.90	49.00

23	Abrazaderas para férulas de 2" de acero inoxidable	50	5.74	287.00
24	Empaques para férulas de 1"	10	0.25	2.50
25	Empaques para férulas de 2"	50	0.72	36.00
26	BOMBA SANITARIA 5HP 3480RPM 220/ 440 V	1	4130.00	4130.00
27	BOMBA SANITARIA 3HP 3480RPM 220/ 440 V	1	3500.00	3500.00
28	Cilindros de Argón	10	180	1800.00
TOTAL MATERIALES Y EQUIPOS				\$ 24849.99

El resultado de la Tabla 11 muestra que el valor total requerido en el costo de materiales será de \$24849,99.

5.2 Costo de mano de obra

Para determinar el costo de mano de obra, se revisa la figura (4.1), donde está elaborado en base al tiempo el cronograma de actividades, mediante el Software Winprojet, donde se obtiene las horas de trabajo por cada actividad ahora se establece la cantidad de personas previamente seleccionadas y capacitadas para la realización de este proyecto.

Se establece el costo por día de cada persona que trabajara en el proyecto:

- Ingeniero Mecánico \$100.00/día
- Dibujante \$ 40/día
- Ayudante \$25.00 / día
- Soldador \$ 50.00 - \$ 60.00 / día
- Armador o tubero \$ 60.00 / día

Los costos son válidos para jornada de 8 horas, de lunes a viernes, después de esto es hora extra.

El tiempo estimado para el levantamiento de equipos, redes de tubería y elaboración del diseño del sistema de limpieza mecánico es de 21 días de trabajo.

El tiempo estimado para la construcción e instalación de equipos y redes de tuberías, es de 64 días de trabajo, se considera que cada soldador y armador tendrá dos ayudantes.

A continuación en la Tabla 12 están descritos los costos del presente proyecto.

TABLA 12 COSTO TOTALES.

DESCRIPCIÓN GENERAL	COSTOS
DISEÑO DEL PROYECTO	\$ 2940.00
MATERIALES Y EQUIPOS MECÁNICOS	\$ 24849.99
INSTALACIÓN MECÁNICA	\$ 13440.00
TOTAL PROYECTO	\$ 41229.99

De la Tabla 12 se puede observar que el costo total para esta propuesta será de \$41229,99.

Finalmente es recomendable realizar el diseño, construcción y montaje localmente por personal técnico de la empresa o personal contratado.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

CONCLUSIONES.

El diseño planteado en el proyecto fue el resultado de un análisis de las falencias del sistema de lavado actual. La propuesta, de este trabajo se basa en la implementación de un sistema CIP que busca objetivos principales.

1. El primero reducir el volumen de solución de lavado necesario y el segundo aumentar la productividad del proceso, planteando un sistema de lavado que permita implementar esta etapa de proceso de forma independiente (con respecto a las diferentes líneas de producción).
2. El realizar el diseño, construcción y montaje del sistema CIP, localmente, beneficia a la empresa, porque el costo resulta más económico que importarlo, debido a los elevados impuestos que se

pagan por importación de maquinarias y sueldos que se pagarían a los técnicos extranjeros para que pongan en funcionamiento el equipo y capacite al personal que laborara.

3. Es conveniente que la fabricación del diseño del sistema de limpieza sea localmente dentro de la empresa, esto da la oportunidad de tener su propia memoria técnica descriptiva y que pueda tener el control operativo, además modificarlos de acuerdo a su crecimiento, o implementar en otras áreas del proceso de producción.
4. Los materiales, perfiles, tuberías, accesorios, planchas, aislantes, bombas, soldadura y demás, en la actualidad se consiguen fácilmente dentro del mercado industrial.

RECOMENDACIONES.

En base al presente trabajo y a la experiencia obtenida en el área de mantenimiento de servicio mecánico, eléctrico, neumático, control, instrumentación y seguridad industrial, se recomendara las siguientes actividades que dan valor al proceso de mantenimiento, garantizando la continuidad del servicio y el tiempo de vida útil de los equipos:

1. Realizar inspecciones periódicas visuales, con equipos de medición adecuados y el criterio técnico de poder visualizar posibles fallas, que permitan detectar antes de que se presenten.
2. Tener un (check list), donde se revisara y verificara las condiciones de operación, que permita tener en cuenta de posibles cambios o alteraciones significativos en los equipos de medición o instrumentos que son útiles para saber el punto que se encuentra el proceso.
3. Realizar el mantenimiento del (CIP), a todos los instrumentos y equipos que intervienen en el proceso, realizando toda prueba recomendada, además de las actividades que debe realizar para garantizar la continuidad y calidad del servicio.

4. Tener bitácoras de los equipos que pueda permitir tener un historial e información del comportamiento del CIP y realizar las rutinas de mantenimiento por escrito y ubicar dentro de un manual.

APÉNDICES

APÉNDICE A

PROPIEDADES DEL AGUA SATURADA

PROPIEDADES TERMOFISICA DEL AGUA SATURADA

Temp. °K	Presión (bar)	Volumen Específico M ³ /Kg		Entalpia Vaporiz. h _{fg} KJ/Kg	Calor Especf. KJ/kg°K C _{pf}	Viscosidad (N s/m ²)	
		V _f *10 ³	v _g			μ _f *10 ⁶	μ _g *10 ⁶
273.15	0.00611	1.000	206.3	2502	4.217	1750	8.02
275	0.00697	1.000	181.7	2497	4.211	1652	8.09
280	0.00990	1.000	130.4	2485	4.198	1422	8.29
285	0.01387	1.000	99.4	2473	4.189	1225	8.49
290	0.01917	1.001	69.7	2461	4.184	1080	8.69
295	0.02617	1.002	51.94	2449	4.181	959	8.89
300	0.03531	1.003	39.13	2438	4.179	855	9.09
305	0.04712	1.005	29.74	2426	4.178	769	9.29
310	0.06221	1.007	22.93	2414	4.178	695	9.49
315	0.08132	1.009	17.82	2402	4.179	631	9.69
320	0.1053	1.011	13.98	2390	4.180	577	9.89
325	0.1351	1.013	11.06	2378	4.182	528	10.09
330	0.1719	1.016	8.82	2366	4.184	489	10.29
335	0.2167	1.018	7.09	2354	4.186	453	10.49
340	0.2713	1.021	5.74	2342	4.188	420	10.69
345	0.3372	1.024	4.683	2329	4.191	389	10.89
350	0.4163	1.027	3.846	2317	4.195	365	11.09
355	0.5100	1.030	3.181	2304	4.199	343	11.29
360	0.6209	1.034	2.645	2291	4.203	324	11.49
365	0.7514	1.038	2.212	2278	4.209	306	11.69
370	0.9040	1.041	1.861	2265	4.214	289	11.89

APÉNDICE B

TABLA DE MATERIALES DE AISLAMIENTOS

MATERIALES Y SISTEMAS DE AISLAMIENTO

Descripción	Propiedades típicas a 300° K		
	Densidad ρ (kg/m ³)	Conductividad Térmica, k (W/m °K)	Calor Específico J/kg°K c_p
Fibra de vidrio, revestida de papel	16	0.045	-
Fibra de vidrio recubierta de tubo	32	0.038	835
Vidrio Celular	145	0.058	1000
Fibra de vidrio, unión orgánica	105	0.036	795
Poliestireno expandido, estirado	55	0.027	1210
Lámina de fibra mineral madera	350	0.087	1590
Corcho granulado	160	0.045	-
Fibra de vidrio, vaciado o soplado	16	0.043	835
Vermiculita	80	0.068	835

APÉNDICE C

TABLA DE COEFICIENTES DE CALOR POR CONVECCION

Valores típicos del coeficiente de calor por
convección

Proceso	h (W/m ² K)
Convección libre	
Gases	2-25
Líquidos	50-1000
Convección forzada	
Gases	25-250
Líquidos	50-20000
Convección con cambio de fase	2500-100000

APÉNDICE D

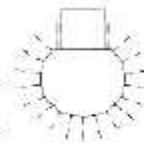
TIPOS DE ROCIADORES DE BOLA

Tipos de rociadores de bola



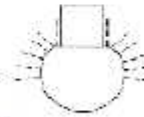
rociador con ángulo a 360°

Los rociadores (spray balls) de 360° son ideales para superficies de tanques con mucha suciedad. Este diseño provee de una regular e igual distribución del fluido de limpieza en la totalidad de la superficie interior del tanque.



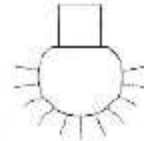
rociador con ángulo a 180° hacia arriba

Si la parte superior del tanque necesita limpiarse, el spray ball de 180° hacia arriba es el adecuado. La parte inferior y de los lados del tanque es lavada por la caída del fluido a través las paredes.



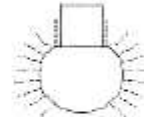
Rociador con ángulo a 180° hacia abajo

Se puede combinar un rociador hacia arriba y hacia abajo para situaciones especiales de limpieza. Si el tanque tiene internamente instrumentos de medición u otros objetos que sean afectados en la limpieza



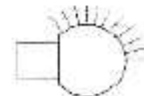
Rociador con ángulo a 270° hacia arriba

Los rociadores de 270° son ideales para superficies de tanques con mucha suciedad. La parte central del tanque podría tener algún tipo de válvula o instrumento especial que no puede estar directamente expuesto al fluido de limpieza.



Construcción especial

Para tanques de construcción especial o en casos especiales



APÉNDICE E

TABLA DE MEDIDAS DE ROCIADOR DE BOLA

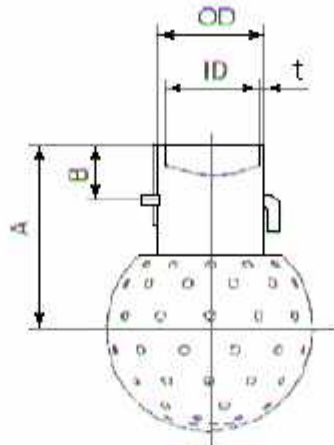


Fig. 3.2 Medidas del rociador LKRK

SIZE	64	94
A	58	77.5
B	17.5	22.5
ISO Tube OD/ID/t	28.5/25.5/1.5	54.4/51.4/1.5
DIN Tube OD/ID/t (pipe range 1)	32.5/28.5/2	54.4/52.4/1
DIN Tube OD/ID/t (pipe range 2)	34.2/29.5/2.35	57.4/53.4/2
Peso (kg)	0.2	0.3

APÉNDICE F

GRAFICA DE CAIDA DE PRESION VS CAUDAL DEL ROCIADOR

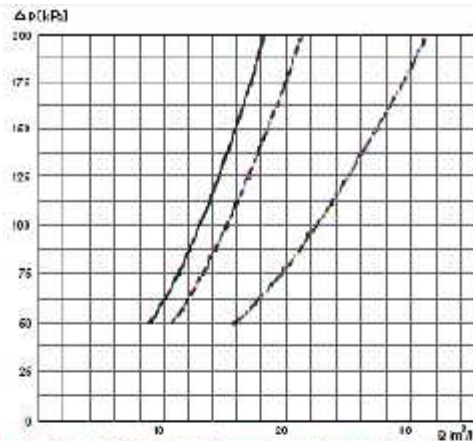


Fig. 4. Type LKRX D4 with 2 mm holes, 51 mm (NW 50) tube.

— bottom drilled
- - - top drilled
- · - · fully drilled

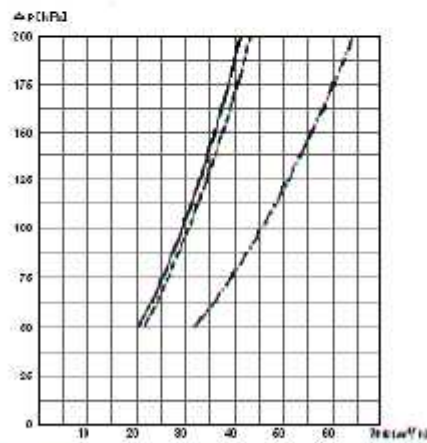


Fig. 5. Type LKRX D4 with 3 mm holes, 51 mm (NW 50) tube.

— bottom drilled
- - - top drilled
- · - · fully drilled

Fig. 3.2 Gráfico de caída de presión vs. Caudal

APÉNDICE G

GRAFICA DE CAIDA DE PRESION VS RADIO

LIMPIEZA ROCIADOR

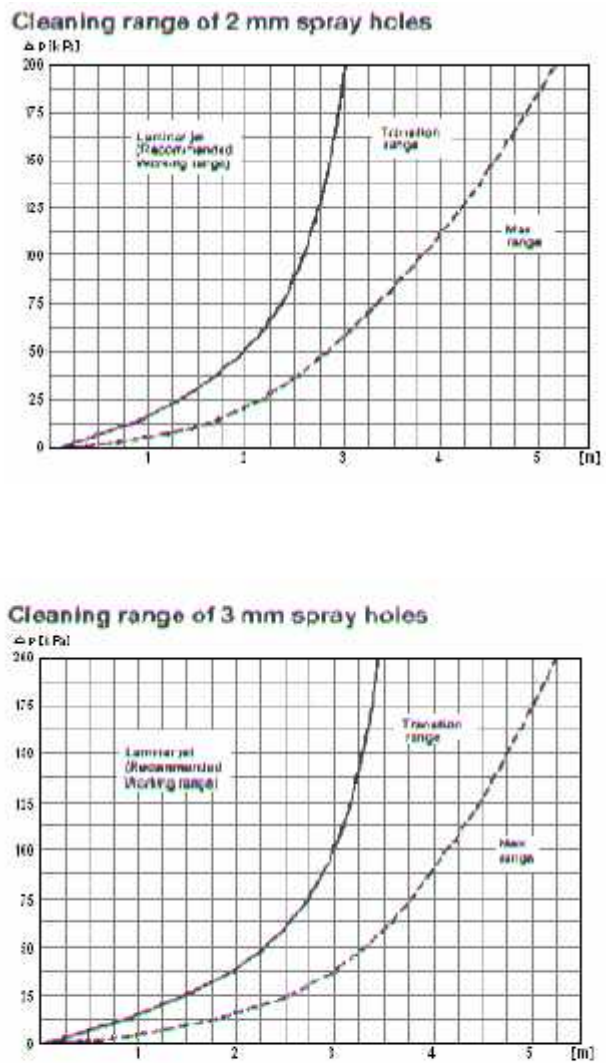


Fig. 3.3 Gráfico de caída de presión vs. radio de limpieza

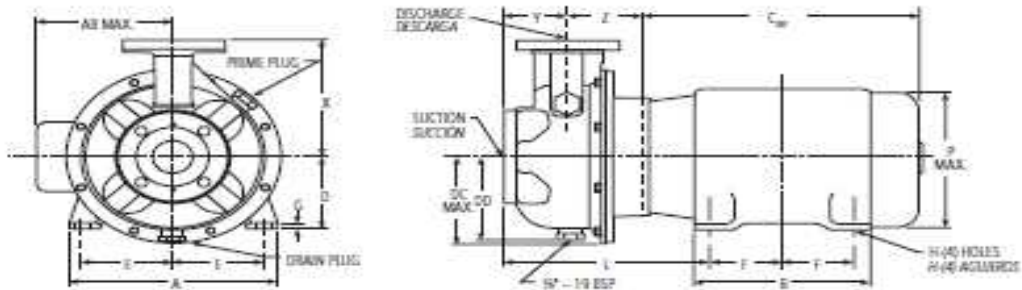
APÉNDICE H

ESPECIFICACION TECNICA DE BOMBA CENTRIFUGA

SSH Close Coupled – Dimensions and Weights SSH Acople Cerrado – Dimensiones y Pesos

S-Group
Grupo-S

(All dimensions in inches and weights in lbs. Do not use for construction purposes.)
(Todas las dimensiones en pulgadas y pesos en libras. No usar para propósitos de construcción.)



Pump, Bomba	150 lb. Flange Brisa de 150 lb	Disch. Desc.	DC Max. DC Máx.	DD	X	Y	Z	DIM. "L" (Motor Frame Size) DIM. "L" (Tamaño del Armazón del Motor)				Wt. (lbs.) Peso (libras)	
								143/145	182/184	213/215	254/256		
143M	1 x 2 - 8	1	1	5	4%	5%	3%	3%	9%	10%	11%	—	24
145M	1 x 2 - 8			5%	5%	7%			—	32			
174M	1 x 2 - 10	1	1	5%	5%	8%	4	4	12%	13%	12%	12%	54
182M	1 1/2 x 2 1/2 - 8			5	4%	5%			3%	—	25		
213M	1 1/2 x 2 1/2 - 8	2 1/2	1 1/2	5%	5%	7%	4	3%	10%	11%	11%	12%	34
215M	2 x 2 1/2 - 8			5	4%	7%							—
254M	2 x 2 1/2 - 8	3	2 1/2	5	5%	7%	5	4%	10%	11%	12%	13%	36
256M	2 1/2 x 3 - 6			5	4%	7%							—

NOTE:

1. Pumps shipped in vertical discharge as standard. For other orientations, remove casing bolts, rotate discharge to desired position, and tighten 1/2" - 16 bolts at 12 ft./lbs., 1/4" - 14 bolts at 20 ft./lbs.
2. All dimensions in inches.
3. Motor dimensions may vary with motor manufacturer.
4. Not for construction purposes.

NOTA:

1. Las bombas se transportan en descarga vertical como estándar. Para otras orientaciones, retire los tornillos de la carcasa, rote la descarga a la posición deseada, y apriete 1/2" - 16 tornillos a 12 pies-libras, 1/4" - 14 tornillos a 20 pies-libras.
2. TODAS las dimensiones en pulgadas.
3. Las dimensiones pueden variar con los fabricantes.
4. No para propósitos de construcción.

* For use with ANSI class 150 mating flanges.
* Para usar con bridas que casan ANSI class 150

Dimensions Determined by JM Motor Frame, Dimensiones Determinadas por el Armazón del Motor JM

JM Frame, JM Armazón	A	AB	B	D	E	F	G	C _{max}	H Dia. H Diám.	D Max. P Máx.	Motor Wt. (lbs.) Peso Motor (lib.)
143M	6 1/2	5 1/2	6	3 1/2	2 1/2	2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	6 1/2	41
145M	—	—	—	—	2 1/2	2 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	6 1/2	57
182M	8 1/2	8 1/2	6 1/2	4 1/2	3 1/2	2 1/2	1 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	77
184M	8 1/2	8 1/2	6 1/2	4 1/2	3 1/2	2 1/2	1 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	97
213M	—	—	—	—	3 1/2	2 1/2	1 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	122
215M	9 1/2	9 1/2	8	5 1/2	4 1/2	3 1/2	1 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	155
254TCZ	11 1/2	9 1/2	11 1/2	6 1/2	5	4 1/2	1 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	265
256TCZ	—	—	—	—	5	5	1 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	320

Motor Frame Selections, Selecciones del Armazón del Motor

Motor Frame, Armazón del Motor	Motor Horsepower, Potencia del Motor							
	3500 RPM, 3500 RPM				1750 RPM, 1750 RPM			
	18, Mono-fase	30, Trifásico	30, Trifásico	30, Trifásico	18, Mono-fase	30, Trifásico	30, Trifásico	30, Trifásico
143M	—	—	—	—	—	—	—	—
145M	2	2	2.3	2	1.1W	1.1W	1W.2	1W.2
182M	2	2	5	3	2	2.3	3	3
184M	5	5	7.5	5	3	3	5	5
213M	7.5	—	10	7.5	5	—	7.5	7.5
215M	10	—	15	10.5	—	—	—	—
254TCZ	—	—	20	—	—	—	—	—
256TCZ	—	—	25	20	—	—	—	—

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Crane, CO. Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías. Editorial McGraw Hill.
- 2.- Donald, R. W.–A. Introducción a la mecánica de Fluidos. Editorial McGraw-Hill.
- 3.- Dward, S. J., Diseño en Ingeniería Mecánica,. Editorial McGraw-Hill.
- 4.- Harutiunian Miguel, Sistema de Limpieza CIP (Clean in Place). Edelflex s.a., http://www.edelflex.com/pdf/articulo_edelflex_cip.pdf.
- 5.- INCROPERA FRANK P.- DAVID P. DE WITT, Fundamentos de Transferencia de Calor, Cuarta Edición, Editorial Prentice Hall.
- 6.- Lema Vives Martin, “Diseño de un sistema de limpieza de tipo sanitario (CIP) para Industria de alimentos lácteos” (Tesis, Facultad de Ingeniería Mecánica, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2007).
- 7.- NORTON ROBERT L, Diseño de Maquinaria, Segunda edición, Editorial McGraw-Hill.

- 8.- SHIGLEY JOSEPH EDWARD, Diseño en Ingeniería Mecánica. Editorial McGraw-Hill.
- 9.- Saldarriaga Juan. Hidráulica de Tuberías. Editorial McGraw-Hill.
- 10.- Salvatierra Proaño Erwin, “Diseño de un sistema de limpieza en el lugar de tipo sanitario para una industria alimenticia” (Tesis, Facultad de Ingeniería Mecánica, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2002).
- 11.- Tim Bowser, Construction and operation manual for: Low-cost, clean-in-place (CIP), http://www.fapc.okstate.edu/files/CIP_ManualV1.pdf.
- 12.- FOX ROBERT W. – ALAN T. MC DONALD, Introducción a la mecánica de Fluidos, cuarta Edición, Editorial McGraw-Hill.