

T
628.3
FRED.



Escuela Superior Politécnica del Litoral
FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA Y CIENCIAS DE LA
PRODUCCION



**“Diseño de una Planta para Tratamiento
de Aguas Residuales en una Industria
Cartonera”**

TESIS DE GRADO

Previa a la Obtención del Título de:

INGENIERO MECANICO

Presentada por:

LUIS FERNANDO FREIRE MOLINA



Guayaquil - Ecuador

Año - 1999



AGRADECIMIENTO

Al Ing. Edmundo Villacis,
director de Tesis y a todas
las personas que colaboraron
para realizar este trabajo.

DEDICATORIA



A MIS PADRES

A MIS HERMANAS

A TERESA

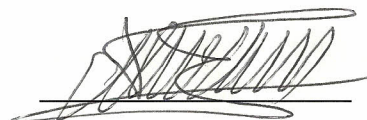
A MIS AMIGOS

TRIBUNAL DE GRADUACION



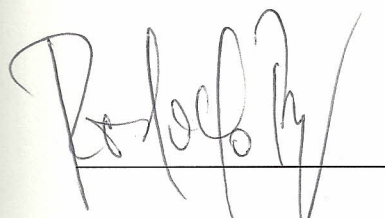
Ing. Mario Patiño A.

SUBDECANO DE LA FIMCP



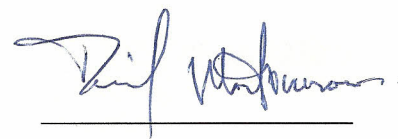
Ing. Edmundo Villacis M.

DIRECTOR DE TESIS



Ing. Rodolfo Paz M.

VOCAL



Ing. David Matamoros C.

VOCAL

DECLARACION EXPRESA

“ La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL ”.

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



Luis Fernando Freire Molina

C.I 090621934-0

RESUMEN

La conservación del medio ambiente se ha convertido en un tema de gran interés. En nuestro país, la idea de preservar el ecosistema gana terreno día a día, es por esto que el realizar el **“Diseño de una Planta para Tratamiento de Aguas Residuales en una industria Cartonera”** surge como un tema de actualidad y de gran utilidad que bien puede servir de guía para la ejecución del mismo en otro tipo de industrias.

Este diseño en particular, se centra en obtener la infraestructura más idónea para una industria de este tipo por medio del análisis del tratamiento a elegir.

En el primer capítulo se describe la participación del agua en los procesos de corrugado e impresión. Seguidamente se define la calidad del agua, luego de ser empleada. Se incluye un capítulo en el cual se describen los diversos tratamientos para aguas residuales a fin de elegir el más apropiado para este tipo de industria en particular.

Luego se procede al diseño de la planta, es aquí donde se dimensionan los equipos tales como tanques, bombas, líneas de distribución para los químicos y en un capítulo aparte se trata el diseño del tanque espesador con filtrado de vacío. Se adjunta el último capítulo para el análisis de costos.



INDICE GENERAL



	Pág.
RESUMEN	II
INDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS.....	IV
SIMBOLOGIA.....	V
INDICE DE FIGURAS.....	VI
INDICE DE TABLAS.....	VII
INTRODUCCION.....	1
1. PROCESOS QUE INTERVIENEN EN LA FABRICACION	
DEL CARTON CORRUGADO.....	2
1.1 Proceso de corrugado	3
1.1.1 Características del adhesivo.....	4
1.1.2 Preparación del almidón	5
1.1.3 Diagrama explicativo del circuito de almidón	6
1.2 Proceso de impresión	7
1.2.1 Uso del agua en el proceso de impresión	8
1.2.2 Diagrama explicativo del suministro y retorno del agua	9

II. USO DEL AGUA RESIDUAL TRATADA EN LA

ELABORACION DEL ALMIDON	10
2.1 Características del agua residual tratada en la Industria del cartón corrugado.....	10
2.1.1 Análisis físico – químico del agua residual antes y después del tratamiento	11
2.2 Influencia de las Aguas en las propiedades del almidón.....	12
2.3 Objetivo del tratamiento de agua residual para la producción del almidón.....	15

III. DIVERSOS METODOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS

RESIDUALES	16
3.1 Método Mecánico	16
3.1.1 Filtración	16
3.1.2 Aereación.....	17
3.1.3 Flotación.....	17
3.1.4 Evaporación	17
3.2. Método químico (floculación)	18
3.3 Selección del floculante más idóneo	18
3.4. Floculación usando sulfato ferroso	19
3.5 . Prueba de jarra	20

IV. DESCRIPCION DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE

AGUAS RESIDUALES	22
4.1 Almacenamiento de las aguas residuales	22
4.2 Tanque de tratamiento	22
4.3 Dosificación de coagulantes	23
4.3.1 Dosificación de sulfato ferroso “FeSo4”	24
4.3.2 Dosificación de cal hidratada “Ca (OH)2”	24
4.3.3 Dosificación de tierra diatómicea	24
4.4 Filtro al vacío	25
4.5 Filtro de carbón activado.....	25
4.6 Almacenamiento del agua tratada	26
4.7 Retrolavado de filtros	26
4.8 Diagrama del proceso	27

V. DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

5.1 Balance de materia en la planta de tratamiento	29
5.1.1 Determinación de las masas de los químicos.....	30
5.2 Ecuación stequiométrica de las reacciones que intervienen	31
5.2.1 Cálculo de masa de componentes resultantes	31
5.2.2 Determinación del volumen de agua tratada	31
5.3 Dimensionamiento de los tanques receptores de Agua.....	32

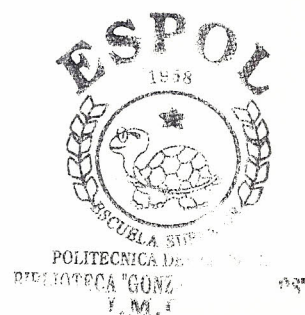
5.4. Normas de diseño para tanques de agua	34
5.5 Diseño del tanque de agua residual	35
5.5.1 Cálculo del espesor de plancha requerido	36
5.5.2 Selección de rigidizadores	37
5.5.2.1 Determinación de la distribución de carga.....	37
5.5.2.2 Determinación del momento de Inercia en rigidizadores...	38
5.5.3 Determinación del espesor del piso	39
5.6 Diseño del tanque de agua tratada.....	40
5.6.1 Cálculo del espesor de plancha requerido.....	40
5.6.2 Selección de rigidizadores.....	41
5.6.2.1 Determinación de la distribución de carga	41
5.6.2.2 Determinación del momento de inercia en rigidizadores.....	42
5.6.3 Determinación del espesor del piso	43
5.7 Diseño del tanque de tratamiento	43
5.7.1 Cálculo del espesor de plancha requerido	44
5.7.2 Diseño de columnas	45
5.8 Selección de equipos complementarios.....	50
5.8.1 Determinación de potencia de agitadores en tanques floculador de agua residual y de agua tratada	50

VI. DISEÑO DEL FILTRO GIRATORIO DE VACIO, SELECCIÓN DE

BOMBAS Y EQUIPO COMPLEMENTARIO COMPLEMENTARIO	52
6.1 Descripción del filtro	52
6.2 Modelo matemático del filtro giratorio de vacío	53
6.2.1 Diseño de la transmisión del Filtro	58
6.3 Diseño de la bandeja	62
6.3.1 Transmisión del agitador de la bandeja	63
6.4 Selección del tipo de malla	64
6.5 Diseño de la cuchilla	65
6.6 Diseño del filtro de carbón	66
6.7 Selección de bombas	69
6.7.1 Selección de bomba para tanque de tratamiento (esquema).....	69
6.7.1.1 Selección del diámetro de Tubería de Succión	70
6.7.1.2 Cálculo de las pérdidas de carga	70
6.7.1.3 Cálculo del cabezal neto de succión positiva (NPSH)	72
6.7.1.4 Condiciones de operación.....	74
6.7.2 Selección de la bomba de cal hidratada (esquema)	75
6.7.2.1 Cálculo de pérdidas de carga	75
6.7.2.2 Cálculo del cabezal total	77
6.7.2.3 Cálculo de la potencia de bombeo	77
6.7.2.4 Condiciones de operación.....	77
6.7.3 Selección de la bomba de sulfato ferroso (esquema)	78

6.7.3.1	Cálculo de pérdidas de carga	78
6.7.3.2	Cálculo del cabezal total.....	80
6.7.3.3	Cálculo de la Potencia de Bombeo	80
6.7.3.4	Condiciones de Operación	80
6.7.4	Selección de la bomba de Tierra Diatómica (Esquema).....	81
6.7.4.1	Cálculo de Pérdidas de Carga	81
6.7.4.2	Cálculo del Cabezal Total	83
6.7.4.3	Cálculo de la Potencia de Bombeo	83
6.7.4.4	Condiciones de Operación	83
6.7.5	Selección de Bomba de Vacío (Esquema).....	84
6.7.5.1	Dimensionamiento de la Bomba y Montaje.....	85
6.7.5.2	Condiciones de Operación.....	86
6.7.6	Selección de la bomba Separadora (Esquema).....	88
6.7.6.1	Cálculo de pérdidas de Carga	88
6.7.6.2	Cálculo del Cabezal Total	90
6.7.6.3	Cálculo de la Potencia de Bombeo	90
6.7.6.4	Condiciones de Operación.....	91
6.7.7	Selección de la bomba de Retrolavado (Esquema).....	91
6.7.7.1	Cálculo de Pérdidas de Carga	92
6.7.7.2	Cálculo del Cabezal Total	92
6.7.7.3	Cálculo de la Potencia de Bombeo	93
6.7.7.4	Condiciones de Operación	93

6.8 Disposición física de los componentes de la planta de tratamiento.....	93
VII. ANALISIS DE COSTOS	94
7.1 Cálculo de materiales para la fabricación del tanque de agua residual.....	94
7.1.1 Cálculo del material para los rigidizadores	95
7.1.2 Cálculo del material para el piso.....	95
7.1.3 Tabla de costo de materiales y mano de obra	96
7.2 Cálculo de materiales para fabricación de tanque de agua tratada.....	96
7.2.1 Cálculo del material para los rigidizadores.....	97
7.2.2 Cálculo del material para el piso	98
7.2.3 Tabla de costo de materiales y mano de obra	98
7.3 Cálculo de materiales para fabricación de filtro al vacío.....	100
7.3.1 Cálculo del material para el cilindro y estructura.....	101
7.3.2 Tabla de costo de materiales y mano de obra	102
7.4 Cálculo de materiales para fabricación de estructura para el para el montaje de equipos.....	103
7.4.1 Tabla de costo de materiales y mano de obra	105
7.5 Tabla de equipos y materiales complementarios.....	106
7.6 Requerimientos de energía para operación de la planta de tratamiento.....	107
7.7 Programa en lenguaje Qbasic para el diseño de componentes y cálculo de costos de materiales en la planta de tratamiento.....	109



VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

APENDICES

BIBLIOGRAFIA

AC

Apalox

Am

asp

FeS₂

Fe(OH)₃

Fe₂(SO₄)₃

CaO

CaO

Ca(OH)₂

L

H

b

f

K

Hp

pH

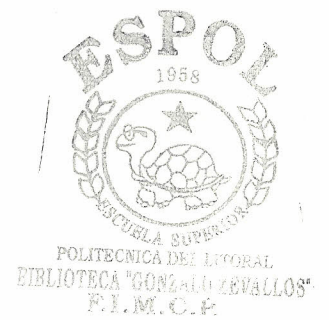
SP

mg/l

ABREVIATURAS

ASME	American Society Mechanical Engineers
AC	Corriente Alterna
Apalet	Area de Paletas
A_{filtr}	Area de Filtración
esp	Espesor
FeSo ₄	Sulfato Ferroso
Fe (OH) ₂	Hidróxido Ferroso
Fe (OH) ₃	Hidróxido Férrico
CaCo ₃	Carbonato de calcio
CaO	Caliza
Ca (OH) ₂	Cal Hidratada
L	Largo
H	Altura
b	Ancho
l	Distancia
R	Radio de circunferencia
Hp	Horse Power
pH	Potencial de Hidrógeno
S.F	Factor de seguridad
mg / l	Miligramos por litro

DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
CO ₂	Dióxido de Carbono
FeSO ₄ 7 H ₂ O	Cooperas
p.p.m	Partes por millón
gal	galón
g	Gravedad
e	Eficiencia de la junta
kg	Kilogramo
Kw	Kilowatt
m ³	metro cúbico
lt	litro
lb	libra
mgr	Miligramo
H ₂ O	Agua
H ₂ O _{resid}	Agua Residual
H ₂ O _{dia}	Agua diaria
mt	metro
sp. gr	Gravedad específica
rev / min	Revoluciones por minuto
M	Momento o par
NPSH	Cabezal neto de presión positiva
PVC	Polyvinil - Cloruro



SIMBOLOGIA

α	factor de forma (H/L)
AC	Corriente Alterna
B	Indice de Fuga
fw	Flujo en peso, lb -pie / lb
P	Presión de diseño
ΔP	Diferencial de presión
Pat	Presión Atmosférica
Pv	Presión de vapor
S	Esfuerzo de fluencia
D	Cabezal de presión estático
sh	Cabezal de succión
hm	Pérdidas de cabezal de presión por fricción.
H ad	Carga adiabática
f	Factor de rozamiento
η ad	Eficiencia adiabática
m	Masa
V	Volumen
hi	Pérdidas de cabezal de presión al ingreso de tubería
hfs	Pérdidas de cabezal total por fricción
hd	Cabezal de Descarga

f	Factor de fricción en tubería
Re	Número de Reynolds
e / d	Rugosidad Relativa
ζ	Concentración de sólidos
I	Momento de Inercia
η	Resistencia de la tierra filtrante y estructura del filtro.
ρ	Densidad del fluido
t	Tiempo
t_{filtr}	Tiempo de filtración
t_{trat}	Tiempo de tratamiento
μ	Viscosidad del fluido
ν	Viscosidad Cinemática
η	Eficiencia
E	Módulo de Rigidez
Γ	Resistencia específica del lodo
G	Gravedad específica
Cd	Coefficiente de Arrastre
W	Carga (lbs)
ω	Velocidad Angular
r_y	Radio de giro
$1 / r_y$	Módulo de Rigidez
k	Constante del gas

ki	Condición de Esbeltez
Fa	Esfuerzo permisible de compresión
fa	Esfuerzo real de compresión
Fy	Esfuerzo límite de fluencia
Kips	Kilo Libras por pulgada cuadrada.
V	Volumen
V filtr	Volumen filtrado
V H ₂ O _{resid}	Volumen de agua residual
vr	Velocidad Relativa (Impulsor -Fluido)
vf	Velocidad fluido
V / Aq	Volumen de filtración por área y por unidad de tiempo.
A filtro	Area de filtro
Q	Caudal
Q _{filtro}	Velocidad de filtración (gal / min pie ²)

INDICE DE FIGURAS



	Pág
Figura 1.1 Cabezal de Corrugar	3
Figura 1.2 Características del Adhesivo	6
Figura 1.3 Circuito de Almidón.....	6
Figura 1.4 Proceso de Impresión con rodillo de caucho.....	7
Figura 1.5 Proceso de Impresión por Cinta Rascadora	8
Figura 1.6 Circuito de Distribución de Agua	9
Figura 2.1 Impacto de Agua Residual en pH	14
Figura 2.2 Impacto de Sólidos en Viscosidad y Punto Gel	14
Figura 4.1 Diagrama del Proceso de Tratamiento de Agua Residual.....	27
Figura 5.1 Variación de Volumen de Agua Residual (Semanal)	28
Figura 5.2 Tanque de Agua Residual.....	39
Figura 5.3 Tanque de Agua Tratada.....	43
Figura 5.4 Tanque de Tratamiento	44
Figura 5.5 Columna del Tanque de Tratamiento.....	47
Figura 6.1 Filtro Giratorio al Vacío	53
Figura 6.2 Filtración vs Tiempo	54
Figura 6.3 Detalle del Filtro Giratorio al Vacío (Visto en corte)	56

Figura 6.4 Dimensiones del Filtro	57
Figura 6.5 Dimensiones del tubo de Vacío.....	58
Figura 6.6 Dimensiones de la bandeja	62
Figura 6.7 Transmisión del Filtro de Vacío.....	64
Figura 6.8 Cuchilla para Lodos.....	65
Figura 6.9 Filtro de Carbón Activado.....	67
Figura 6.10 Diagrama de Suministro de Agua Tratada	69
Figura 6.11 Diagrama de Suministro para Cal Hidratada.....	75
Figura 6.12 Diagrama de Suministro para SO ₄ Fe.....	78
Figura 6.13 Diagrama de Suministro de Tierra Diatómicea.....	81
Figura 6.14 Diagrama de Bomba de Vacío.....	84
Figura 6.15 Compresor Rotatorio de Anillo Líquido	85
Figura 6.16 Diagrama de Bomba Separadora	88
Figura 6.17 Diagrama de Bomba de Retrolavado	91

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla I	Ingredientes del Adhesivo 4
Tabla II	Análisis Físico – Químico.....11
Tabla III	Rigidizadores en Tanque de Agua Residual.....38
Tabla IV	Rigidizadores en Tanque de Agua Tratada..... 42
Tabla V	Revoluciones de Motor y Reductor.....62
Tabla VI	Dimensionamiento y Tazas de Filtración en Filtros de Presión.....68
Tabla VII	Costo de Materiales y Mano de Obra para Tanque de Agua Residual.....96
Tabla VIII	Costo de Materiales y Mano de Obra para Tanque de Agua Tratada....98
Tabla IX	Costo de Materiales y Mano de Obra para Tanque de Tratamiento.....100
Tabla X	Costo de Materiales y Mano de Obra para Filtro al Vacío.....102
Tabla XI	Costo de Materiales y Mano de Obra para Filtro de Carbón103
Tabla XII	Vigas para Estructura de la Planta104
Tabla XIII	Vigas para Estructura de la Planta104
Tabla XIV	Costo de Materiales y Mano de Obra para Estructura de Montaje....105
Tabla XV	Costo de Insumos para Tratamiento de 2000 gal de Agua Residual....106
Tabla XVI	Costo de Energia para Operación de la Planta (Por Turno).....107
Tabla XVII	Resumen de Costo General108

APENDICES

- Apéndice A Límites Permisibles para Descargas al Recurso Agua a Corto Plazo
- Apéndice B Selección del Floculante
- Apéndice C Volumen de Aguas Residuales
- Apéndice D Gráfico “ Caudal vs Probabilidad “
- Apéndice E Cálculo del Volumen del Tanque Homogenizador
- Apéndice F Cálculo del Volumen del Tanque de Almacenamiento de Agua Tratada
- Apéndice.G Rigidizadores en Tanques de Agua Rectangulares
- Apéndice.H Distancia entre Rigidizadores para Tanques de Agua
- Apéndice I Valores de α para Tanques Rectangulares
- Apéndice J Serie de Mallas E.U.A (US)
- Apéndice K Tamaño del Grano de Antracita
- Apéndice L Gráfico Rugosidad Relativa
- Apéndice M Gráfico de Factor de Rozamiento vs Reynolds.
- Apéndice N Pérdidas de Carga en Accesorios
- Apéndice O Diagrama de Bomba Neumática Sandpiper 1 1/2 pulg.
- Apéndice P Tabla de Bomba Sumergible Graymills.
- Apéndice Q Tabla de Bombas Centrífugas TEEL.
- Apéndice R Velocidad Específica vs Diámetro Específico en Compresores
Centrifugos

Apéndice S Estructura para el Montaje de los Equipos de la Planta

Apéndice T Tabla de Costos de Equipos Complementarios

Apéndice U Diagrama de Flujo para Programa de Diseño y Estimación de Costos
de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Apéndice V Programa en Qbasic y resultados

INTRODUCCION

Este trabajo tiene por objetivo demostrar la factibilidad de la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales. Para este caso en particular, el diseño se centra en el tratamiento de una planta con capacidad de 2000 galones de agua residual en una industria cartonera para luego reutilizarla en el proceso de elaboración del adhesivo.

De esta manera, el objetivo de la planta de tratamiento es : 1) Suministrar el agua con las condiciones requeridas para la preparación del almidón 2) Reducir el impacto ambiental del agua residual en la red de alcantarillado de acuerdo a los parámetros establecidos por los organismos de control de impacto ambiental del estado. Inicialmente se detalla el proceso de fabricación del cartón corrugado.

El tratamiento de las aguas residuales utiliza cal hidratada , sulfato ferroso y tierra diatómica de acuerdo a las cantidades sugeridas por Alar Corporation para el agua residual en este tipo de industria.

De esta manera se procede al diseño de la infraestructura y selección de equipos. Se incluye además un programa desarrollado en Qbasic para el cálculo de masas de reactivos a usar , diseño de elementos, selección de bombas y cálculo de costos .Cabe mencionar que la infraestructura diseñada, es compatible para el tratamiento de aguas residuales con otras características para lo cual previamente se definen los reactivos a usar con el uso de pruebas experimentales . Esta última particularidad, convierte a este trabajo en una propuesta interesante, la cual puede ser adoptada en nuestro medio . sin que esto represente una inversión honerosa .

CAPITULO 1

1. PROCESOS QUE INTERVIENEN EN LA FABRICACION DEL CARTON CORRUGADO

1.1 Proceso de Corrugado

Para producir una plancha de cartón se requiere de la participación de tres elementos : papel adhesivo, calor y una cabezal de corrugar.

Hay dos tipos de papel en su procedimiento, el pliego de la cubierta (lyner) y el intermedio corrugado (medium).El adhesivo en todos los casos generalmente es el almidón, éste puede ser de yuca, papa.

El calor es requerido para establecer el sello por medio de la gelatinación del almidón para condicionar el pliego de cubierta y controlar la humedad del papel. El proceso de corrugado del intermedio corrugado y la adhesión del papel cubierta puede ser apreciado en el siguiente gráfico.

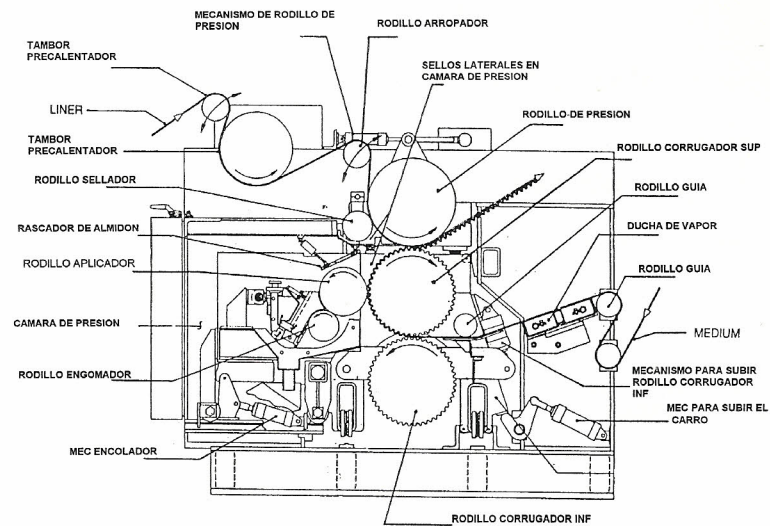


FIG 1.1 CABEZAL DE CORRUGAR

1.1.1 Características del Adhesivo

El almidón posee una característica química muy particular, la cual le permite ser diluido en agua bajo ciertas condiciones. El almidón presenta una tendencia a los enlaces moleculares después de ser diluido o cuando se deshidrata.

TABLA I
INGREDIENTES DEL ADHESIVO



Ingredientes	Función
Agua	Vehículo de Penetración
Almidón	El adhesivo natural
Soda Cáustica	Modifica las propiedades y disminuye el punto de gelatinización.
Borax	Extiende la duración de la viscosidad del almidón Mejora las propiedades de engomado
Resinas	Extiende el efecto de engomado
Preservantes	Evitan la formación de bacterias, hongos, las que inciden en pérdidas de las propiedades del adhesivo

Función del Agua en la formulación del Almidón.- El agua es usada como vehículo de penetración de los elementos anteriormente mencionados.

1.1.2 Preparación del almidón

La preparación del adhesivo se realiza en un tanque, el cual lo conoceremos como "Tanque de preparación". Se presenta a continuación el procedimiento de preparación de la fórmula "HARLOFLEX" preparada por la empresa de adhesivos para la industria del cartón corrugador "HARPER – LOVE".

- 1.- Llenar el tanque primario con 220 galones de agua, se sugiere agua fresca
- 2.- Arrancar el batidor de 50 Hp.
- 3.- Añadir 100 lbs de Harlobond (Resina Comercial).
- 4.- Añadir 165 bs de almidón.
- 5.- Añadir 46.5 lbs de Soda Caústica.
- 6.- Mezclar por espacio de un minuto.
- 7.- Añadir 5.5 lbs de Borax
- 8.- Mezclar por espacio de 3 min.
- 9.- Añadir 300 gal de agua potable.
- 10.- Añadir 50 lbs de HI-7B.
- 11.- Mezclar por espacio de 1 min.
- 12.- Añadir 85 lbs de Hydratite – 401
- 13.- Adicionar 1268 lbs de almidón Perla
- 14.- Mezclar por espacio de 1 min
- 15.- Adicionar 50 lbs de Harloflex
- 16.- Mezclar por espacio de 3 min.

Las características finales del adhesivo son :

Volumen	668 gal
Viscosidad	17 -21 seg
Viscosidad (Stein Hall)	23.5 - 29 seg
Temp Mezcla	109 \pm 2 ° F
Temp. Gelatinización	142 \pm 1 ° F
% de Sólidos	28 %

FIG 1.2 CARACTERISTICAS DEL ADHESIVO

1.1.3 Diagrama explicativo del circuito de Almidón

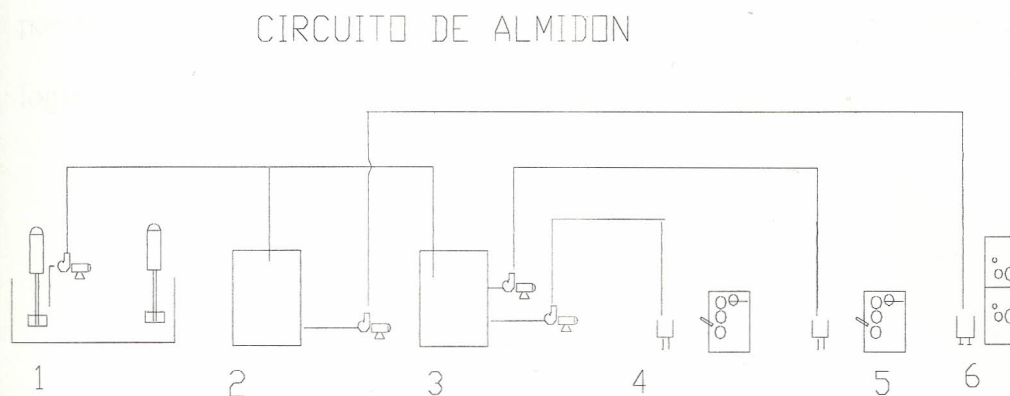


Fig 1.3 CIRCUITO DE ALMIDON

1. Tanque de Preparación.- La preparación de los ingredientes se realiza en el tanque de mezcla con capacidad de 2000 gal . Este dispone de dos batidores con motores de 50 Hp y 1110 rev/min.

2. Tanque de Almacenamiento del Double Backer. – Aquí se almacena el adhesivo para la engomadora.

3. Tanque de Almacenamiento para los Single Facer.- Aquí se almacena el adhesivo que se usará en los cabezales de corrugar de flautas B y C.

4,5,6. Tanques de consumo.- Aquí se almacena el almidón que se consume en las máquinas. Se produce una recirculación del adhesivo, pues parte del adhesivo aplicado retorna al tanque de consumo.

1.2 Proceso de Impresión

El proceso de impresión se realiza en las imprentas. Consiste en un proceso de transferencia de tinta desde una superficie en relieve hasta un sustrato.

La placa de impresión emplea una superficie en relieve, la cual es la imagen en forma negativa, la misma que lleva la tinta. Esta última puede ser aplicada por medio de un rodillo aplicador. La tinta presente en el rodillo aplicador se logra al formar una película entre el rodillo aplicador y otro rodillo.

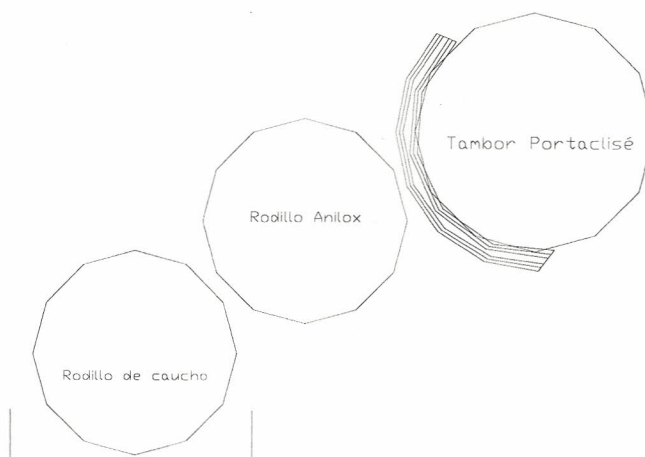


Fig 1.4 PROCESO DE IMPRESIÓN CON RODILLO DE CAUCHO

Otra forma de lograr la película es usar un rascador, el mismo que se monta contra el rodillo.

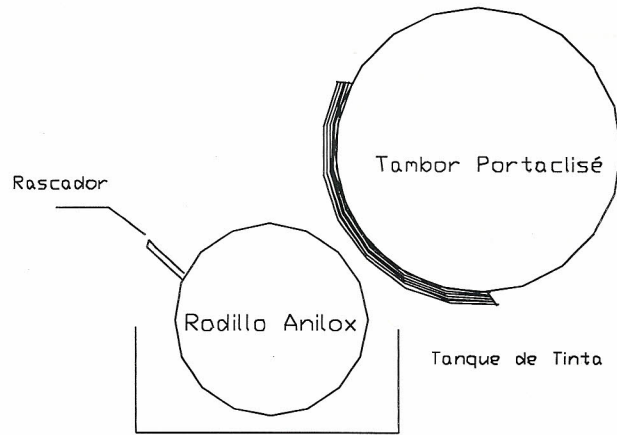


FIG 1.5 PROCESO DE IMPRESIÓN POR CINTA RASCADORA

1.2.1. Uso del agua en el proceso de Impresión

El agua cumple la función de disolvente, es decir que es el medio para diluir las tintas usadas en el proceso de impresión. Tenemos entonces, que el agua cumple las siguientes funciones en el proceso de impresión :

1) Disolvente de las tintas 2) Para remover tintas y limpiar el área de trabajo.

1.2.2 Diagrama Explicativo del Suministro y Retorno del Agua.

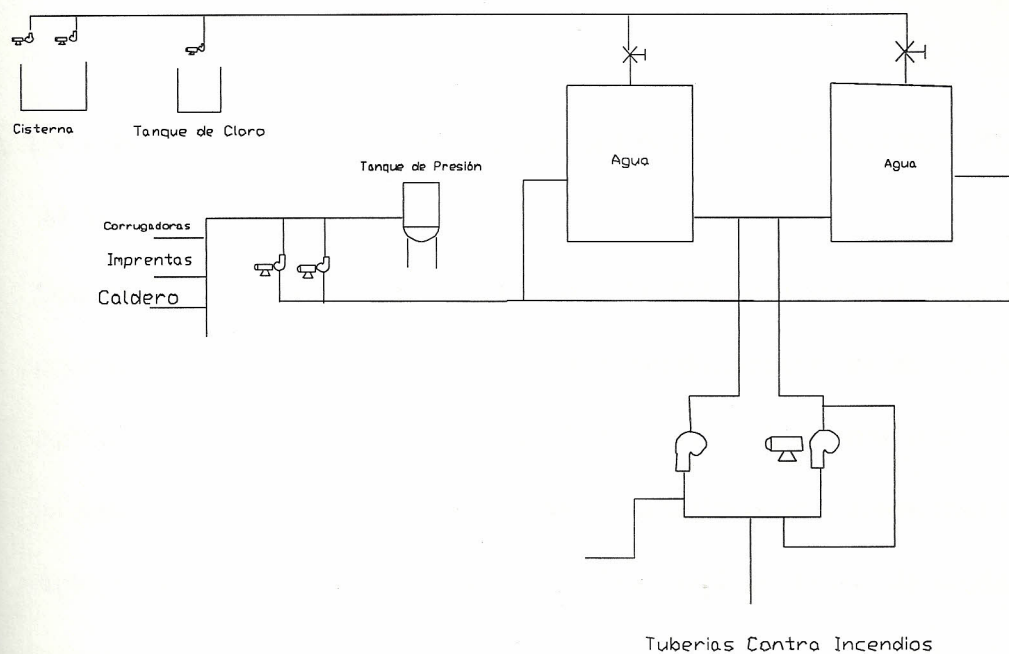


FIG 1.6 CIRCUITO DE DITRIBUCION DE AGUA

1. El ingreso del agua a la planta se realiza por medio de tanqueros.
2. El agua pasa a un tanque de clorinación para la desinfección de la misma.
3. Luego de la clorinación, el agua pasa a los tanques de almacenamiento con capacidad de 20.000 gal cada uno.
4. Luego el agua es bombeada a presión para los diferentes aplicaciones de la planta, caldero, línea de corrugado e imprentas.

CAPITULO 2

2. USO DEL AGUA RESIDUAL TRATADA EN LA ELABORACION DE ALMIDON

Con la finalidad de reducir el impacto ambiental, consumo de agua y para controlar las variables como concentración de sólidos, muchas de las industrias de cartón corrugado adoptan el sistema de “Lazo Cerrado“, es decir que se trata en lo posible de no emitir desechos a la red de alcantarillado y aprovechar el agua tratada para la elaboración del adhesivo. Esto implica el uso de unidades de tratamiento de aguas.

La experiencia ha demostrado que el agua residual tratada puede ser usada con gran éxito en la preparación del adhesivo. En la sección 2.2 se citan algunos puntos para considerar sobre la influencia del agua en el adhesivo tomados de un boletín de la empresa Harper Love.

2.1 Características de Agua Residual Tratada en la industria de Cartón

Corrugado

Esta es el agua que ha sido usada en las imprentas y líneas de corrugado, está mezclada con tintas, detergente, reguladores de Ph así como también de almidón ya cocinado , aceite, grasa y fibras de papel.

Con el fin de cuantificar la propiedades del agua residual y compararlas con las propiedades deseadas para la elaboración del almidón se presenta los resultados de un exámen físico – químico realizado a las aguas residuales de una industria cartonera de la localidad (PROCARSA). El análisis se llevó a cabo en aguas residuales antes y después del tratamiento sugerido en esta tesis de grado.

2.1.1 Análisis Físico–Químico del Agua Residual antes y después del Tratamiento.

TABLA II
ANALISIS FISICO - QUIMICO

Parámetros	M 1	M 2	M 3	V.P
Color Co Pt	Fuerte	60	50	30
Sólidos Suspendidos (ppm)	6300	12	9	350
Sólidos Sedimentables (ppm)	600	0	0	---
Grasas y aceites (ppm)	---	0	0	Ausencia
DBO 5 (ppm)	185	180	180	350
DQO 5 (ppm)	16530	965	1125	Rem 90 %
Temperatura (°C)	30	31	32	< 35
PH	7.3	6.2	7.2	5 - 9
Material Flotante	Visible	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Donde :

M1: Agua Residual que entra al tanque de tratamiento

M2 : Agua Residual Tratada que sale de la Planta de Tratamiento

M3 : Agua Residual Tratada que se descarga a la alcantarilla

Los parámetros del agua residual industrial después del tratamiento, indican que existe una remoción de más de 90 % en el D.Q.O, encontrándose dentro de los parámetros establecidos por la ley (ver apéndice A). En cuanto al parámetro de color, se detectó una elevación en estos valores, debido a que el filtro de carbón, cuya función a más de eliminar malos olores también es decolorar, se hallaba en mantenimiento.

2.2 Influencia del Agua en las Propiedades del Almidón

En realidad no existe un estándar para la calidad del agua a ser empleada en la fabricación de almidón. Sin embargo existen algunos puntos a considerar en cuanto a sus propiedades .

PH

- El pH puede variar tener valores entre 4.5 y 11, ésta variación puede originar variación en el punto de gelatinización del almidón.
- Valores de pH entre 11 y 12 pueden provocar formación de depósitos de CaCo_3 , pues este es menos soluble a tales valores de pH.

- Temperatura

Luego de participar en el proceso de corrugado , la temperatura del agua es elevada en algunos grados centígrados. Este diferencial de temperatura se

mantiene en algunos casos y puede presentar problemas cuando se reutiliza para producir almidón. Se sugiere el uso de agua a temperatura ambiente.

Sólidos

- La cantidad de sólidos en suspensión puede alterar la viscosidad y potencial de hidrógeno y consecuentemente variar el punto de gelatinización.

Según un estudio de empresas fabricantes de tintas y adhesivos para la industria del cartón corrugado sobre el uso del agua de la línea de imprentas para la elaboración de almidón realizado en los 70, se redacta lo siguiente :

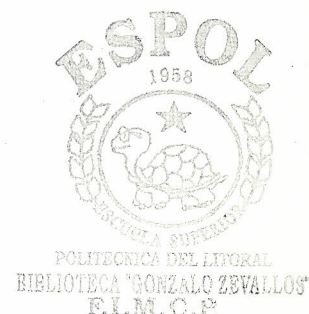
- El cocinar almidón con agua dura puede dar origen a un almidón con baja viscosidad, algunos segundos por debajo del estándar (20 seg con copa Love).

- El uso de "agua dura" eleva la temperatura de gelatinización provocando problemas de "delaminado" en el single facer o double backer.

- El agua residual de la línea de corrugado, eleva la viscosidad del almidón.

- La pérdida de viscosidad del almidón puede darse por formación de bacterias, estas destruyen los enlaces de hidrógeno del almidón disminuyendo su viscosidad.

Los siguientes gráficos muestran la influencia de los sólidos en suspensión en la viscosidad, punto de gelatinización y pH.



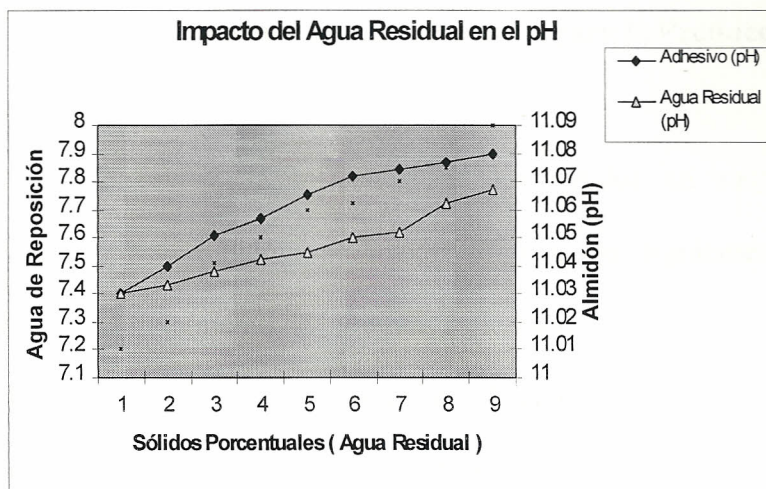


FIG 2.1 IMPACTO DE AGUA RESIDUAL EN PH

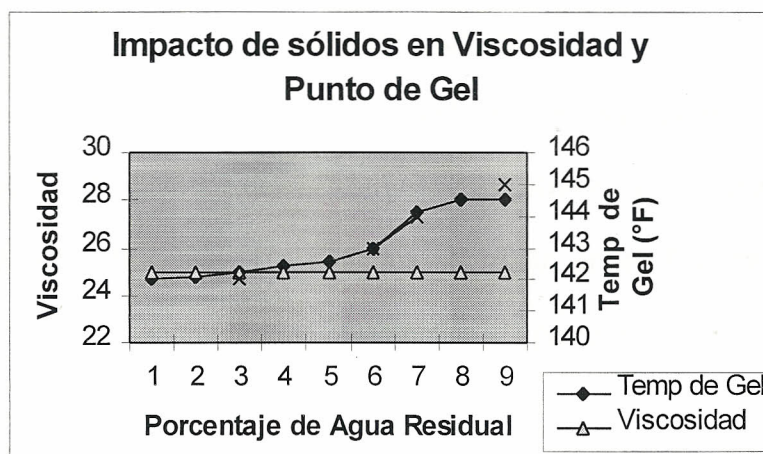


FIG 2.2 IMPACTO DE SOLIDOS EN VISCOSIDAD Y PUNTO DE GEL

2.3 Objetivo del Tratamiento de Agua Residual para la Producción de

Almidón

Después de revisar la influencia de los sólidos en suspensión en las propiedades del almidón, se puede notar a los siguientes puntos como objetivos del tratamiento de las aguas residuales :

- 1) Eliminar los sólidos en suspensión del agua residual
- 2) Eliminar olores y colores desagradables
- 3) Reducir la acidez del agua
- 4) En el caso de emitir descargas de aguas residuales a la red de alcantarillado, reducir el impacto ambiental originado por estas a niveles permitidos de acuerdo a lo establecido por el Departamento de Control de Impacto Ambiental de la M.I Municipalidad de Guayaquil, INERHI, IEOS, DIGMER, cuyos parámetros se hallan en el Registro Oficial de la Nación. Tales parámetros se muestran en el apéndice A.

CAPITULO 3

3. DIVERSOS METODOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Los diversos métodos de tratamiento de aguas residuales dependen del tipo de partículas presentes en ella.

Se clasifican en tres grupos :

1) Método Mecánico 2) Método Químico 3) Método Biológico

3.1 Método Mecánico.- Este método se subclasifica según el tipo de partículas a recolectar.

3.1.1. Filtración

La filtración es el proceso por el cual se transporta líquido, el cual contiene materia en suspensión a través de una superficie porosa para poder así remover el material en suspensión del agua.

Este proceso, junto a otros previos, como coagulación y precipitación constituye de gran ayuda para la remoción de partículas no deseables en el tratamiento de aguas.

Este método presenta dificultades, pues el uso de mallas finas dificulta en muchas ocasiones el proceso tapando los filtros e impidiendo el paso del efluente.

3.1.2 Aireación.- Este método es altamente efectivo para cierto tipo de aguas. Consiste en aplicar aire , ya sea por toberas , tuberías sumergidas o cascadas.

3.1.3 Flotación.- Esta es una operación unitaria que se emplea para la separación de partículas sólidas o líquidas de una fase líquida. La separación se consigue introduciendo finas burbujas de aire, normalmente aire en la fase líquida. Las burbujas se adhieren a las partículas y la fuerza ascensional que experimenta el conjunto líquido- burbuja de aire hace que suban hasta la superficie de líquido.

3.1.4. Evaporación.- La vaporización es el cambio de un líquido al estado de vapor. Esto puede llevarse a cabo por 1) ebullición, en la cual la vaporización tiene lugar dentro del líquido y pasa a través de este, desprendiéndose en la superficie y 2) evaporización o vaporización que tiene lugar únicamente en las superficies libres.

3.2. Método Químico (Floculación)

Cuando se adicionan ciertas sales metálicas solubles a aguas alcalinas o que contienen materia coloidal suspendida, se desarrollan cambios físicos y químicos que dan origen a sustancias gelatinosas. Este fenómeno se denomina coagulación o floculación.

La función primordial del coagulante consiste en suministrar iones fuertemente cargados capaces de neutralizar las cargas eléctricas de la mayor parte coloidal del agua y causar su precipitación.

Los coagulantes comúnmente más usados son sulfato de aluminio, sales de hierro y cloruro de calcio o cal.

Existe un rango del potencial de hidrógeno para el cual la coagulación alcanza su mejor estado, equivalente al menor valor de solubilidad de los flóculos. Esto depende del coagulante empleado, así como del contenido de minerales que tenga al agua a ser tratada.

La temperatura del agua es un factor determinante, pues a bajas temperaturas, se requiere la adición de una mayor dosificación de químicos.

De manera general, el éxito de la coagulación depende de tres factores :

- 1.- La presencia mínima de iones de hierro o aluminio para formar flóculos insolubles.
- 2.- La presencia de un anión fuerte, tales como sulfato o clorito
- 3.- Controlar el Ph dentro de un rango definido.

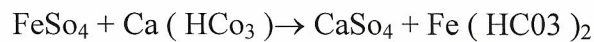
No es posible predecir con éxito, el mejor coagulante. Por lo que por razones económicas se sugiere realizar pruebas de laboratorio.

3.3 Selección del Flocculante más Idóneo

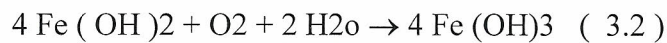
Las sales más usadas son las de aluminio y hierro. En el apéndice B se nombran las sales usadas en el tratamiento de aguas residuales y se listan algunas de sus propiedades. No se revisarán éstas detalladamente, por el hecho de que existe suficiente literatura que puede aclarar la teoría de la coagulación con diferentes sales.

3.4 Flocculación usando Sulfato Ferroso

Esta se realiza por la adición de sulfato ferroso, este material se conoce en inglés como “copperas” y tiene la fórmula $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$



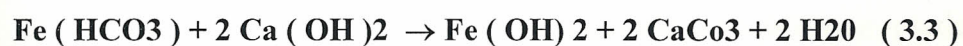
El hidróxido ferroso bajo ciertas condiciones es fácilmente oxidado a hidróxido férrico $\text{Fe}(\text{OH})_3$, el cual es un compuesto muy insoluble. La siguiente ecuación ilustra la reacción.



La oxidación del hidróxido ferroso a la forma férrica se obtiene por efecto del oxígeno disuelto en el agua y la velocidad con que tiene lugar, se incrementa por la aereación. La cantidad de oxígeno requerida para convertir hidróxido ferroso a férrico es de 0.03 partes de oxígeno, O_2 , por una parte de **copperas**, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

Aunque el sulfato ferroso producirá flóculos de acuerdo a las reacciones anteriores, los resultados a menudo son poco satisfactorios. Esto se debe a la presencia de bióxido de carbono y a su efecto sobre la solubilidad del hidróxido ferroso.

Es por esto que el coagulante se aplica con cal hidratada. Este último compuesto neutraliza el bióxido de carbono



Una ventaja adicional resultante de la adición de cal con el coagulante proviene del incremento resultante en el valor de pH del agua. El valor más alto en pH favorece a la oxidación de hidróxido ferroso a hidróxido férrico.

3.5 Prueba de Jarra

A continuación se detalla el procedimiento y resultado de una prueba de jarra realizada con el agua residual usando sulfato de hierro y cal hidratada.

Volumen de agua a tratar = 1 lt

Coagulantes usados :

Sulfato ferroso 3000 p.p.m : Cal hidratada 3000 p.p.m : Tierra filtrante
9000 p.p.m

Procedimiento

1. Se escoge 1 litro de agua residual en un frasco de ensayo
2. Se pesan tres 3 gr de sulfato ferroso y 3 gr de cal hidratada
3. Se pesan 9 gr de tierra diatómicea



4. Se disuelven los tres gramos de sulfato ferroso en el litro de agua residual y se agita la mezcla hasta que el Ph alcance el valor de 3.0. Dependiendo de la turbiedad del agua . Este proceso toma 5 min.
5. Luego se adicionan los 3 gr de cal hidratada, mientras se agita la mezcla. Realizar esto hasta alcanzar un Ph mayor a 8 .
6. Se mide el valor de Ph. El potencial de hidrógeno disminuirá hasta alcanzar un valor de 3. Hasta este punto el agua ha adquirido una coloración rosada.
7. Adicionar 9 gr de tierra diatómicea y agitar la mezcla.

Resultado :

Los flóculos se forman inmediatamente y alcanzan el mayor tamaño al cabo de 5 min. Al cabo de 10 min, los flóculos se sedimentan y la muestra presenta las siguientes características :

pH = 7.0 : Fe = 0.8 p.p.m : Turbidez = 63 FTU : Color = 10 APHA

Conductividad = 1700 Microohms / cm.

CAPITULO 4

4. DESCRIPCION DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUAS

La infraestructura de la planta de tratamiento se basa en la coagulación haciendo uso de sulfato ferroso, proceso que fue explicado en el capítulo anterior. Adicional a este proceso se incluye el de filtración al vacío y columna de carbón activado. Esto se puede apreciar revisando la fig.4.1.

4.1. Almacenamiento de las Aguas Residuales

Toda el agua residual, proveniente de la línea de corrugado e imprentas es transportada por bombas neumáticas hacia el tanque de almacenamiento de agua residual. Este tanque esta previsto de un agitador mecánico y tiene por objeto evitar la sedimentación de los sólidos en suspensión.

4.2 Tanque de Tratamiento

Es aquí en donde se produce la adición de los coagulantes de hierro para producir flóculos o compuestos insolubles de aspecto gelatinoso. La adición de coagulantes cumple dos funciones :

1) Acelerar el asentamiento de la materia en suspensión 2) Permite velocidades de filtración más altas.

El tanque de tratamiento consta de un batidor con motor eléctrico para lograr una mezcla homogénea. Es por esto que los tanques que cumplen esta función presentan forma cilíndrica.

El agua residual es bombeada hacia este tanque hasta completar el nivel deseado para luego proceder a la dosificación de los coagulantes.

Una bomba neumática forma parte de esta unidad para transportar el agua con los coagulantes hacia la bandeja para filtrado al vacío. Cuando el agua alcanza el nivel deseado en la bandeja se produce el cierre de la válvula v_1 en la línea hacia la bandeja, abriéndose la válvula v_2 para la recirculación en el tanque de tratamiento (ver fig 4.1).

4.3 Dosificación de Coagulantes

Previo a la dosificación, se realiza la preparación de los coagulantes, tales como sulfato ferroso y cal hidratada. Esta se realiza al verter una masa de sulfato ferroso y agua en el tanque de preparación plástico con capacidad de 50 gal.

De manera similar, la cal hidratada y al agua son mezclados en un tanque de preparación con capacidad de 50 gal.

Cada tanque de preparación consta de un batidor eléctrico y una bomba sumergible para transportar estos coagulantes hacia el tanque de tratamiento.

4.3.1 Dosificación de Sulfato Ferroso “ FeSo4 “

Luego de que el agua residual alcanzó el nivel esperado dentro del tanque de tratamiento, se dosifica el sulfato ferroso al cerrarse la válvula v3 y abrirse la válvula v4 mientras se produce la agitación dentro del tanque de tratamiento.

La dosificación de sulfato ferroso forma el hidróxido ferroso, de acuerdo a la ecuación detallada en el capítulo anterior. De esta manera, la dosificación se realiza hasta que la mezcla alcance un pH menor o igual a 4.0. El pH puede controlarse con un medidor de pH de tipo manual o montado en el tanque.

4.3.2. Dosificación de Cal Hidratada “ Ca (OH)₂ “

Inmediatamente después de que la mezcla alcanzó un valor de pH de 4.0 se detiene el bombeo de sulfato ferroso para bombear la cal hidratada al tanque de tratamiento.

La adición de cal hidratada produce un incremento en el pH del agua. Mientras más alto sea este valor, la oxidación del hidróxido ferroso será completa y se formará el hidróxido férrico. Este último compuesto es completamente insoluble. Para este caso en particular, el pH de formación puede estar entre 8 y 9.

4.3.3 Dosificación de Tierra Diatómica

Mientras se realizaba la dosificación de la cal hidratada, se realiza la agitación y dilución de la tierra diatómica en un tanque plástico con 150 gal de agua. Al concluir la dosificación de la cal hidratada, se inicia el bombeo de la tierra

diatómicea y agua del tanque de tratamiento hacia la bandeja que contiene el filtro al vacío.

La tierra diatómicea sirve de medio filtrante y forma una capa firme sobre las paredes del filtro.

Simultáneamente la bomba de vacío y la bomba separadora entran en funcionamiento. Los motoreductores del filtro se encienden y se inicia el filtrado al vacío.

4.4 Filtro al vacío

El filtrado se produce en la parte sumergida del filtro a una presión de vacío de 25 pulg de agua. Por efecto del vacío se forma una capa de lodo en la pared del mismo. El filtro gira a 3 rev/min y la remoción del lodo se logra por efecto de una cuchilla que continuamente roza la pared del filtro. Los lodos removidos caen en un contenedor y son retirados luego de terminado el ciclo del tratamiento.

El agua que ha sido filtrada por efecto del vacío es transportada hacia el tanque de agua tratada, pasando antes por el filtro de carbón activado.

4.5 Filtro de carbón activado.

El agua transportada por la bomba separadora pasa por la columna de carbón activado para retirar los malos olores y coloración turbia. Este filtro presenta forma cilíndrica y trabaja en sentido vertical. Los gránulos de carbón detienen los flóculos que no pudieron ser retenidos en el filtro de vacío.

4.6 Almacenamiento del Agua Tratada

Después del paso por el filtro de carbón , el agua es transportada al tanque de almacenamiento de agua tratada, en donde es agitada por un batidor eléctrico.

4.7 Retrolavado de Filtros

Al finalizar el proceso de tratamiento, se inicia el lavado del filtro giratorio de vacío. Cuando el agua en el tanque de tratamiento alcanza el nivel mínimo, se abre la válvula v7 que permite el paso de una ducha de agua limpia sobre la superficie del filtro de vacío. Cuando el agua alcanza el nivel máximo permitido en la bandeja del filtro, arranca la bomba de retrolavado y transporta los residuos de la filtración y el agua hacia el tanque de tratamiento.

4.8. Diagrama del Proceso de Tratamiento de Agua Residual

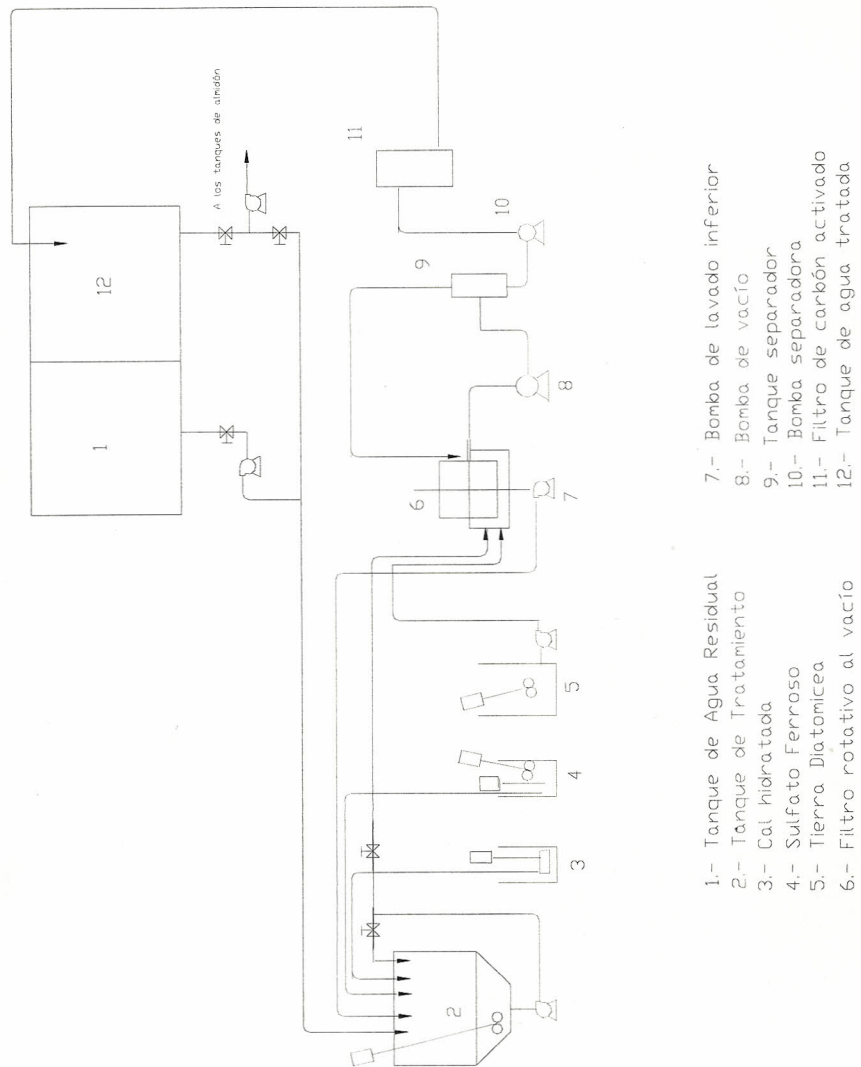


Fig. 4.1

PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

CAPITULO 5

5. DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

Para dimensionar el tamaño de los elementos de la planta de tratamiento, revisaremos los datos obtenidos en un lapso de 9 semanas sobre los volúmenes de aguas residuales producidos por la planta, apéndice C. La variación de caudales promedio semanales respecto al tiempo se presenta en el siguiente gráfico.

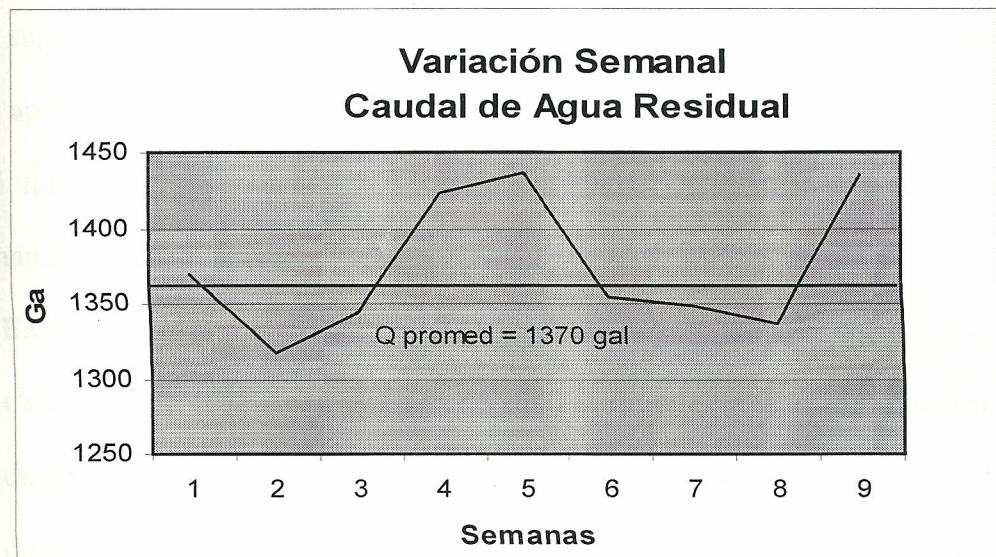


Fig 5.1

VARIACION DE VOLUMEN DE AGUA RESIDUA (SEMANAL)

Se puede apreciar que el volumen de agua residual generado por la planta es de aproximadamente 184966 gal.

Si el valor anterior se divide para las 9 semanas , tenemos un valor promedio de agua residual $H_2O_{resid} = 20551.7$ gal.

Considerando los cinco días de trabajo de la planta , se obtiene un volumen de agua diario(H_2O_{dia}) de 4110.35 gal.

De esta manera el volumen de agua residual producido en un turno de 8 horas es de 1370 gal.

Usando el análisis estadístico de aguas residuales con la información de caudales de aguas residuales producidos, se diseña el tanque de tratamiento para una capacidad de 2000 gal / turno con una probabilidad de un 4 % para que este valor sea superado en un turno por el flujo de aguas residuales producido por la planta , ver apéndice E. En dicha sección, se muestran los volúmenes registrados en los 135 turnos, correspondientes a 3 turnos por día de lunes a viernes en nueve semanas de trabajo.

5.1 Balance de Materia en la Planta de Tratamiento

Considerando el volumen escogido de 2000 gal/turno (7560 lts/turno) para el dimensionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales con una densidad promedio de 1.1 Kg / m³ y por la conservación de la masa , tenemos lo siguiente :

$$\text{Masa que entra} = \text{Material que sale} \quad (5.0)$$



Determinado la masa del agua que entra

$$m = \rho \times V_{\text{agua}}$$

$$m = 1.1 \text{ Kg / lt} \times 7560 \text{ lts / turno}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 8316 \text{ Kg / turno}$$

5.1.1.- Determinación de las masas de los químicos

De acuerdo a los valores de la prueba de jarra, en esta se emplearon 3000 p.p.m de Sulfato ferroso y 3000 p.p.m de cal .

Si se tienen 7560 lts de agua , la masa de Sulfato ferroso y cal será :

Recordando siempre que : p.p.m = mgr / lt

Masa sulfato ferroso = 3000 mgr / lt x 7560 lt

$$\begin{aligned} &= 22.68 \times 10^6 \text{ mgr} \times \frac{\text{gr}}{1000 \text{ mgr}} \times \frac{\text{kg}}{1000 \text{ gr}} \\ &= 22.68 \text{ kg (50 lb)} \end{aligned}$$

Se requieren 50 lb de sulfato ferroso y cal

La cal hidratada se forma al combinar cal y agua, según la siguiente ecuación química



Al diluir 50 lb de cal en 50 gal de H₂O (416.6 lb), se obtiene una mezcla de 211.68 kg de Cal hidratada .

Si se sabe que intervienen (211.68 Kgs) de Sulfato ferroso y 211.68 kgs de Hidróxido de calcio, sumados a la masa de agua , tenemos :

$$\text{Masa total} = \text{masa H}_2\text{O} + \text{masa SO}_4\text{Fe} + \text{masa Ca (OH)}_2 \quad (5.2)$$

$$\text{Masa total} = 8316 \text{ Kg} + 211.68 \text{ Kg} + 211.68 \text{ Kg}$$

$$\text{Masa Total} = 8739.36 \text{ Kgs}$$

5.2 Ecuación Stequiométrica de la Reacciones que intervienen

Inicialmente al agregar H₂O a la caliza (CaO) se produce cal hidratada.

De acuerdo a la relación de masa



Pesos moleculares de los productos :

$$\text{H}_2\text{O} = 18 ; \text{SO}_4\text{Fe} = 152 ; \text{Ca (OH)}_2 = 74 ; \text{Fe (OH)}_2 = 90 ; \text{SO}_4\text{Ca} = 136$$

5.2.1 Cálculo de Masa de Componentes Resultantes

$$211.68 \text{ Kgs} \times \frac{1 \text{ mol Fe (OH)}_2}{1 \text{ mol SO}_4\text{Fe}} \times \frac{1 \text{ mol SO}_4\text{Fe}}{103.84 \text{ Kgs SO}_4\text{Fe}} \times \frac{83.84 \text{ Kgs Fe (OH)}_2}{1 \text{ mol Fe (OH)}_2} =$$

$$170.90 \text{ Kgs Fe (OH)}_2$$

$$211.68 \text{ x Kgs SO}_4\text{Fe} \times \frac{1 \text{ mol SO}_4\text{Ca}}{1 \text{ mol SO}_4\text{Fe}} \times \frac{1 \text{ mol SO}_4\text{Fe}}{152 \text{ Kgs SO}_4\text{Fe}} \times \frac{136 \text{ Kgs SO}_4\text{Ca}}{1 \text{ mol SO}_4\text{Ca}} =$$

$$190 \text{ Kgs SO}_4\text{Ca}$$

5.2.2 Determinación del Volumen de Agua Tratada

Si se suman las masa de Fe (OH)₂ y SO₄Ca formados como producto de la reacción, tenemos :

$$\text{Masa de productos a la salida} = \text{Masa Fe (OH)}_2 + \text{Masa SO}_4\text{Ca} \quad (5.4)$$

$$\text{Masa de productos a la salida} = 360.9 \text{ Kg}$$

Considerando las 150 lbs de tierra diatómica y 150 gal de agua, por separado, tenemos: tierra = 150 lbs (68.04 kg) : M agua = 150 gal (623.7 kg)

Conociendo que en el proceso de filtrado se añade la masa de tierra diatómica arriba mencionada y que al ser filtrada en el proceso es detenida en las paredes del filtro y que la tierra diatómica después del filtrado consta de un 12.5 % de agua . Si se resta , esta masa de agua capturada por la tierra que no ingresó al filtro , se tiene la masa total de agua.

$$\begin{aligned} M_{H_2O \text{ trat}} &= M_{\text{total}} - M_{\text{produc}} - M_{H_2O \text{ tierra diatóm}} - M_{\text{agua capt}} \quad (5.5) \\ &= 8739 \text{ kg} - 360.9 \text{ kg} - 623.7 \text{ kg} - 68.04 \times 0.12 \end{aligned}$$

$$M_{H_2O \text{ trat}} = 7746 \text{ Kg} \quad (1862 \text{ gal})$$

Se estima que la masa de residuos, que se presenta en el proceso como “lodo” y que es separado del proceso por la cuchilla es :

$$M_{\text{residuo}} = M_{\text{tierra diatómica}} + M_{\text{compuestos}} \quad (5.5)$$

$$M_{\text{residuo}} = 68.04 \times 1.12 + 360.9 = 437 \text{ kg} \quad (963 \text{ lbs})$$

5.3 Dimensionamiento de los tanques receptores de Agua

La planta de tratamiento consta de tres tanques de almacenamiento. Un tanque receptor de las aguas residuales, un tanque de tratamiento de aguas y un tanque de agua tratada.

Para el diseño del tanque de recepción se deben considerar los siguientes puntos :

- 1) Caudal de aguas residuales emitido por la planta (Q_{resid})
- 2) Tiempo de tratamiento del agua (t_{trat})

3) Igualación de los vertidos en el depósito.

Previo a dimensionar, conviene revisar el término “ Igualación de vertidos “.

Igualación de vertidos .- Es el método empleado para lograr un efluente lo más uniforme posible en todas sus características, tales como Ph, color turbiedad, alcalinidad, D.B.O, etc.

De acuerdo al procedimiento de tratamiento descrito en el capítulo anterior (fig 4.1) se requiere de la adopción de un sistema de homogenización en línea.

Consideraciones para dimensionamiento de los tanques

Tanque de Almacenamiento y Homogenización

La capacidad del tanque de homogenización y almacenamiento de aguas residuales, se obtiene de la sumatoria de todos los valores positivos o negativos, obtenidos como la diferencia de volumen promedio del volumen por turno.

$$V_{\text{tanq agua res}} = \Sigma (V_i - V_{\text{prom}})_{\text{pos}} \quad 5.5$$

Luego de realizar esta operación mostrada en el apéndice E, se obtiene que el volumen sugerido para homogenizar el agua residual es de 10000 gal. Con el fin de contar con un margen de seguridad , se opta por incrementar este valor a 10500 gal.

Tanque de Agua Tratada La capacidad del tanque de almacenamiento de agua tratada depende del consumo de esta para producir el adhesivo. Aplicando el mismo concepto anterior, en el apéndice F se muestra la tabla con las mediciones del volumen de agua consumido para la elaboración del

adhesivo. El cálculo del volumen del tanque sugerido es de 5662 gal. Con el fin de contar con un margen de seguridad, se incrementa en un 6 %. De esta manera el volumen del tanque de almacenamiento de agua residual es de 6000 gal. Resumiendo las capacidades de los tanques de la planta de tratamiento serán :

Tanque de agua residual = 10500 gal : Tanque de tratamiento = 2000 gal

Tanque de agua tratada = 6000 gal.

5.4 Normas de Diseño para Tanques de Agua

De acuerdo a la clasificación de la OSHA, capítulo XVII, parte 1910.106, el tipo de tanque a diseñar se define como **tanque de baja presión**, pues su rango de trabajo se encuentra entre 0.5 psig y 15 psig.

Se adoptará el código ASME para el diseño de los tanques de agua. A continuación se detallan los códigos citados en el Pressure Vessels Handbook.

UG-16 (b)

1.- El mínimo espesor de plancha para contrucciones soldadas no debe ser inferior a 1/16 “.

UG-16 (b) (6)

El mínimo espesor de plancha a usarse en contrucción de cascarones no deber ser inferior a 3/32”.

UCS-25

Para almacenamiento de aire comprimido, vapor y agua, el incremento en espesor de la plancha por corrosión no debe ser menor a $1/6$ del espesor de plancha calculado.

El espesor mínimo de planchas a usarse para la fabricación de tanques de agua debe ser de $1/4$ “.

Material a usar :

El acero que se ha seleccionado es la plancha Coreana que se usa en nuestro medio con un esfuerzo de fluencia de 2400 kg / cm^2 , similar a los perfiles rolados en frío que se fabrican en nuestro medio.

5.5 Diseño del Tanque de Agua Residual

Se tiene que la capacidad de este tanque es $V_{\text{tanq resid}} = 10500 \text{ gl}$.

Si se conoce la capacidad de este tanque y de acuerdo a la altura sugerida de 120 pulg para facilitar la igualación de los vertidos, se tendría una longitud de 130 pulg y un ancho de 118 pulg.

De lo anterior, se tienen las siguientes dimensiones del tanque :

$$h = 120 \text{ pulg} : b = 118 \text{ pulg} : L = 130 \text{ pulg}$$

5.5.1 Cálculo del Espesor de Plancha Requerido

El espesor de las planchas es :

$$\text{esp} = 2.45 L \sqrt{\frac{\alpha Pn}{S} SF} \quad (\text{pulg}) \quad (5.5)$$

Se utilizará el valor de $S = 2400 \text{ kg/cm}^2$ (34.13 Kips / pulg²) para plancha ASTM A36, disponible en el mercado nacional en medidas de 1.22 x 2.44 mts.

La presión a una determinada altura H en pulgadas es igual a la distancia media entre rigidizadores $(H_{n-1} + H_n) / 2$ es igual a :

$$P_n = 0.036 G (H_{n-1} + H_n) / (2) \quad (5.6)$$

Se considera un factor de seguridad $SF = 2$ para el valor del esfuerzo de fluencia.

La altura H del tanque es 120 pulg. De acuerdo a las tablas en los apéndices G y esta altura determina cuatro filas de rigidizadores espaciados entre si de acuerdo a los siguientes valores :

$$H_1 = 0.37 H : H_2 = 0.25 H : H_3 = 0.21 H : H_4 = 0.17 H$$

$$H_1 = 44.4 \text{ pulg} : H_2 = 30 \text{ pulg} : H_3 = 25.2 \text{ pulg} : H_4 = 20.4 \text{ pulg}$$

Esto determina los siguientes valores de H_n usados en 5.6 :

$$H_1 = 44.4 \text{ pulg} : H_2 = 74.4 \text{ pulg} : H_3 = 99.6 \text{ pulg} : H_4 = 120 \text{ pulg}$$

Reemplazando estos valores en 5.6, las presiones en los cuatro puntos intermedios son :

$$P_1 = 0.879 \text{ lb/in}^2 : P_2 = 2.35 \text{ lb/in}^2 : P_3 = 3.44 \text{ lb/in}^2 : P_4 = 4.34 \text{ lb/in}^2$$

Según la relación H_n / L . Así se tiene :

$$H_1 / L = 0.26 : H_2 / L = 0.175 : H_3 / L = 0.14 : H_4 / L = 0.11$$

Entrando al gráfico los valores de α_n (apéndice H) son :

$$\alpha_1 = 0.0015 : \alpha_2 = 0.001 : \alpha_3 = 0.001 : \alpha_4 = 0.001$$

Sustituyendo estos valores en 5.5, se tienen los siguientes espesores de plancha calculados para las cuatro alturas con tres rigidizadores.

$$\text{esp}_1 = 0.11 \text{ pulg} : \text{esp}_2 = 0.15 \text{ pulg} : \text{esp}_3 = 0.18 \text{ pulg} : \text{esp}_4 = 0.20 \text{ pulg}$$

Se escoge el valor máximo 0.20 pulg.

De acuerdo al código UG-16 (b) para construcción de tanques para agua se añade $1/6$ del espesor calculado por corrosión

$$\text{esp plancha} = 0.20 + 1/6 \times 0.20 = 0.23 \text{ pulg} \left(\frac{1}{4} \text{ pulg} \right)$$

Se escoge $1/4$ de pulgada como espesor de la plancha

5.5.2. Selección de Rigidizadores

De acuerdo a la tabla del número de rigidizadores según la altura del tanque (apendice C) se tiene que para una altura de 120 pulg se sugiere el uso de tres rigidizadores.

5.5.2.1 Determinación de la distribución de carga

Para las alturas arriba mencionadas, se tiene que la distribución de carga por unidad de longitud es :

$$W_n = \frac{1}{2} (0.036 G (H_n + H_{n+1})^2) \quad (5.7)$$

$$W_1 = 39 \text{ lb / in}^2 : W_2 = 109.65 \text{ lb / in}^2 : W_3 = 196.41 \text{ lb / in}^2$$

El valor de las reacciones R_1, R_2, R_3 se determina por la relación $R_n = 0.7 W$

Estos valores se presentan a continuación :

$$R_1 = 27.3 \text{ lb} : R_2 = 76.75 \text{ lb} : R_3 = 137.48 \text{ lb}$$

5.5.2.2 Determinación del momento de Inercia en Rigidizadores

El momento polar de Inercia esta representado por la siguiente relación :

$$I = 1.25 \frac{R_n L^3}{E} \text{ in}^4 \quad (5.8)$$

Reemplazando $(L^3 / E) \times 1.25$ se tiene entonces un valor de 0.20 .

Respectivamente incluyendo este valor en la ecuación para el cálculo de los momentos de inercia se tiene lo siguiente : $I_1 = 5.46 \text{ pulg}^4$; $I_2 = 15.35 \text{ pulg}^4$
 $I_3 = 27.49 \text{ pulg}^4$

Los perfiles a ser seleccionados para rigidizar las paredes del tanque pueden ser viga U o ángulo L con los siguientes valores de momento de Inercia y peso por unidad de longitud.

Tabla III

RIGIDIZADORES PARA TANQUE DE AGUA RESIDUAL

I min requ	Viga U		Angulo L	
	I (cm4)	Kg /mt	I (cm4)	Kg /mt
227.26	125 x 50 x 5 (I = 231)	8.19	125 x 125 x 8 (I = 290.90)	14.69
638.91	150 x 80 x 8 (I = 760.23)	16.55	150 x 150 x 8 (I = 512.45)	18.36
1144	200 x 80 x 6 (I = 1189.65)	16.34	200 x 200 x 6 (I = 949.53)	18.72

Se puede apreciar que tanto las vigas U como los ángulos seleccionados satisfacen el momento de inercia requerido, pero difieren entre si en el peso por metro lineal. Es por esto que se se elige a la viga U como el perfil rigidizador de la paredes del tanque. El ángulo más pequeño se usará para

5.5.2 rigidizar el extremo superior de las paredes en la periferia del tanque (Angulo 50 x 50 x 6).

5.5.3. Determinación del espesor del piso

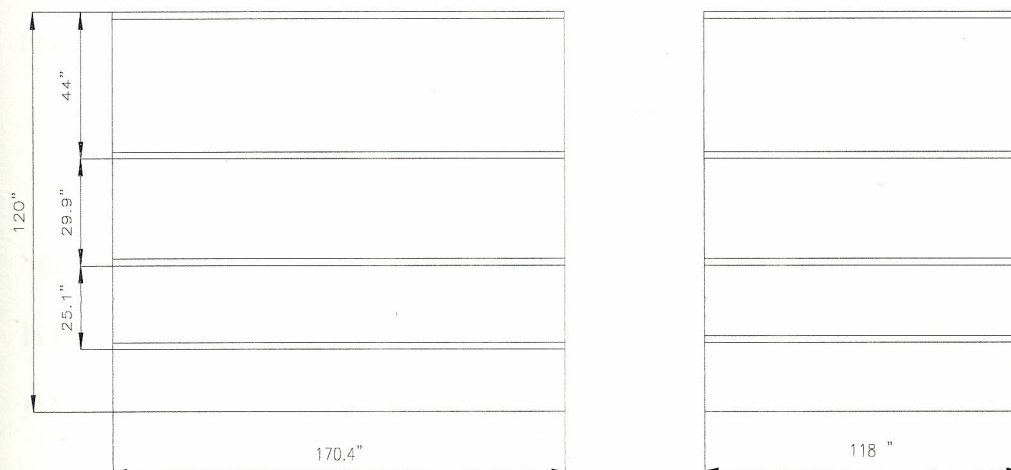
El tanque estará soportado en el piso cinco vigas de tipo I, de aquí que el espesor del piso en pulgadas esta dado por :

$$\text{esp} = \frac{l}{1.254 \sqrt{(S / 0.0366 G H)}} \quad (5.9)$$

Si el número de vigas = 5 , entonces $l = 42.32$

$$\text{esp} = 0.39 \text{ pulg}$$

Se escoge plancha de 3/8 de espesor para el piso



Capacidad = 10500 gal

Fig. 5.2

TANQUE DE AGUA RESIDUAL

5.6 Diseño del Tanque de Agua Tratada

Se tiene que la capacidad de este tanque en m³ es :

$$V_{\text{tanq resid}} = 6000 \text{ gal} \times 3.78 \text{ lt/gal} \times 1000 \text{ cm}^3 / \text{lt} \times 1 \text{ m}^3 / 100 \text{ cm}^3 = 22.8 \text{ m}^3$$

Si se conoce la capacidad de este tanque y de acuerdo a la altura sugerida de 3.05 mts para facilitar la igualación de los vertidos, se tendría una longitud de 3.73 mts y un ancho de 2 mts.

De lo anterior, se tienen las siguientes dimensiones del tanque :

$$h = 120 \text{ pulg} : b = 78.5 \text{ pulg} : L = 147 \text{ pulg}$$

5.6.1 Cálculo del espesor de plancha requerido

El espesor de las planchas y la presión que soportan están dados por las expresiones 5.5 y 5.6 respectivamente. Este tanque tiene igual altura que el tanque anterior y los valores de H y Pn son similares.

$$P_1 = 0.879 \text{ lb/pulg}^2 : P_2 = 2.35 \text{ lb/pulg}^2$$

$$P_3 = 3.44 \text{ lb/pulg}^2 : P_4 = 4.34 \text{ lb/pulg}^2$$

Según la relación H_n / L

$$H_1/L = 44.4/146.8 = 0.30 : H_2/L = 30/146.8 = 0.20$$

$$H_3 = 25.2/146.8 = 0.17 : H_4/L = 20.4/146.8 = 0.13$$

Entrando al gráfico los valores de α_n (apendice H) son :

$$\alpha_1 = 0.002 : \alpha_2 = 0.001 : \alpha_3 = 0.001 : \alpha_4 = 0.001$$

Sustituyendo estos valores en 5.5, se obtienen los espesores de plancha requeridos.

De esta manera y según la expresión , se tiene que los espesores de plancha para las diferentes presiones son :

$$\text{esp 1} = 0.11 \text{ pulg} : \text{esp 2} = 0.13 \text{ pulg}$$

$$\text{esp 3} = 0.16 \text{ pulg} : \text{esp 4} = 0.18 \text{ pulg}$$

Se escoge el valor máximo 0.18 pulg

Se añade 1/6 del espesor calculado por corrosión

$$\text{esp plancha} = 0.18 + 1/6 \times 0.18 = 0.21 \text{ pulg } (\frac{1}{4} \text{ pulg })$$

5.6.2 Selección de Ridigizadores

De acuerdo a la tabla 3, apéndice G se tiene que para una altura de 120 pulg se sugiere el uso de tres rigidizadores.

De acuerdo a la tabla 4, apéndice H, se obtienen los valores de H similares a los del problema anterior por el hecho de tratarse de tanques de altura similar.

5.6.2.1. Determinación de la Distribución de Carga

Para las alturas arriba mencionadas, se tiene que la distribución de carga por unidad de longitud esta dada por 5.7 y se obtienen los siguientes valores :

$$W1 = 39 \text{ lb/in}^2 : W2 = 109.65 \text{ lb/in}^2 : W3 = 196.41 \text{ lb/in}^2 .$$

El valor de las reacciones R1, R2, R3 se determinan por la relación $R_n = 0.7$

W

Estos valores se presentan a continuación :

$$R 1 = 27.3 \text{ lb} : R2 = 76.75 \text{ lb} : R3 = 137.48 \text{ lb}$$

5.6.2.2 Determinación del momento de Inercia en rigidizadores

El momento polar de Inercia esta representado por 5.8, reemplazando (L^3 / E)

1.25 se tiene entonces un valor de 0.13. Calculando I se tiene :

$$I_1 = 3.54 \text{ pulg}^4 : I_2 = 9.97 \text{ in}^4 : I_3 = 17.87 \text{ in}^4$$

$$I_1 = 147.34 \text{ cm}^4 : I_2 = 414.98 \text{ cm}^4 : I_3 = 743.80 \text{ cm}^4$$

Los perfiles a ser seleccionados para rigidizar las paredes del tanque pueden ser Viga U o ángulo L con los siguientes valores de momento de Inercia y peso por unidad de longitud.

Tabla IV

RIGIDIZADORES PARA TANQUE DE AGUA TRATADA

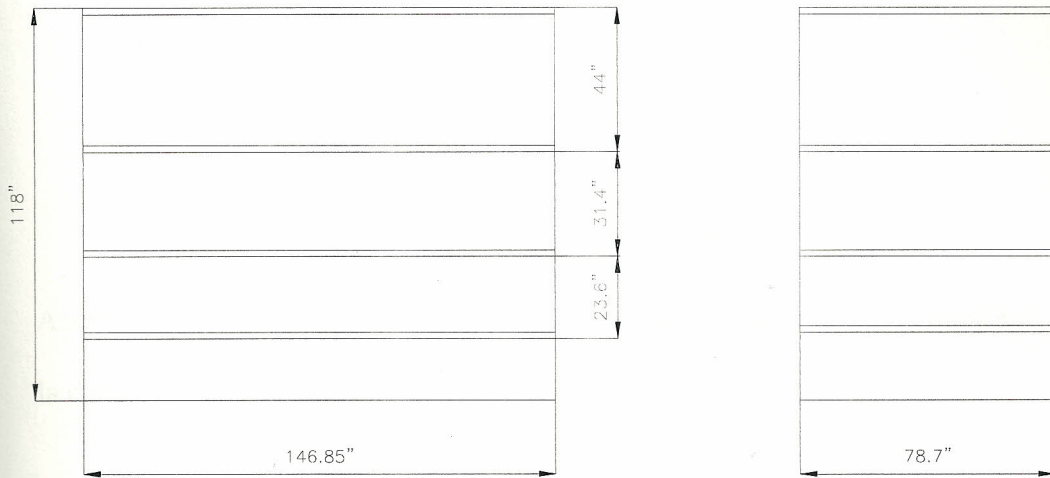
I min requ	Viga U		Angulo L	
	I(cm⁴)	Kg /mt	I (cm⁴)	Kg /mt
147.34	125 x 50 x 3 (I = 149)	5.07	100 x 100 x 10 (I = 173.85)	14.69
414.98	125 x 80 x 8 (I = 493.02)	16.55	150 x 150 x 8 (I = 512.45)	18.36
743.80	150 x 80 x 8 (I = 760.23)	18.15	200 x 200 x 6 (I = 949.53)	18.72

Se puede apreciar que tanto las vigas U como los ángulos seleccionados satisfacen el momento de inercia requerido, pero difieren entre si en el peso por metro lineal. Es por esto que se se elige a la viga U como el perfil rigidizador de la paredes del tanque.

El ángulo más pequeño se usará para rigidizar el extremo superior de las paredes en la periferia del tanque (Angulo 100 x 100 x 10).

5.6.3 Determinación del espesor del piso

El tanque estará soportado en el piso cinco vigas de tipo I, de aquí que el espesor del piso esta dado por 5.9. De acuerdo a la longitud de este tanque se tiene que el espesor $esp = 0.34$ ". Se escoge plancha de $3/8$ de espesor para el piso.



Capacidad 6000 gal

Fig. 5.3

TANQUE DE AGUA TRATADA

5.7 Diseño del Tanque de Tratamiento

De acuerdo a la capacidad del tanque estimada, 2000 galones y por razones de espacio y con el fin de que el material floculado descienda hacia el fondo del mismo es conveniente que presente la siguiente forma :

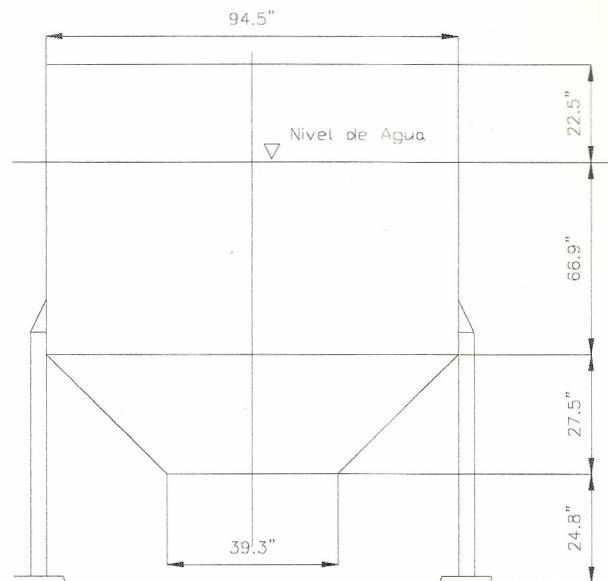


Fig. 5.4

TANQUE DE TRATAMIENTO

Asumiendo un diámetro $D= 2.4$ mts y que se encuentra lleno en su totalidad, la capacidad del cuerpo cilíndrico es de :

$$V = V \text{ cilindro} + V \text{ cono} \quad 5.10$$

$$V \text{ cilindro} = \pi \times d^2 / 4 \times H$$

$$= 7.69 \text{ m}^3 \text{ (2034 gal)}$$

$$V \text{ cono} = \pi \times h / 3 \times (r_1^2 + r_1 \times r_2 + r_2^2)$$

$$= 1.67 \text{ m}^3 \text{ (441 gal)}$$

$$V \text{ total} = V \text{ cilindro} + V \text{ cono}$$

$$V \text{ total} = 2475 \text{ gal}$$

5.7.1 Cálculo del espesor de plancha requerido

Según la expresión para la determinación del espesor de plancha en términos del radio interno del tanque :

$$\text{esp} = PR / (S e - 0.6 P) \quad 5.11$$

Siendo R en pulg y P en lb/pulg²

Cálculo de la presión de trabajo

El valor de la presión P a una profundidad H en pies , esta expresado por :

$$P = \rho \times g \times H \quad 5.12$$

Siendo $\rho \times g = 62.4 \times 1.01 \text{ lbf/pie}^3$ y $H = 1.70 \text{ mts}$, se tiene $P = 3.75 \text{ psi}$

De acuerdo a 5.11 , el espesor de plancha calculado es de :

$$\text{esp} = 0.011 + 1/6 \times 0.011 = 0.012 \text{ pulg}$$

De acuerdo al enunciado anterior, se selecciona el espesor de plancha mínimo de $1/4$ pulg.

5.7.2 Diseño de Columnas

El tanque de tratamiento estará soportado por cuatro columnas. La carga que soporta cada una de ellas la cuarta parte del peso del tanque más el peso del agua.

$$W_{\text{columna}} = (W_{\text{tanque}} + W_{\text{agua}}) / 4 \quad 5.14$$

El peso del tanque W_{tanque} se determinará sumando el peso de cada una de las planchas que se utilizan para armar el tanque . Las columnas son ángulos y estos van soldados por sus alas a las paredes del tanque y en la parte inferior van soldadas a la estructura .

Cálculo de peso del tanque

De acuerdo al gráfico se tiene que el tanque esta formado de un cilindro y un cono truncado, cuyas áreas son :

$$A_{\text{cilin}} = 2 \times \pi \times r \times h_1 \quad 5.15$$

$$A_{\text{cono}} = \pi \times Z (r_1 + r_2) \quad 5.16$$

$$Z = \sqrt{(r_1 - r_2)^2 + h^2} \quad 5.17$$

$$A_{\text{cilin}} = 12.81 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{cono}} = 5.23 \text{ m}^2$$

El área total es de 18.04 m^2 . Considerando que las planchas de hierro negro de $\frac{1}{4}$ de espesor se encuentran en el mercado con $1.22 \times 2.44 \text{ mts}$ (área = 2.98 m^2), el número de planchas a usar es :

$$\# \text{ planchas} = \text{Area T} / \text{A plancha} = 6 \text{ unidades}$$

Si cada plancha tiene un peso de 142 kg , seis planchas tienen un peso de 852 kg , el peso de total es de 852 kg

Peso del agua

El volumen de agua a considerar es 2402 galones . Esta cantidad de agua tiene un peso de 9079.56 Kg .

Si se conoce que :

$$W_{\text{peso Total}} = (W_{\text{tanque}} + W_{\text{agua}}) / 4 \quad 5.18$$

$$W_{\text{peso Total}} = (852 \text{ kg} + 9079.56) / 4$$

$$W_{\text{peso Total}} = 2482.84 \text{ kg}$$

Diseño de las Columnas

Se considera que cada una de las cuatro columnas esta sometida a esfuerzo de compresión de acuerdo al siguiente diagrama.

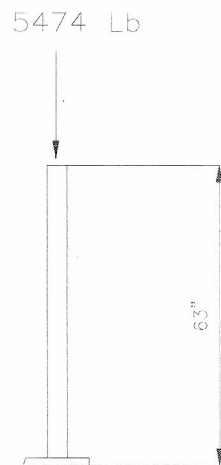


Fig. 5.5

COLUMNA DE TANQUE DE TRATAMIENTO

El límite de fluencia a considerar para los dos perfiles U que formarán la columna, corresponde a $F_y = 2400 \text{ Kg / cm}^2$ (34135 lb/in^2). Este perfil es laminado en frío, muy común en nuestro medio.

Iteración # 1

- Se asume un valor para el esfuerzo de Euler (F_a) : $F_a = 16 \text{ kips}$
- Se determina el área mínima requerida para soportar la carga axial :

De acuerdo a la carga aplicada y con un factor de seguridad igual a 2, el área mínima es :

$$A = W / F_a \quad 5.19$$

$$A = 10497 / 16000$$

$$A = 0.68 \text{ in}^2 \text{ (} 4.41 \text{ cm}^2 \text{)}$$

Consultando las tablas de ángulos se encuentra que el L 60 x 60 x 4 tiene las siguientes características :

$$A = 4.54 \text{ cm}^2 \quad (0.70 \text{ in}^2) : I_y = 16 \text{ cm}^4 \quad (0.38 \text{ in}^4)$$

Se determina la relación de esbeltez de este perfil (KL / r_y), en donde menor radio de giro r_y es :

$$r_y = \sqrt{I/A} \quad 5.20$$

$$r_y = 0.74 \text{ in}$$

El factor de longitud efectiva para la condición asumida de la columna de "simplemente apoyada" es $K = 1$. Entonces la relación de esbeltez es :

$$K l / r_y \quad 5.21$$

$$K l / r_y = 87.78$$

De acuerdo a la recomendación 1.8.4 , pág 5-29 de manual AISC que dice " La relación de esbeltez de elementos en compresión no debe exceder de 200 ", se observa que el valor $K l / r_y$ es aceptable y se prosigue con el problema.

- Se determina el valor del esfuerzo de Euler F_a como una función de la relación de esbeltez.

$$F_a = \frac{[1 - (Kl/r)^2] F_y}{2 C_v^2} \quad 5.22$$

$$\frac{5/3 + \frac{3}{8} (Kl/r) - \frac{(Kl/r)^3}{8 C_v^3}}$$

$$C_v = \sqrt{2} \sqrt{2} E : E = 29000 \text{ kips} : F_y = 34.1 \text{ kips}$$

$$C_v = 129.56$$

$$F_a = 13.95 \text{ kips}$$

Calculando el esfuerzo real $f_a = P/A$ se tiene :

$$f_a = W * SF / A \quad 5.23$$

$$SF = 2$$

$$f_a = 10947 / 0.70$$

$$f_a = 15.63 \text{ kips}$$

La relación f_a / F_a tiene un valor de 1.21 por lo que el perfil seleccionado no es el correcto.

Iteración # 2

Se escoge el ángulo L 60 x 60 x 5 con las siguientes características :

$$A = 5.6 \text{ cm}^2 (0.86 \text{ in}^2) : I = 19.40 \text{ cm}^4 (0.46 \text{ in}^4)$$

- 1) Se calcula el radio de giro según la ecuación 5.20 y se obtiene $r_y = 0.73$
- 2) Por medio de 5.21, la relación de esbeltez $K l / r_y$ tiene un valor de 89.
- 3) Reemplazando este valor en 5.22, se calcula que $F_a = 13.83 \text{ kips}$.
- 4) Usando 5.23, se calcula el esfuerzo f_a real de compresión y se tiene que $f_a = 12.72 \text{ kips}$
- 5) La relación de esfuerzo real a esfuerzo admisible (f_a / F_a) es igual a 0.92, lo que demuestra que el perfil seleccionado no sobrepasa el esfuerzo admisible de compresión F_a .

Con el fin de seleccionar un ángulo que se encuentre dentro de un mayor margen de seguridad, se procede a una tercera iteración.

Iteración # 3

Se escoge el ángulo L 60 x 60 x 6 con las siguientes características :

$$A = 5.6 \text{ cm}^2 (1.02 \text{ in}^2) : I = 22.56 \text{ cm}^4 (0.54 \text{ in}^4)$$

- 1) Se calcula el radio de giro según la ecuación 5.20 y se obtiene $r_y = 0.73$
- 2) Por medio de 5.21, la relación de esbeltez $K l/r_y$ tiene un valor de 89.
- 3) Reemplazando este valor en 5.22, se calcula que $F_a = 13.83$ kips.
- 4) Usando 5.23, se calcula el esfuerzo f_a real de compresión y se tiene que $f_a = 10.73$ kips.
- 5) La relación de esfuerzo real a esfuerzo admisible (f_a / F_a) se tiene que es igual a 0.77, lo que demuestra que el ángulo seleccionado está sobredimensionado en un 23 % para resistir el esfuerzo de compresión.

El ángulo seleccionado es el L 60 x 60 x 6.

5.8 Selección de Equipos Complementarios

Como equipo complementario de los tanques requeridos en la planta de tratamiento se encuentran los batidores eléctricos, utilizados para homogenizar e igualar las propiedades del agua almacenada.

5.8.1 Determinación de Potencia de Agitadores en Tanques Floculador, de Agua Residual y de Agua Tratada.

La alimentación de potencia útil de un impulso es una función de :

$$P = \frac{1}{2} C_d \rho A_{paleta} v r^3 \quad 5.24$$

La paleta impulsor van montada perpendicularmente a la flecha motriz de 2 mts de largo. Para este caso particular un par de paletas de 0.30 de largo y 0.05 de ancho.

Datos del problema :

Apalet = 0.30 x 0.05 (0.015 mts²) : r = ancho paleta : w = 116 r.p.m :

Asunciones :

$v_f = \frac{1}{4} v_{palet}$: Coeficiente de arrastre = 1.8

La velocidad tangencial v de las paletas es :

$$v = 2 \pi r n$$

$$v = 3.64 \text{ mt / seg}$$

La velocidad diferencial entre paletas y líquido según es :

$$v_r = (1 - k) v$$

$$v_r = (1 - 0.25) 3.64$$

$$v_r = 2.73 \text{ mts / seg (8.95 pies / seg)}$$

Area Total de la paletas :

$$A_{palet} = (0.05 \times 0.30) \times 2 = 0.03 \text{ mts}^2 \text{ (0.32 pies}^2\text{)}$$

Determinando la potencia del batidor según 5.24, tenemos

$$P = 403.76 \text{ lb pies/seg (0.73 Hp)}$$

Considerando un factor de seguridad de 2, tenemos que la potencia del motor

$$\text{es de } P = 1.46 \text{ Hp}$$

Se selecciona un motor eléctrico con una potencia mínima de 2 Hp.

CAPITULO 6

6. DISEÑO DEL FILTRO GIRATORIO DE VACIO, SELECCIÓN DE BOMBAS Y EQUIPO COMPLEMENTARIO

6.1 Descripción del Filtro

El filtro de malla rotatorio al vacío es un diseño simple consistente en un cilindro con una cubierta perforada. Esta puede ser de plástico o acero inoxidable. Se aplica el vacío al interior del cilindro mientras este rota inmerso en tierras diatomáceas y el agua a filtrar para formar una capa de lodos casi siempre menor a las 6 pulg de espesor.

Cuando el fitro esta recubierto, todos los lodos a ser deshidratados estan adheridos al tambor y los sólidos son retenidos en la superficie del material filtrante, mientras el residuo filtrado pasa através de la malla y es descargado.

Un rascador montado sobre la superficie del tambor separa el residuo deshidratado con cada revolución del tambor.

Cada revolución es llamada un ciclo y el período de rotación es el tiempo del ciclo.

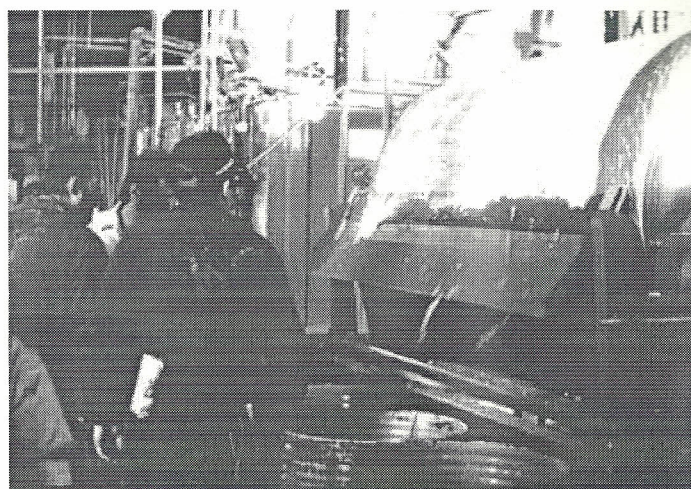


Fig. 6.1

FILTRO GIRATORIO AL VACIO

A fin de entender la mecánica de la filtración continua es conveniente revisar la teoría.

6.2 Modelo Matemático del filtro giratorio de vacío

El principal factor para determinar el flujo de filtración es la formación del material filtrado en las paredes del tambor. Esto está basado en la ecuación de Poiseville :

$$t_{\text{filtr}} = \frac{\mu \Gamma \zeta V}{V / A_{\text{filtr}} \quad 2P A_{\text{filtr}}} + \frac{\mu \upsilon}{A \Delta P} \quad 6.1$$

Con un diseño apropiado del tambor y selección correcta de la malla, la resistencia de la capa y filtro υ es despreciable cuando se la compara con resistencia creada por el lodo - filtro Γ y los sólidos deshidratados . De esta manera el valor de υ puede descartarse de la ecuación.

Para una corrida se puede asumir :

- 1) Solubilidad y concentración de sólidos y diferencial de presión constante.

Cuando los factores anteriormente mencionados se consideran constantes, la ecuación queda así :

$$V / (A t_{\text{filtr}}) = (K / t_{\text{filtr}})^{1/2} \quad 6.2$$

en donde :

$V / A t_{\text{filtr}}$ = Volumen de filtración por área y por unidad de tiempo.

Si se examina la curva de filtración se puede apreciar algunos puntos:

- 1) La tasa de filtración se reduce como el inverso de la raíz cuadrada del tiempo.
- 2) La tasa de filtración es una función directa de la raíz cuadrada de las r.p.m del tambor.

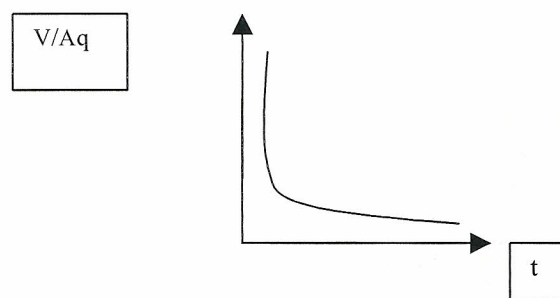


Fig. 6.2

FILTRACION VS TIEMPO

Al revisar la curva y ecuación , se puede deducir lo siguiente :

- Si se extiende el tiempo de filtrado t , es decir que si el tambor gira muy lento, la tasa de filtración disminuye y si el tiempo de filtrado t disminuye , la tasa de filtración se incrementa . En ambos casos como el inverso de la raíz cuadrada del tiempo t .

Si se extiende el ciclo de filtrado, es decir si el tambor girase más lento, la tasa de filtración disminuye como el recíproco de la raíz cuadrada del ciclo.

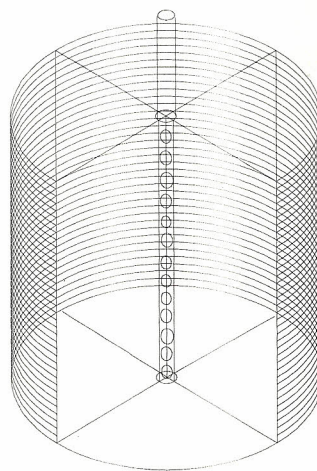
Si se tiene un tambor que gira 4 min por revolución y se compara con otro que gira a una revolución por minuto, la tasa de filtración del primero es la mitad del segundo.

El flujo de material filtrado se expresa en galones por hora por pie cuadrado de área. De esta manera, los valores más usuales están entre 7 y 21 gal /hr pie² .

El filtro al vacío consta de un cilindro hueco formado por una malla de acero inoxidable sobre la cual se monta la tela filtrante.

Este cilindro posee un tubo interior perforado al cual se ha aplicado el vacío. El tubo interior presenta varias perforaciones a lo largo del mismo, estas forman el vacío en las cuatro cámaras en las que se encuentra dividido el cilindro.





Filtro de vacío
< Vista en corte >

Fig. 6.3

DETALLE DEL FILTRO DE VACIO

El tubo central esta sometido a un vacío de 25 pulg de agua. Por los 140 agujeros perforados en el tubo fluye el agua, después de que los “ lodos “ formados en la floculación han sido retenidos por la tela filtrante.

Se tiene entonces que el volumen de agua filtrada es :

$$V_{\text{filtr}} = (V/Aq \times A_{\text{filtro}} \times t) / 3 \quad 6.3$$

De acuerdo a las condiciones del presente problema, se tiene :

$$\text{Vol de agua a trat} = 1530 \text{ gal} : V/Aq = \text{Estimado } 21 \text{ gal/hr pie}^2 : t_{\text{filtr}} = 8 \text{ hrs}$$

Usando 6.3 para determinar el área de filtrado se tiene :

$$A_{\text{filtro}} = V_{\text{agua}} / (V/Aq \times t) \quad 6.4$$

$$A_{\text{filtro}} = 27.32 \text{ pie}^2$$

Para el diseño del tambor se selecciona un área de filtrado de 28 pie² (2.60mt₂).

De acuerdo a la geometría del filtro, tenemos :

$$A_{\text{filtro}} = 2 \times \pi \times r \times L \quad 6.5$$

Asumiendo $L = 2r$, se tiene que $r = 1.5$ pies y $L = 3$ pies .

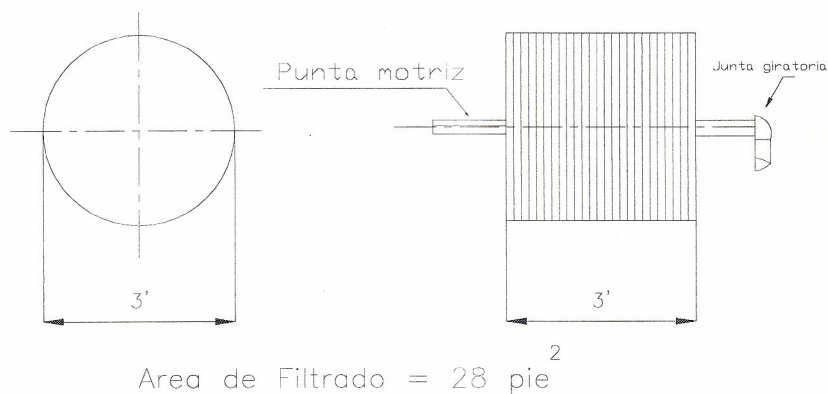


Fig. 6.4

DIMENSIONES DEL FILTRO

Luego de dimensionar el filtro y usando 6.3, el volumen de agua filtrada es $V_{\text{filtr}} = 3.3$ gal / min. Para este filtro en particular los agujeros son de $\frac{1}{2}$ pulg de diámetro , espaciados entre sí a 2 pulg de sus centros.

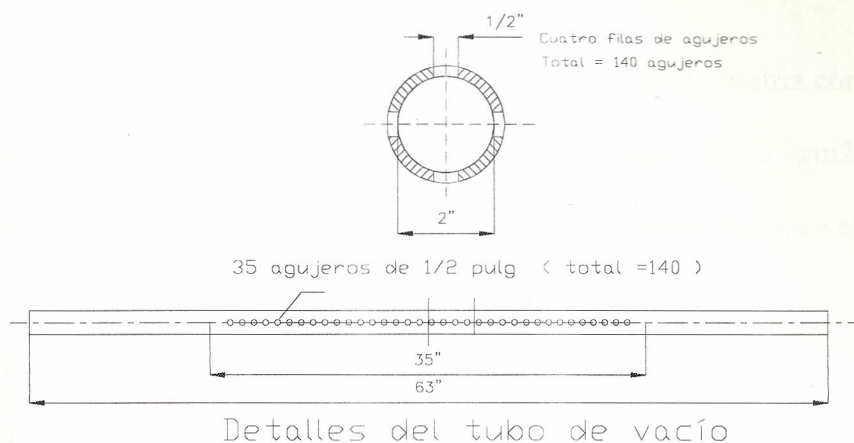


Fig. 6.5

DIMENSIONES DEL TUBO DE VACIO

La malla anteriormente mencionada es plancha de acero inoxidable de 7 mm de espesor que luego de ser rolada y montada en la estructura del filtro es acanalada en el torno. En este filtro se mecanizan 90 canales de 5 mm de espesor con un espaciamiento entre ellas de 5 mm.

6.2.1 Diseño de la Transmisión del filtro

Para el diseño de la transmisión se considera lo siguiente :

1) ω filtro = 4 rev/min. (0.4 rad/s)

2) W tambor = 160 kg

Los momentos de inercia de una barra perforada y una barra sin perforar son

respectivamente: $I_1 = \frac{1}{2} m (r_1^2 + r_2^2)$ 6.6

$I_2 = \frac{1}{2} m (r^2)$ 6.7

Considerando al filtro como una barra hueca y al piñon motriz como un cuerpo macizo se tiene : $I_{\text{filtro}} = 24.64 \text{ kg m}^2$: $I_{\text{piñon}} = 0.036 \text{ kgm}^2$

Asumiendo que el tambor se encuentra en reposo cuando se aplica el par M

$$\text{Impetus sist 1} + \text{Impul ext sist 1} = \text{Impetu sist2} \quad 6.8$$

$$0 - F t r a = - I a w a^2$$

$$F t x (0.12 \text{ m}) = 24.64 \text{ kg m}^2 x 0.41 \text{ rad / seg}$$

$$F t = 98.86 \text{ N seg}$$

Considerando la transmisión por cadena, el diagrama de equilibrio para el sistema

$$I_1 w_1 + I_2 w_2 - F t r b = 0 : w_1 = w_2 \quad 6.9$$

$$F t r b^2 = (I_1 + I_2) w_1$$

$$= (24.11 + 0.036) 0.4$$

$$= 9.65 \text{ kg m}^2 / \text{seg}$$

Por el principio de Trabajo y la energía :

$$T_2 = \frac{1}{2} I a w a^2 + \frac{1}{2} I b w b^2 \quad 6.10$$

$$= \frac{1}{2} 24.11 (0.4)^2 + \frac{1}{2} 0.036 (0.4)^2$$

$$= 1.93 \text{ J}$$

$$M \theta = T_2 : \text{Se asume que } \theta = 1$$

$$M = T_2 = 1.93 \text{ N - m}$$

De acuerdo al radio del piñon $r_b = 0.12 \text{ mts}$, tenemos que

$$F t = 9.65 / 0.12$$

$$= 80.48 \text{ N seg}$$

Impetu sist1 + Impul sist 2 = Impetu sist 2

$$0 + Mt - F t r b = I b w b^2$$

M es valor del torque transmitido , en este caso por el reductor mecánico.

Ib es el valor de la inercia de masa del piñon motriz :

Si se asume que el sistema alcanza w1 en 0.015 rev, se tiene :

$$T_1 + U_{12} = T_2$$

$$0 + M\theta = 1.93 ; \quad 0.015 \text{ rev} = 0.1 \text{ rad}$$

$$M = 1.93 / 0.1 = 19.3 \text{ N-m}$$

$$- 19.3 \times t + 80.48 \text{ N s} \times 0.12 \text{ m} = 0.036 \times 0.41 \text{ rad/s}$$

En donde $t = 0.49 \text{ seg}$.

El valor de F es :

$$F(0.5) = 98.86$$

$$F = 197.92 \text{ N}$$

El valor de M es :

$$M = F r a w a \quad 6.11$$

$$M = 197.92 \times 0.12 \times 0.41 \times \frac{\text{kg m} \times \text{lb}}{0.4536 \text{ kg} \quad 0.3048 \text{ m}} \times \frac{\text{pie}}{\text{pie}} \times 12 \text{ pul}$$

$$M = 844.32 \text{ lb-pulg}$$

De este manera la potencia requerida es :

$$P = T \times W \quad 6.12$$

Usando 7.1 y reemplazando los valores se tiene :

$$P = \frac{28.14 \text{ lb pie} \times \text{Hp s}}{s \quad 500 \text{ Lb pie}}$$

$$P = 0.05 \text{ Hp}$$

Se escoge un motoreductor con las siguientes características técnicas :

Potencia = 1/3 Hp : Número de revoluciones = 1750 : Corriente : 200 – 440 Volts

D.C Relación de reducción = 1 : 220

Se requiere una reducción adicional de las revoluciones del motoreductor, por lo que se escoge una relación transmisión por cadena de 1: 2. Se han seleccionado catalinas de 15 y 30 dientes con paso 5/8 “sencillo” en la punta motriz del reductor y el tambor respectivamente.

El motor de corriente continua permite ajustar las velocidad de giro del filtro entre los 3 y 4 rev/min . Esto permitirá reducir el espesor de la capa de lodos que se forma sobre la superficie del tambor, ya que al girar el tambor más rápido, el volumen de lodos desprendido aumenta con el incremento de velocidad.

Las velocidades del motor eléctrico de acuerdo a los valores de velocidad del filtro quedan así:

TABLA V
REVOLUCIONES DE MOTOR Y REDUCTOR

w Motor (rev /min)	w del filtro (rev /min)
1750	3.97
1320	3

6.3 Diseño de la bandeja

Luego de formados los flóculos en el tanque de tratamiento, el agua es bombeada hacia la bandeja. El volumen de agua esta en relación al tamaño del filtro. Considerando que un tercio del filtro permanece sumergido en el agua. La bandeja presenta las siguientes dimensiones.

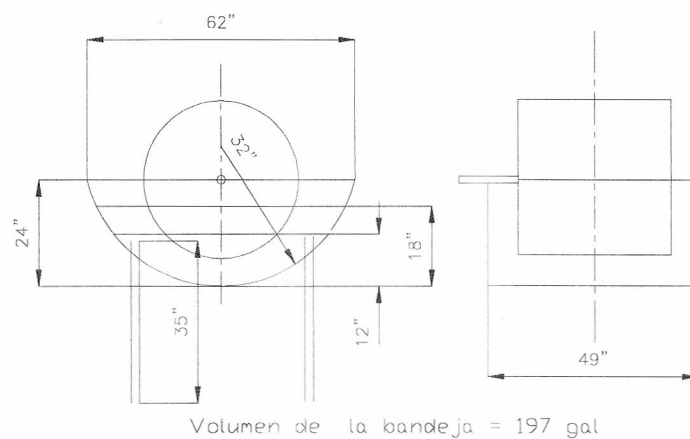


Fig. 6.6

DIMENSIONES DE LA BANDEJA

La bandeja se llena hasta una altura máxima de 18 pulg. (140 gal)

El nivel mínimo de trabajo es de 12 pulg (91.35 gal).

La bandeja se contruye en plancha de hierro negro de $\frac{1}{4}$ " y se encuentra soportada por cuatro columnas. El control de nivel máx y min se logra con switchs de nivel graduados de acuerdo a las alturas arriba citadas.

6.3.1 Transmisión del agitador de la bandeja

La bandeja se encuentra provista de una agitador. El agitador tiene un movimiento de péndulo con el mismo centro de rotación del filtro y esta contruido por ángulos. Este movimiento evita la sedimentación de los flóculos del agua residual y de esta manera los mantiene suspendidos en el agua para que se adhieran a las paredes del filtro.

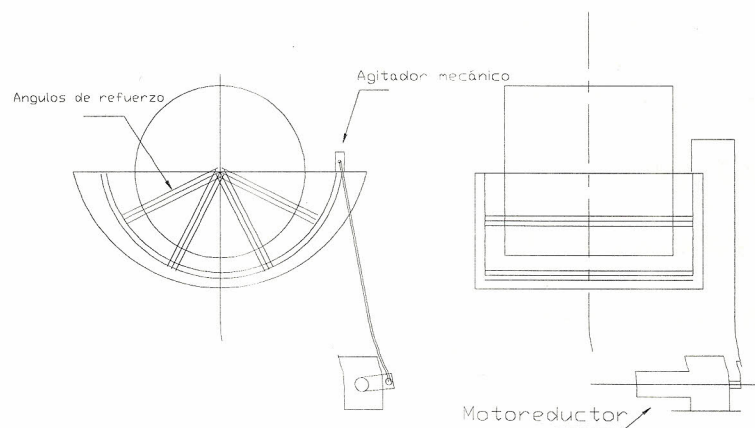


Fig. 6.7

TRANSMISION DEL FILTRO DE VACIO

La transmisión de este agitador consta de un motoreductor y un brazo curvo montado en el eje motriz a la salida del reductor, produciendo el movimiento pendular. La unida motriz de este agitador es un motoreductor con las siguientes características :

Potencia = 1/3 Hp

Voltaje = 220 – 440 A.C (Trifásico)

Relación de reducción : 1: 80

6.4 Selección del tipo de malla

La elección del tipo de malla más conveniente para el filtro de vacío implica la realización de un ensayo en el cual se puede observar la adherencia de las partículas o flóculos que se encuentren en el agua.

Esta adherencia de las partículas a la tela filtrante depende del tamaño de los flóculos formados y estos a su vez del enlace iónico. Para el agua residual en la industria del cartón corrugado según ALAR Engineering Corporation se recomienda la malla # 50 con 50 divisiones por pulgada cuadrada y tamaño de la abertura de 0.297 mm. Otros números de mallas y sus medidas se muestran en el apéndice J.

6.5 Diseño de la cuchilla

Esta herramienta separa los lodos adheridos a la tela filtrante por efecto del vacío aplicado. Para el filtro a contruir, esta presenta las siguientes medidas :

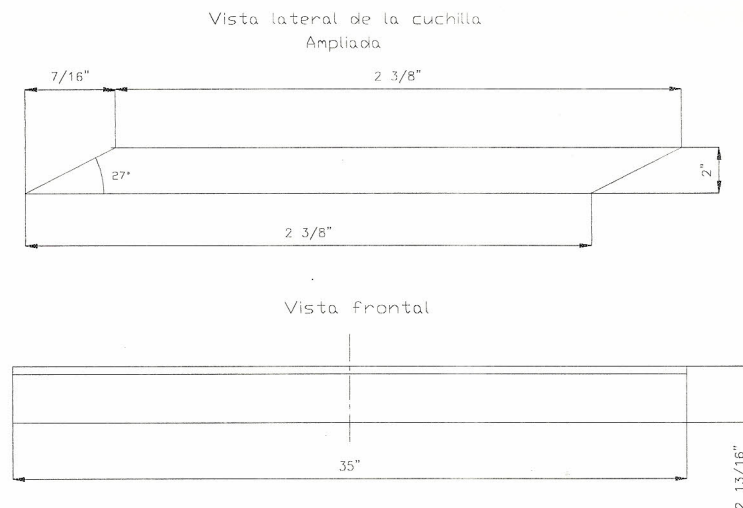


Fig. 6.8

CUCHILLA PARA LODOS

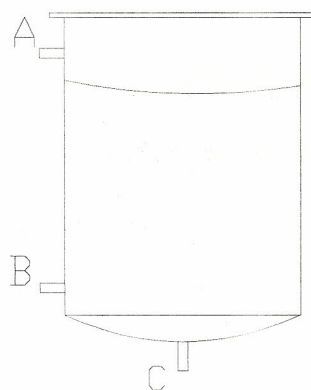
Esta cuchilla se encuentra montada sobre un mecanismo que cuenta con un motor de giros pausado. Este movimiento permite a la cuchilla avanzar hacia el lodo adherido sobre la superficie del tambor para desprenderlo.

La cuchilla esta hecha de acero al manganeso cromo y tungsteno, conocido comercialmente como DF-2. Se ha escogido este acero, pues la cuchilla requiere un templado y revenido.

La cuchilla presenta doble filo para virar la cuchilla cuando uno de sus extremos se desgasta.

6.6 Diseño del filtro de carbón

Para este tipo de proceso, se requiere el filtro a presión. Este presenta forma cilíndrica, esta hecho de acero y opera en sentido vertical. Presenta conexiones de ingreso para el agua a filtrar **A** y salida del filtro **B**, así como también para la purga del agua en el filtro **C**.



Filtro de Carbón activado

Fig 6.9

FILTRO DE CARBON ACTIVADO

El material filtrante más apropiado sugerido en el Betz Handbook of Industrial Water Conditioning para aguas tratadas con cal es la antracita, debido a :

- 1) El área de los granulos angulosos es superior por unidad de volumen que el área de los granos de la arena. Esto facilita la retención de flóculos y el uso de granos grandes sin perder eficiencia de filtrado.

2) Debido al grano grueso, hay partes más profundas que actúan en la filtración y por esto puede utilizarse mayores velocidades de filtración.

El objetivo de este filtro es :

- 1) Eliminar olores desagradables
- 2) Aclarar las aguas después del filtrado

Consideraciones para el diseño del filtro :

Espacio reducido, Clase de material filtrante usado, Tamaño y graduación del medio filtrante, Caudal de ingreso del agua que sale del filtro al vacío

Selección del tipo de grano y dimensiones del filtro

Por lo mencionado en la sección anterior y por recomendación de ALAR Engineering Corporation, se escoge a la antracita # 1 con granulos de carbón que oscilan entre 0.6 y 0.8 mm (apéndice K).

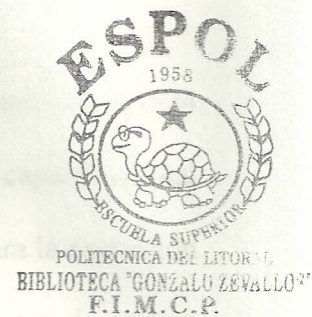
Para el dimensionamiento del filtro, se tiene lo siguiente :

El caudal que entrega la bomba separadora al filtro de carbón es de 10 gl /min (ver 6.7.6)

Betz sugiere el uso de tazas de filtración en filtros verticales de 3 gal/min pie².

Para el efecto se cuenta con la tabla VI , en ella se encuentran los diámetros del filtro en función de caudal de ingreso al filtro.

TABLA VI
DIMENSIONAMIENTO Y TASAS DE FILTRACION
EN FILTROS DE PRESION (REF.3).



Diámetro Pies	Area (pie2)	Taza de Filtración Gal/min	Flujo de Retrolavado Gal/min
2	4.73	14.19	70
3	7.1	21	106
4	12.6	38	189
5	19.6	59	295
6	28.3	85	425
7	38.5	116	578
8	50.3	150	755
9	63.6	190	954
10	78.5	235	1180

Se observa que para un caudal de 14.19 gal/min de agua en el filtro, el diámetro interno es de 2 pies. La altura del lecho de carbón sugerida en pulgadas esta dada por :

$$H_{\text{lecho}} = (Q_{\text{filtro}} \times d^3 \times hm) / B \quad 6.13$$

Sabiendo que : $Q_{\text{filtro}} = 3 \text{ gal/min pie}^2$: $d = 0.1 \text{ cm}$: $hm = 8 \text{ pies}$: $B = 0.001$

Reemplazando lo anterior en 6.13, la altura sugerida de carbón activado $H=24$ pulg. Esto corresponde a una altura de 0.60 mts. Se sugiere que la capacidad total del filtro exceda en un 50 % la altura de la columna de carbón para la expansión del lecho. De lo arriba mencionado, se puede concluir que el filtro de carbón presenta las siguientes características :

Diá int = 0.60 mts : Altura = 1.0 mt : Volumen de carbón activado = 0.45 m³

6.7 Selección de bombas

6.7.1. Selección de Bomba para tanque de Tratamiento (Esquema)

Se ha escogido a la bomba neumática de diafragma como la bomba más idónea para este trabajo debido a su capacidad de bombeo con partículas sólidas de hasta $\frac{1}{4}$ ".

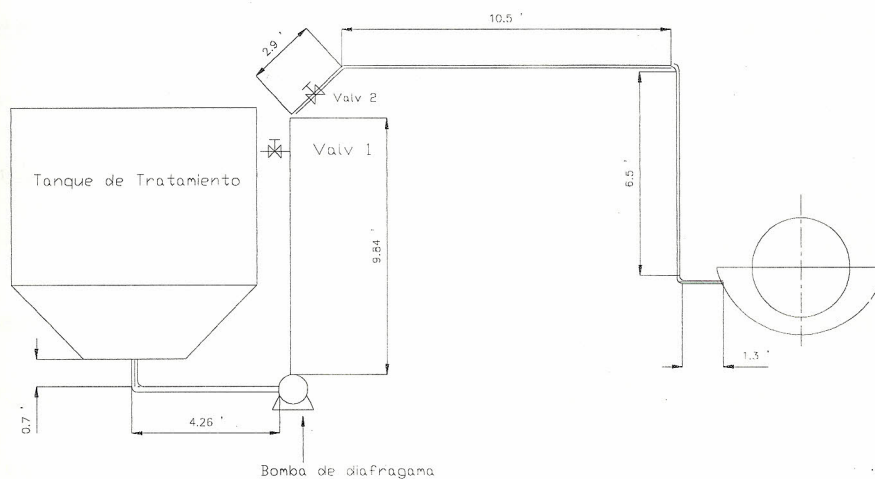


Fig. 6.10

DIAGRAMA DE SUMINISTRO DE AGUA TRATADA

6.7.1.1 Selección del diámetro de tubería de succión

A continuación, se procede a la determinación del diámetro de tubería más adecuado a obtener el valor más alto de Cabezal neto de Succión Positiva (NPSH).

6.7.1.2 Cálculo de las pérdidas de carga

Cálculo del cabezal de succión

De acuerdo al plano de la instalación, se tiene que el cabezal de succión h_s es igual a

$$h_s = D - h_m - h_i \quad 6.14$$

Datos del problema :

$h_s = 2.5$ mts (8.20 pies): $D_{\text{tub}} = 1$ pulg: $v = 8.60 \times 10^{-6}$ pie² _{31°C} : $Q = 20$ gal/min

Vol a transportar = 50 gal : Tiempo = 2.5 min : dia int tubería ,H.N = 1.49 pulg

$Q = 20$ gal/min (0.044 pies³ /seg) .

El número de Reynolds se expresa por :

$$Re = \frac{4 Q}{\pi v D} \quad 6.15$$

Reemplazando los valores mostrados arriba, $Re = 74520$ (Flujo turbulento).

De acuerdo a la gráfica Rugosidad vs Diámetro del tubo, apéndice L , se escoge un valor de rugosidad relativa $e/D = 0.0005$ para este tipo de tubería.

Recurriendo a la tabla de factor de rozamiento f para el número de Reynolds y e/D (apéndice M) arriba mencionados le corresponde un valor de $f = 0.006$.

Se escoge el valor de longitud equivalente para codos L_{codo} / d con un valor de 30 para codos estándar (ver apéndice N).

Para un tubo de 1" de diámetro nominal , se tiene un área de 0.0060 pies², en donde la velocidad V para el caudal $Q = 0.044$ pie³/seg es :

$$v = Q/A \quad 6.16$$

Para este caso, según 6.16 , $V = 7.33$ pies/seg

Pérdida por fricción en la tubería :

La pérdida por fricción en una tubería esta dada por :

$$h_{fs} = (f L_{\text{tub}} / d V^2 / 2g) \quad 6.17$$

Recordando que $g = 32.2$ slug/pie² : $L_{\text{tub}} = 1.30 + 0.22 = 1.52$ mt (5.0 pies)

Haciendo uso de 6.1, se conoce que $h_{fs} = 0.28$ pies

Pérdidas en codos

Las pérdidas de carga por fricción en codos es :

$$h_m = f L/d V^2 / 2g \quad 6.18$$

Reemplazando valores en 6.18 , L/d para codos de 90° tiene un valor de $L/d = 30$ pies (ver apéndice N), $h_m = 0.15$ pies

Pérdida a la entrada A

Las pérdidas de carga en la entrada de la tubería es :

$$h_i = k_{\text{ent}} V^2 / 2g \quad 6.19$$

$$h_i = 0.83$$

Reemplazando en 6.14, el cabezal total de succión $h_s = 6.28$ pies

6.7.1.3 Cálculo del Cabezal Neto de Succión Positiva (NPSH)

La carga neta de succión positiva disponible esta dada por :

$$\text{NPSH} = sh + (Ps - Pv) \quad 6.20$$

Conociendo que el tanque se encuentra abierto a la atmósfera $Ps = 0$ y convirtiendo la presión de vapor 0.5 psi a pies :

$$\text{NPSH} = 6.94 + 2.31 (0 - 0.5) \text{ psi}$$

sp. gr

$$\text{NPSH} = 5.78 \text{ pies}$$

Comparando este valor de NPSH con el gráfico de la bomba neumática , se puede apreciar que la NPSH_A es suficiente en comparación con la NPSH_R , (apéndice O).

Con el fin de evitar la obstrucción de este tramo de tubería se incrementará el diámetro de esta tubería a 2 ". Se calcula el NPSH_A con los siguientes datos:

$$A_{\text{tub}} = 0.02330 \text{ pies}^2; D_{\text{int}} = 2.067 \text{ pulg} (0.1722 \text{ pies}); Q = 20 \text{ gl /min}$$

$$e = 0.0005 : e / d = 0.0029 : f = 0.024$$

Cálculo del número de Reynolds.- Usando la ecuación 6.15 se tiene $Re = 37819$

Velocidad del Fluido.- Según a la ecuación 6.16 se tiene que $v = 1.88 \text{ pies /seg}$

Pérdida por fricción en tubería .- De acuerdo a la ecuación 6.17, $h_{fs} = 0.038 \text{ pies}$

Pérdidas en codos .- Según 6.18, $h_m = 0.079 \text{ pies}$

Pérdida a la entrada A. La ecuación 6.19 determina a $h_i = 0.05$

Cabezal de Succión.- Según 6.14, el cabezal de succión $sh = 8.00$

Cálculo de la carga neta positiva de succión (NPSH) A

La carga neta de succión positiva disponible esta dada por :

$$\text{NPSH} = sh + (Ps - Pv) \quad 6.20$$

$$\text{NPSH}_A = 8.00 + 2.321(0 - 0.5)$$

$$= 6.8 \text{ pies}$$

Se puede observar que al usar un tubo de 2 “ de diámetro en la succión y con una presión de trabajo de 20 psi se obtiene un NPSH de 6.8 pies, suficiente para trabajar sin problemas de cavitación.

Determinación del Cabezal de descarga hd

$$hd = D + hfd + hm \quad 6.21$$

Datos del problema :

Long tubería = 10.25 mts (33.62 pies) : Dia int = 1.049 pulg : f = 0.006

Pérdida por fricción en la tubería :

Por medio de 6.17, se determina la pérdida por fricción hfs = 1.92 pies

Pérdidas en codos :

Reemplazando valores en la ecuación 6.18, hm = 0.75 pies

Pérdidas a la salida en B

Usando 6.19, se obtiene $h_i = 0.83$ pies

Cabezal de descarga

El cabezal de descarga esta dado por 6.21 y es :

$$h_d = 9.84 + 1.92 + 0.75 + 0.83$$

$$h_d = 13.31 \text{ pies}$$

Cabezal Total

El cabezal total esta dado por la diferencia del cabezal de succión del cabezal de descarga.

$$h_t = h_d - h_s \quad 6.22$$

Para este caso, el cabezal total h_t es igual a 5.31 pies.

6.7.1.4 Condiciones de Trabajo

De acuerdo a la carta de la bomba neumática Sandpiper de 1 ½ pulg (apénd O) se concluye que esta transportará 25 gal/min de agua al suministrar 20 pies³/min de aire una presión de 40 psi.

Esta presión de trabajo y este flujo de aire la $NPSH_R$ es de aproximadamente 16 pies y la $NPSH_A$ es de 41 pies, esto garantiza un eficiente funcionamiento de la bomba sin problemas de cavitación.

- Se cierra la válvula val 1 y se abre la válvula val 2 para que ingresen 50 gal de agua del tanque de tratamiento a la bandeja. El tiempo en el cual el agua alcanza el nivel máximo en la bandeja a partir del nivel mínimo es de 2 min.

6.7.2 Selección de la bomba de Cal Hidratada (Esquema)

Se tiene el siguiente arreglo :

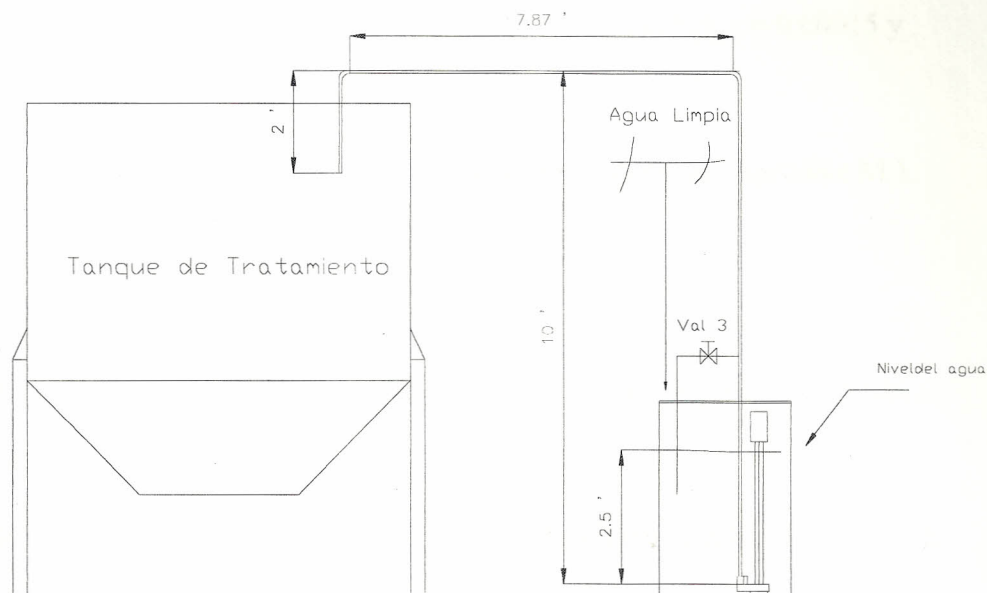


Fig. 6.11

DIAGRAMA DE SUMINISTRO PARA CAL HIDRATADA

Se ha adoptado el uso de una bomba de tipo sumergible, pues requiere muy poco mantenimiento.

Datos : $Q = 5 \text{ gal /min}$ ($0.013 \text{ pies}^3/\text{seg}$) : Dia tub = 1 pulg (0.0874 pies)

6.7.2.1 Cálculo de las Pérdidas de Carga

Número de Reynolds :

Se procede de acuerdo a la ecuación 6.15 para determinar el número de Reynolds y se obtiene el valor $Re = 20324$

Velocidad del fluido .- Reemplazando valores en la ecuación 6.16 , se obtiene

$$v = 1.85 \text{ pies/seg}$$

Factor de Rozamiento

De acuerdo al gráfico de rugosidad relativa (apéndice L), $e = 0.00015$ y

$$e/d = 0.0017.$$

Entrando al gráfico de Factor de rozamiento vs Reynolds (apéndice M),

$$f = 0.035$$

Cabezal de succión

De acuerdo a la ecuación 6.14 ,se tiene que $h_m = h_i = 0$ y $h_s = 0.77$ mts .

Cabezal de descarga

De acuerdo a 6.21, el cabezal de descarga h_d es igual al cabezal estático h_s .

$$h_d = h_s = 9.84 \text{ pies}$$

Pérdidas en la tubería :

Reemplazando valores en 6.17 se obtiene $h_{fs} = 0.42$ pies

Pérdidas en codos :

Por 6.18, de acuerdo a la longitud equivalente (L/D) en codos estándar de 90° ,

$$\text{apéndice N, } h_m = 0.11$$

Pérdidas en Unión T :

Reemplazando valores en 6.19 y según el apéndice N, $L/D = 20$, $h_m = 0.037$

Pérdidas en la salida :

$$\text{Por 6.19, } h_i = 0.05$$

Cabezal de descarga :

Por 6.21, $h_d = 10.45$ pies

6.7.2.2 Cálculo del Cabezal Total

Por la ecuación 6.22 se tiene que el cabezal total $h_t = 7.93$ pies

6.7.2.3 Cálculo de la Potencia de bombeo

La potencia requerida en una bomba centrífuga esta dada por :

$$\begin{aligned} \text{B.H.P} &= \text{G.P.M} \times H \times G_e / 3960 & 6.23 \\ &= 0.012 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Considerando una eficiencia de 50 %, la potencia requerida de la bomba es:

$$\text{B.H.P} = \text{L.H.P} / \eta = 0.012 / 0.50 = 0.02.$$

Se puede observar que se requiere una potencia muy baja, por lo que se selecciona la bomba sumergible Graymills con capacidad de 5.5 gal y un motor de $\frac{1}{2}$ Hp, 60 Hz (apéndice P).

6.7.2.4 Condiciones de Operación

- La bomba entrega cal hidratada a razón de 5.5 gal /min. Los 50 gal se transportan en 9 min al tanque de tratamiento.
- La válvula Valv 3 se encuentra abierta cuando no se entrega cal hidratada al tanque de tratamiento. Esto provoca la recirculación de la cal para evitar que se precipite al fondo del tanque de 50 galones por sedimentación. Se logra así una mezcla homogénea.
- La válvula Valv3 se cierra para dar paso de la cal hacia el tanque de tratamiento.

- Cuando el valor de pH es el deseado, la válvula Valv3 se abre nuevamente.

6.7.3 Selección de la bomba de Sulfato Ferroso (Esquema)

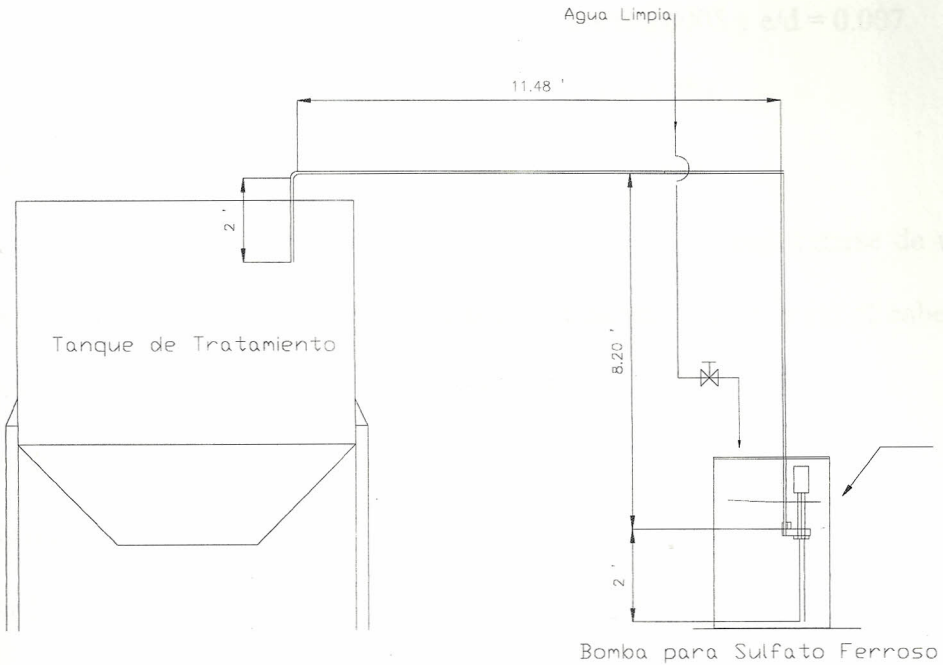


Fig 6.12

DAGRAMA DE DISTRIBUCION PARA SO_4Fe

Datos :

Volumen a transportar = 50 gal :: Tubería de $\frac{3}{4}$ P.V.C

dia int = 0.826 plg (0.068 pies) : $Q = 5$ gal /min (0.011 pies³ / seg)

6.7.3.1 Cálculo de Pérdidas de Carga

Numero de Reynolds

Haciendo uso de la ecuación 6.15 se tiene que $Re = 23832$

Velocidad

Reemplazando valores en 6.16, la velocidad del fluido es $v = 3.61$ pies/seg

Factor de Rozamiento

De acuerdo al gráfico de rugosidad relativa (4), $e = 0.0005$ y $e/d = 0.007$.

Entrando al gráfico de factor de rozamiento (5), $f = 0.039$

Cabezal de Succión

Conforme a la ecuación 6.14, se tiene que $h_m = h_i = 0$ por tratarse de una bomba sumergible, por lo tanto el cabezal de succión h_s es igual al cabezal estático de presión $h = 0.60$ mts (1.96 pies).

Pérdidas en la línea de descarga**Pérdidas en la tubería :**

Por la fig 6.12, la longitud total de tubería es $L = 6.63$ mts (21.75 pies).

Reemplazando valores en 6.17, las pérdidas de carga en la tubería es

$$h_{fs} = 2.52 \text{ pies.}$$

Pérdidas en codos :

Por 6.18, se tiene que la pérdida de carga en los cuatro codos es $h_m = 0.94$ pies

Pérdidas en la salida :

La pérdida de carga en el orificio de salida esta dada por 6.19 y es $h_i = 0.20$ pies

Cabezal de descarga

Reemplazando las pérdidas de carga en 6.21, el cabezal de descarga

$$h_d = 11.96 \text{ pies}$$

6.7.3.2 Cálculo del Cabezal Total

Por la ecuación 6.22 se tiene que el cabezal total de trabajo es $h_t = 10$ pies.

6.7.3.3 Cálculo de la Potencia de Bombeo

Por la ecuación 6.23, la potencia requerida es 0.013 HP

Considerando una eficiencia del 50 %, tenemos que la potencia requerida es :

$$B.H.P = L.H.P / \eta = 0.013 / 0.5 = 0.027 .$$

Se puede observar que se requiere una potencia muy baja, por lo que se selecciona la bomba sumergible Graymills con capacidad de 5.5 gal /min y un motor de 3/4 Hp, apéndice P).

6.7.3.4. Condiciones de Operación

- La bomba entra en funcionamiento luego de que el agua alcanzó el Ph de 8 en el tanque de tratamiento.
- Esta transporta 50 galones del tanque en un tiempo máximo de 2.5 minutos con un caudal de 20 gal/min de acuerdo a la carta de la bomba (6). Luego de finalizada esta operación, la bomba volverá a funcionar en otro ciclo de tratamiento.

6.7.4 Selección de la bomba de Tierra Diatómica (Esquema)

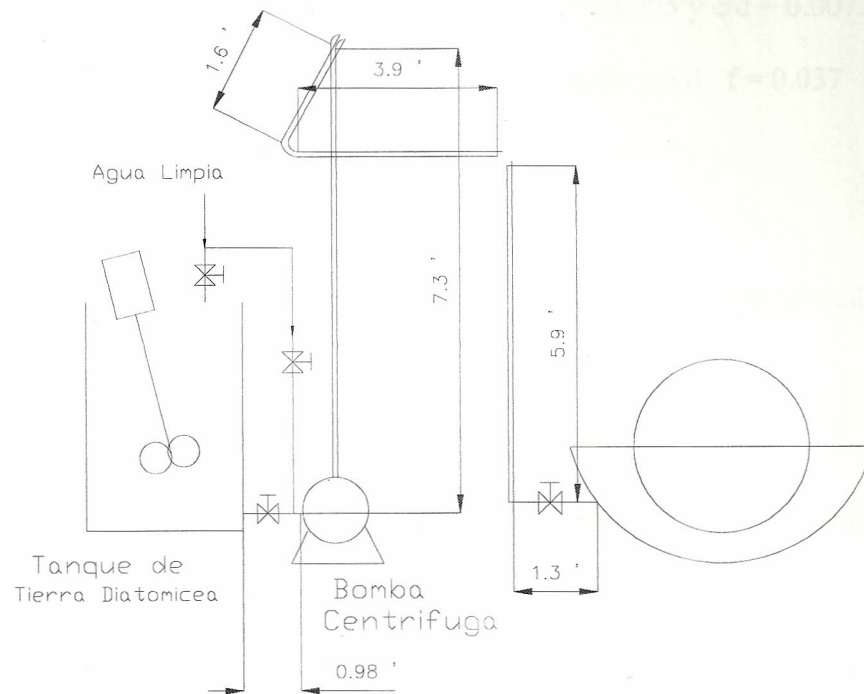


Fig. 6.13

DIAGRAMA DE SUMINISTRO DE TIERRA DIATOMICEA

Características Técnicas del Problema :

Volumen a transportar = 150 gal : t estimado = 10 min (máx) : $\rho = 1.1$ kg/m³ : Tubería = P.V.C de $\frac{3}{4}$: dia int = 0.85 in" (0.07 pies) : A int tub = 0.56 in² : $\nu = (8.60 \times 10^{-6})$ pie² /seg (A 31 °C) .

6.7.4.1 Cálculo de pérdidas de carga

Numero de Reynolds

Haciendo uso de la ecuación 6.15 se tiene que $Re = 69680$

Velocidad

Reemplazando valores en 6.16, la velocidad del fluido es $v = 8.46$ pies / seg

Factor de Rozamiento

De acuerdo al gráfico de rugosidad relativa (4), $e = 0.0005$ y $e/d = 0.007$.

Entrando al gráfico de factor de rozamiento (5) con Re y e/d , $f = 0.037$

Pérdidas en la línea de succión

Pérdidas en tubería

Reemplazando valores en 6.17 y de acuerdo a la longitud del tramo de tubería,
 $h_{fs} = 0.041$ pies.

Pérdidas en Codos

Por la ecuación 6.18 y por los cuatro codos de la instalación, $h_m = 1.23$ pies

Pérdida en Válvula de compuerta :

Usando 6.18 y asignando un valor de long equivalente para válvulas de compuerta de $L/d = 13$ pies (apéndice N), $h_m = 0.53$ pies

Cabezal de Succión

Conforme a la ecuación 6.14 y con los valores de pérdida de carga arriba calculados, se tiene que $sh = 1.47$ pies.

Pérdidas en la línea de descarga

Pérdidas en la tubería :

Por la fig 6.13, la longitud total de tubería es $L = 6.63$ mts (21.75 pies).

Reemplazando valores en 6.17, las pérdida de carga en la tubería es $h_{fs} = 11.87$ pies.

Pérdidas en codos :

Por 6.18 , se tiene que la pérdida de carga en los cuatro codos es $h_m=4.94$ pies

Pérdidas en la salida :

La pérdida de carga en el orificio de salida esta dada por 6.19 y es $h_i=1.11$ pies

Cabezal de descarga

Reemplazando las pérdidas de carga en 6.21 y según la fig 6.13, el cabezal de descarga es $h_d = 25.83$ pies.

6.7.4.2 Calculo del Cabezal Total

Por la ecuación 6.22 se tiene que el cabezal total de trabajo es $h_t = 24.36$ pies.

6.7.4.3 Cálculo de la Potencia de Bombeo

Por la ecuación 6.23, la potencia requerida es 0.11 Hp

Considerando una eficiencia del 50 %, tenemos que la potencia requerida es :

$$B.H.P = L.H.P / \eta = 0.013 / 0.5 = 0.022$$

Se escoge una bomba centrífuga con un motor de 1750 r.p.m y 1/3 Hp. De acuerdo al catálogo TEEL de Bombas Centrífugas, se selecciona la bomba modelo 1P852, apéndice Q .

6.7.4.4 Condiciones de trabajo

- Al revisar la carta de la bomba e interpolando el valor de caudal , se puede observar que para una pérdida de cabezal de presión de 25 pies con un motor de 1/3 HP la bomba entregará aproximadamente 2219 gal/hr o 36.98 gal/min.
- Con esta caudal , el tiempo de transporte de la tierra diatomicea es de 4 min aproximadamente.

6.7.5 Selección de Bomba de Vacío (Esquema)

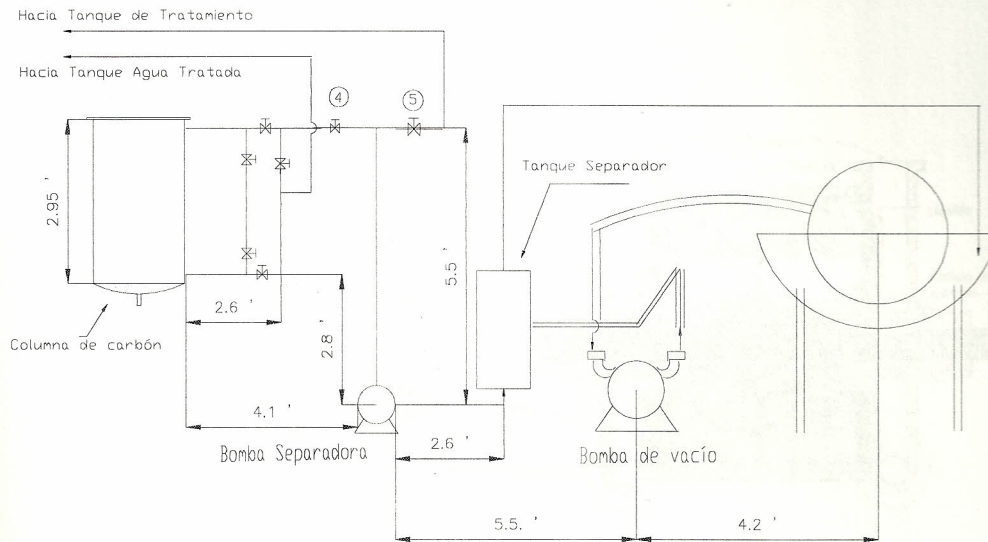


Fig. 6.14

DIAGRAMA DE BOMBA DE VACIO

Datos :

$Q_{min} = 4 \text{ gal/min}$: P en succión = 25 pulg H₂O : P descarga = 14.7 psi

Principio

Se escoge un compresor rotatorio. Este consiste en un rotor con aspas cuyo eje de rotación es excéntrico respecto a la carcasa. Inicialmente la cámara se llena con agua para formar un sello entre las paletas del rotor y la carcasa. En la fig 6.15 se observa que cuando el rotor se encuentra en su posición superior, se produce una compresión del líquido que actúa como sello sobre el fluido que ingresa. En este momento se produce una expansión del fluido que ingresa, para luego comprimirse. Esto se repite con cada

revolución del rotor. Entonces se puede observar que el líquido sellador actúa también como refrigerante.

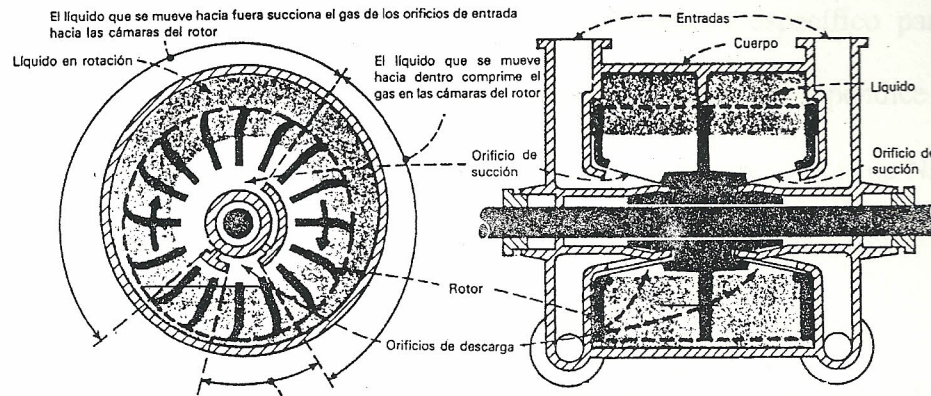


Fig. 6.15

COMPRESOR ROTATORIO DE ANILLO LIQUIDO

6.7.5.1 Dimensionamiento de la Bomba y Montaje

La potencia requerida esta dada por :

$$H_p = f_w H_{\text{adiab}} / 33000 \eta_{\text{ad}} \quad 6.25$$

En donde :

$$H_{\text{ad}} = \frac{Z_s + Z_d}{2} \frac{1545}{M_w} T_s \left[\frac{r_c^{(k-1)/k} - 1}{(k-1)/k} \right] \quad 6.26$$

r_c = Relación de compresión : k = constante del gas (aire = 1.4)

$r_c = 18 \text{ psi} / 14.3 \text{ psi} = 1.25$: $Q = 4 \text{ gal}$: $f_w = 33.33 \text{ lb/min}$

Reemplazando valores en la ecuación 6.26, se obtiene que $H_{ad} = 5723$ y con la ecuación 6.25, se calcula que la potencia requerida de la bomba es 5.5 Hp.

Revisando la curva de Velocidad específica vs Diámetro específico para compresores centrífugos en la zona de compresores rotatorios (apéndice R), se tiene que para una eficiencia $\eta_{ad} = 0.5$ le corresponden los valores de $N_s=6$ y $D_s=3$. Usando :

$$N_s = N \sqrt{Q} H^{3/4} \quad 6.27 \quad : \quad D_s = D H^{1/4} \sqrt{Q} \quad 6.28$$

Para determinar la velocidad del rotor N y el diámetro mínimo requerido D de la bomba. Donde: N = Velocidad del rotor: D =Diámetro impulsor: Q =(ft³/seg).

Se tiene que $N = 3834$ rev / min y $D = 0.35$ pies (4.3) pulg

Se escoge un compresor o “ bomba de vacío ” Graham con las siguientes características:

- Capacidad = 8 gal /min : Potencia : 7 Hp , 3700 rev / min acoplado a la bomba :Diámetro del rotor = 7 pulg.

6.7.5.2 Condiciones de Operación

La bomba de vacío arranca cuando el proceso de floculación ha terminado o cuando el pH del agua tratada alcanza un valor mayor a 8. Esta bomba opera durante el tiempo que dura el proceso de filtración de flóculos del agua residual.

Se debe montar un manómetro en la línea de succión con el fin de poder saber si la bomba necesita limpieza cuando la presión de vacío cae por debajo de las 25 pulg de agua.

6.7.6 Selección de la bomba Separadora (Esquema)

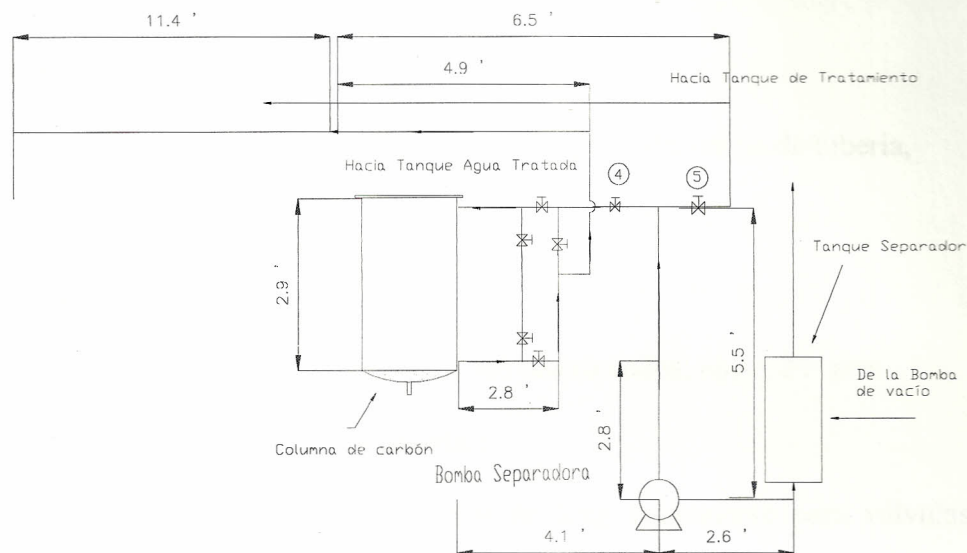


Fig. 6.16

DIAGRAMA DE BOMBA SEPARADORA

Datos : $V=100$ gal : $t=10$ min (máx) : $Q=10$ gal/min : $\rho=1.1$ kg/m³

dia int=2.067 pulg (0.17 pies) : $A_{int}=3.35$ in² (0.023 pies²) : $v=(8.60 \times 10^{-6})$

pie² /seg (31°C)

6.7.6.1 Cálculo de Pérdidas de Carga

Numero de Reynolds

Haciendo uso de la ecuación 6.15 se tiene que $Re=19027$

Velocidad . Reemplazando valores en 6.16, la velocidad del fluido es $v=$

0.95 pies / seg

Factor de Rozamiento

De acuerdo al gráfico rugosidad relativa (apéndice L), $e=0.0005$ y $e/d=0.003$.

Entrando al gráfico de factor de rozamiento (apéndice M) con Re y $e/d, f= 0.03$

Pérdidas en la línea de succión

Pérdidas en tubería

Reemplazando valores en 6.17 y por a la longitud del tramo de tubería,

$h_{fs} = 0.22$ pies.

Pérdidas en Codo

Por la ecuación 6.18 y considerando los cuatro codos, $h_m = 1.37$ pies

Pérdida en Válvula de compuerta :

Usando 6.18 y asignando un valor de long equivalente para válvulas de compuerta según el apéndice N, $L/d = 13$ pies , $h_m = 0.18$ pies

Cabezal de Succión

Conforme a la ecuación 6.14 y con los valores de pérdida de carga arriba

calculados, se tiene que $sh = 2.25$ pies.

Pérdidas en la línea de descarga

Pérdidas en la tubería :

Por la fig 6.15, la longitud total de tubería es $L = 10.67$ mts (35.0 pies).

Reemplazando valores en 6.17, las pérdida de carga es $h_{fs} = 3.03$ pies.

Pérdidas en codos :

Por 6.18, se tiene que la pérdida de carga en los cuatro codos es $h_m = 1.37$ pies

Pérdidas en T en línea :

Por medio de 6.19, la pérdida de carga en las cuatro T es $h_i = 0.55$ pies

Pérdidas en válvula de compuerta

Por 6.18 y el gráfico de Pérdidas de Cargas en Accesorios (apéndice N),

$$h_m = 0.35.$$

Pérdidas en columna de carbón :

Para simplificar el problema, se asumirá a la columna de carbón como una válvula de pie con filtro, $L/d = 420$ pies (apéndice N). Usando 6.18 se tiene que $h_m = 8$ pies.

Pérdidas en la salida :

La pérdida de carga en el orificio de salida esta dada por 6.19 y es $h_i = 0.20$ pies

Cabezal de descarga

De acuerdo a la fig 6.15, $D = 9.94$ y reemplazando las pérdidas de carga en 6.21 y según la fig 6.13, el cabezal de descarga es $h_d = 19.40$ pies.

6.7.6.2 Calculo del Cabezal Total

Por la ecuación 6.22 se tiene que el cabezal total de trabajo es $h_t = 17.15$ pies.

6.7.6.3 Cálculo de la Potencia de Bombeo

Por la ecuación 6.23, la potencia requerida es 0.05

Considerando una eficiencia del 50 %, tenemos que la potencia requerida es :

$$B.H.P = L.H.P / \eta = 0.05 / 0.5 = 0.1$$

Se escoge una bomba con motor eléctrico de 1750 r.p.m y una potencia de 1/3 Hp.

De acuerdo al catálogo TEEL de Bombas Centrifugas, se selecciona la bomba modelo 1P852, apéndice Q.

6.7.6.4 Condiciones de Operación

- Al revisar la carta de la bomba (apéndice Q) e interpolando el valor de caudal, se puede observar que para un de cabezal de presión de 14 pies con un motor de 1/3 HP la bomba entregará aproximadamente 2700 gal/hr o 45 gal/min.

6.7.7 Selección de la bomba de Retrolavado (Esquema)

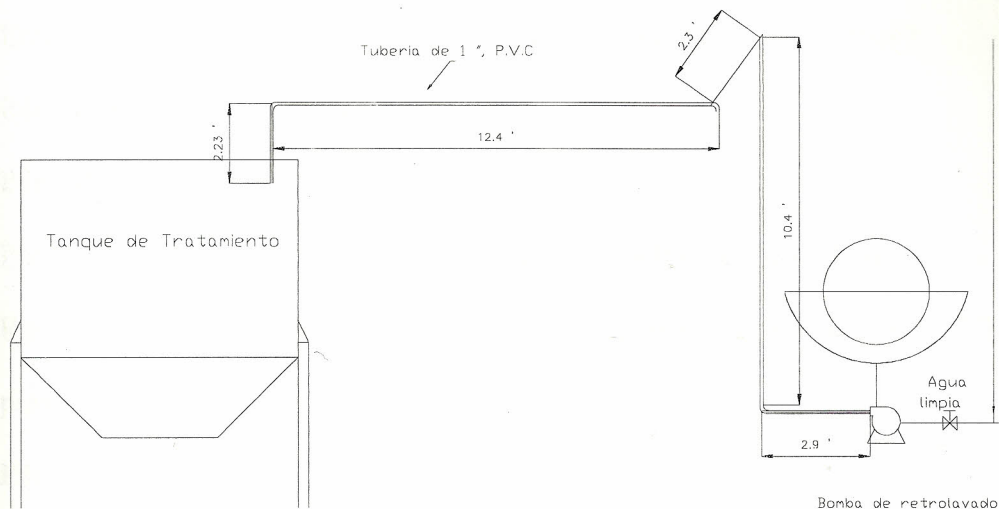


Fig. 6.17

DIAGRAMA DE BOMBA DE RETROLAVADO

Datos del Problema :

$V = 197 \text{ gal}$; $t = 15 \text{ min}$; $Q = 13 \text{ gal/min}$; $\rho = 1.1 \text{ kg/m}^3$; Tubo dia int = 1.049 pulg.

$A \text{ tubería} = 0.8640 \text{ in}^2$ (0.006 pies²) : $v = (8.60 \times 10^{-6}) \text{ pie}^2/\text{seg}$ (A 31 °C)

6.7.7.1 Cálculo de Pérdidas de Carga

Numero de Reynolds

Haciendo uso de la ecuación 6.15 se tiene que $Re = 74507$ la requerida es .

Velocidad

Reemplazando valores en 6.16, la velocidad del fluido es $v = 7.33$ pies / seg

Factor de Rozamiento

De acuerdo al gráfico de rugosidad relativa (4), $e = 0.0005$ y $e/d = 0.007$. *omba*

Entrando al gráfico de factor de rozamiento (5) con Re y e/d , $f = 0.037$ *omba*

Pérdidas en la línea de descarga

Pérdidas en la tubería :

Por la fig 6.13, la longitud total de tubería es $L = 8.09$ mts (29.19 pies).

Reemplazando valores en 6.17, las pérdida de carga en la tubería es $h_{fs} = 5.32$ pies.

Pérdidas en codos :

Por 6.18 , se tiene que la pérdida de carga en los cuatro codos es $h_m = 1.90$ pies

Pérdidas en la salida :

La pérdida de carga en el orificio de salida esta dada por 6.19 y es $h_i = 0.83$ pies

Cabezal de descarga

Reemplazando las pérdidas de carga en 6.21 y según la fig 6.16, el cabezal de descarga es $h_d = 18.23$ pies.

6.7.7.2 Cálculo del Cabezal Total

Por la ecuación 6.22 se tiene que el cabezal total de trabajo es $h_t = 24.36$ pies.

6.7.7.3 Cálculo de la Potencia de Bombeo

Por la ecuación 6.23, la potencia requerida es 0.06

Considerando una eficiencia del 50 %, tenemos que la potencia requerida es :

$$\text{B.H.P} = \text{L.H.P} / \eta = 0.06 / 0.5 = 0.12$$

6.7.7.4 Condiciones de Operación

- Consultando con la tabla de la bomba (apéndice Q), se determina por 18.54 pies y con un motor de 1/3 Hp es 2573 gal/hr o 43.0 gal/min. Esta bomba según el catálogo TEEL de Bombas Centrífugas, corresponde a una bomba modelo 3P577A.

- Esta bomba opera al finalizar el ciclo de lavado. Se ingresa agua limpia por medio de un difusor que limpia el tambor hasta que alcanza el nivel máximo permitido (196 gal). El agua es bombeada hasta el tanque de tratamiento en 4.5 min. Esta bomba opera al final del ciclo de tratamiento.

6.8 Disposición Física de los Componentes de la Planta de Tratamiento

Con el fin de optimizar el uso del espacio y facilitar el posible transporte la planta, todos los componentes de esta se encuentran montados en una estructura marco. Esta estructura esta formada por vigas "U" dobles, soldadas por el alma () y se presenta en el apéndice S.

CAPITULO 7

7. ANALISIS DE COSTOS

7.1. Cálculo de Materiales para la fabricación del Tanque de Agua Residual

El número de planchas a usar en la construcción en este tanque, se determinará por el área de construcción, así de acuerdo a las medidas del tanque (ver fig 5.1)

tenemos que el área de las caras A1 y A2 en metros es :

$$A1 = 3.03 \times 4.3 = 13 \text{ mts}^2 \quad ; \quad A2 = 3.03 \times 3 = 9 \text{ mts}^2$$

El área de plancha a usar será

$$At = (A1 + A2) \times 2 \quad ; \quad (\text{dos caras similares})$$

$$At = (13 + 9) \times 2 = 44 \text{ mts}^2$$

Las medidas de las planchas a usar son 1.22 x 2.44 mts (A = 2.97 mts²).

Entonces el número de planchas a usar es : # planchas = At / A plancha

$$\# \text{ planchas} = 15 \text{ planchas}$$

El espesor de plancha escogido en el capítulo 5 es de $\frac{1}{4}$ ". Se emplea la plancha de hierro negro **1.22 mts x 2.44 mts x 7 mm** con un costo en el mercado nacional de **S./ 668000** y un costo por peso de **S./ 5000 / kg**.

7.1.1 Cálculo del material para los rigidizadores

Se requieren dos tipos de rigidizadores, ángulo y vigas U. Considerando que estos perfiles se encuentran en todo el perímetro del tanque (ver fig 5.1). La longitud de material a usar para cada uno de ellos es :

$$\text{Perímetro} = (4.3 + 3.0) \times 2$$

$$\text{Perímetro} = 14.6 \text{ mts}$$

Estos perfiles se encuentran en el mercado local en largos de 6 mts y a un costo de aproximado de **S./ 5000 / kg** . Se requieren 2.43 unidades, es decir que 3 perfiles cubren el perímetro

7.1.2 Cálculo del material para el piso

El área a cubrir es $A_{\text{piso}} = 4.3 \times 3 = 13 \text{ mts}^2$. Se utilizará plancha de $\frac{3}{8}$ de espesor, la misma que en el mercado nacional se vende en $1.22 \times 2.44 \text{ mts}$.Esto significa que se usarán 4.36 planchas, es decir 5 planchas.

7.1.3 Tabla de Costo de Materiales y Mano de Obra

TABLA VII

COSTO DE MATERIALES Y MANO DE OBRA

PARA LA CONSTRUCCION DE TANQUE DE AGUA RESIDUAL

Item	Cant	Sucres / Kg	Peso unit / (Kg)	Precio
Plancha de 1.22 x 2.44 x 7 mm	15	5000	142	10'650000
Plancha 1.22 x 2.44 x 3/8 (piso)	5	5000	193.2	4'595908
Viga U 125 x 50 x 5	3	5000	49.14	701000
Viga U 150 x 80 x 8	3	5000	99.3	1'416586
Viga U 200 x 80 x 6	3	5000	98.04	1'398611
Mano de Obra				25'000000
Subtotal				42'229.154

7.2 Cálculo de Materiales para fabricación de Tanque de Agua Tratada

De manera similar al caso anterior, el número de planchas a usar en la construcción en este tanque, se lo determina por el área de construcción. De acuerdo a las medidas del tanque (ver fig 5.2) tenemos que el área de las caras del tanque A1 y A2 es :

$$A1 = 3.03 \times 3.73 = 11.30 \text{ mts}^2 \quad ; \quad A2 = 3.03 \times 2.0 = 6.06 \text{ mts}^2$$

El área de plancha a usar es :

$$A_t = (A_1 + A_2) \times 2 \quad ; \text{ (dos caras similares)}$$

$$A_t = (13 + 9) \times 2$$

$$A_t = 34.72 \text{ mts}^2$$

Las medidas de las planchas a usar son 1.22 x 2.44 mts (A = 2.97 mts²).

Entonces el número de planchas a usar es :

$$\# \text{ planchas} = A_t / A \text{ plancha}$$

$$\# \text{ planchas} = 12 \text{ planchas}$$

El espesor de plancha escogido en el capítulo 5 es de ¼". Se emplea la plancha de hierro negro **1.22 mts x 2.44 mts x 7 mm** con un costo en el mercado nacional de **S./ 668168** y un costo por peso de **S./ 5000 / kg** .

7.2.1 Cálculo del material para los rigidizadores

Se requieren dos tipos de rigidizadores, ángulo y vigas U. Considerando que estos perfiles se encuentran en todo el perímetro del tanque (ver fig 5.2). La longitud de material a usar para cada uno de ellos es :

$$\text{Perímetro} = (3.37 + 2.0) \times 2$$

$$\text{Perímetro} = 10.74 \text{ mts}$$

Estos perfiles se encuentran en el mercado local en largos de 6 mts y a un costo de aproximado de S./ 5000/ kg . Se requieren 1.79 unidades, es decir que 2 perfiles cubren el perímetro.

7.2.2 Cálculo del Material para el Piso

El área a cubrir es $A_{\text{piso}} = 3.37 \times 2 = 6.74 \text{ mts}^2$. Se utilizará plancha de 3/8 de espesor, la misma que en el mercado nacional se vende en $1.22 \times 2.44 \text{ mts}$. Esto significa que se usarán 2.26 planchas, es decir 3 planchas.

7.2.3 Tabla de Costo de Materiales y Mano de Obra para Tanque de Agua Tratada y Tanque de Tratamiento .

TABLA XVIII

COSTO DE MATERIALES Y MANO DE OBRA PARA LA CONSTRUCCION DE TANQUE DE AGUA TRATADA

Item	Cant.	S/. Kg	Peso unit (Kg)	Precio Parcial
Plancha de 1.22 x 2.44 x 7 mm	12	5000	142	8'102928
Plancha 1.22 x 2.44 x 3/8 (piso)	3	5000	193.2	2'756137
Viga U 125 x 50 x 3	2	5000	30.42	2'893088
Viga U 125 x 80 x 8	2	5000	99.30	944390
Viga U 150 x 80 x 8	2	5000	108.90	1'035691
Mano de Obra				19'350.000
Subtotal				35'875458

El costo de mano de obra y materiales para la construcción del tanque de agua tratada es de S/. 35'875458

Tanque de Tratamiento

Cálculo del Material :

De acuerdo a las dimensiones del tanque de tratamiento, se puede observar que este está formado por un cilindro y un cono. El área de cada una de estas figuras es el área a cubrir con la plancha de $\frac{1}{4}$ “.

$$\text{Area cilin} = 2 \pi r h \quad ; \quad \text{Area cono} = \pi r s$$

$$\text{Area cilin} = 12.81 \text{ mts}^2 \quad ; \quad \text{Area cono} = 3.76 \text{ mt}^2$$

$$\text{Area total} = 16.57 \text{ mt}^2$$

Dividiendo este valor de área para el área que cubre una plancha, se obtiene el número total de planchas. Para este caso el número de planchas es 7.

TABLA IX
COSTO DE MATERIALES Y MANO DE OBRA PARA
LA CONSTRUCCION DE TANQUE DE TRATAMIENTO

Item	Cant	Sucres / Kg	Peso unit (Kg)	Precio Parcial
Plancha 1.20 x 2.40 x 7 mm	7	5000	142	4'726682
Angulo L 60 x 60 x 6 (6mts/unid)	5	5000	5.28	791313
Mano de Obra				14'700.000
Subtotal				19'474438

7.3 Cálculo de materiales para la fabricación del filtro al vacío

El filtro al vacío tiene forma cilíndrica. El perímetro y longitud de este, determinan la longitud y ancho de plancha respectivamente. Las planchas que se requieran deben ser unidas en sentido paralelo al eje del filtro. El material a usar es plancha de acero inoxidable de 7 mm de espesor.

Así tenemos que el perímetro P de este cilindro es :

$$P = 2 \pi r$$

De acuerdo a la fig 6.4 , el perímetro es :

$$P = 2 \pi (0.45) = 2.82 \text{ mts}$$

Considerando que la plancha de acero inoxidable tiene 1.22 x 2.44 mts, **dos planchas** serán necesarias para cubrir el desarrollo de este cilindro.

Adicional a esto, se requiere de planchas para las dos caras laterales del cilindro. De acuerdo a las medidas del tambor, se requiere de **una plancha** para ambas caras.

Se requiere de cuatro planchas de acero para las divisiones internas del cilindro (fig 6.3). Estas tienen el largo del filtro y su ancho se asume igual al radio del cilindro. De esta manera sus medidas son 0.45 mts de ancho por 0.90 mts de largo.

De acuerdo a la fig 6.3, se puede notar que **una plancha** es suficiente para formar las cuatro cámaras internas del filtro.

7.3.1 Cálculo del Material para la Fabricación para el cilindro y estructura

De acuerdo a las medidas obtenidas del diseño del filtro, este presenta forma cilíndrica con 0.60 mts de diámetro y 1.0 mts de altura (ver fig 6.9)

Esto determina un área de 2.45 mts^2 . La plancha a usar es la 1.22 x 2.44 x 6 con un área de 2.97 mts^2 , por lo que se requiere de una plancha para la construcción del filtro.

7.3.2 Tabla de Costos de Materiales y Mano de Obra

TABLA X
COSTO DE MATERIALES Y MANO DE OBRA PARA
LA CONSTRUCCION DEL FILTRO AL VACIO

Item	Cant	Precio / peso	Peso	Precio Parcial
Plancha 1.22 x 2.44 x 7 mm Acero Inoxidable..	2	5580	170	1'949955
Plancha de acero 1.22 x 2.44 x 7 (Caras laterales).	1	5580	170	947977.8
Plancha de acero 1.22 x 2.44 x 7 mm. (refuerzos internos)	1	5580	170	947977.8
Tubo de dia int 2 “, hierro negro, largo = 1.5 mts.	1			225000
Chumaceras de diámetro 2 “	2			3'998400
Mano de Obra				23'990.400
Subtotal				32'113710

TABLA XI
COSTO DE MATERIALES Y MANO DE OBRA PARA LA
CONSTRUCCION DEL FILTRO DE CARBON

Item	Cantidad	Precio / peso	Peso	Precio Parcial
Plancha 1.20 x 2.40 x 6 mm .	2	5000	142	1'157559
Mano de Obra				6'426.000
Subtotal				7'583559

7.4 Cálculo de Materiales para fabricación de estructura para el montaje de equipos.

La estructura del apéndice S es de hierro negro y plancha corrugada. La cantidad de material usado en el marco es igual al perímetro del mismo. Así tenemos que el perímetro es 2 x largo más 2 x ancho.

$$P = 2 \times \text{Largo} + 2 \times \text{ancho}$$

$$P = 2 \times 8542 + 2 \times 1800$$

$$P = 20864 \text{ mm}$$

Considerado las vigas en el interior verticales del marco, desde la izquierda, tenemos :

TABLA XII

VIGAS PARA ESTRUCTURA DE LA PLANTA

Vigas (Long)	Cant	Long. Total
1560	3	4680
1080	1	1080
480	1	480
728	2	1456

Considerado las vigas en el interior horizontales del marco, desde la izquierda, tenemos :

TABLA XIII

VIGAS PARA ESTRUCTURA DE LA PLANTA

Vigas (Long)	Cant	Long Total
1444	1	1444
2936	1	2936
1770	1	1770

Se determina que la longitud total de material para la estructura de montaje es **34710 mm x 2**, por el hecho de tratarse de perfiles “ U “ dobles.

Largo total de viga U = **69420 mm.**

Considerando que el largo comercial de estos perfiles es 6000 mm, se requieren entonces 11.57 unidades. Es decir **12** perfiles U de 150 x 120 x 6.

7.4.1 Tabla de Costo de Materiales y Mano de obra

TABLA XIV

**COSTO DE MATERIALES Y MANO DE OBRA
PARA ESTRUCTURA DE LA PLANTA**

Item	Cantidad	Precio / peso	Peso Unit	Precio Parcial
Viga 150 x 120 x 6	12	5000	24.04	8'230749
Plancha corrugada de 1/8	4	5000	44.24	2'718867
Mano de Obra				4'284000
Subtotal				15'233.616

7.5 Tabla de Equipos y Materiales Complementarios

En el apéndice T se muestra la lista de precios de equipos complementarios para la operación de la planta de tratamiento.

TABLA XV

**COSTO DE INSUMOS PARA TRATAMIENTO DE 2000 GAL
DE AGUA RESIDUAL (POR TURNO)**

Nombre	Cant empleada (Kg)	Precio/ Kg (Sucres)	Costo Parcial (Sucres)
Sulfato Ferroso	22.04	8425	185.687
Cal Hidratada	22.04	999.6	22031.0
Tierra Diatomícea	66.12	7711.2	509864
Total por Batch			717.582

El carbón activado se reemplaza una vez por año y su costo es :

Carbón activado	390	37439	14'601.132
-----------------	-----	-------	-------------------

7.6 Requerimientos de energía para operación de la Planta de Tratamiento

TABLA XVI
COSTO DE ENERGIA PARA OPERACIÓN DE
LA PLANTA POR TURNO

Aplicación	Potencia Hp	Potencia Kw	Hrs	Costo Kw - hr Suces	SUCRES
Bomba Cal	½	0.373	0.15	415	23.34
Bomba So4Fe	1/3	0.25	0.45	415	46.22
Bomba Tierra Diatómica	1/3	0.25	0.25	415	25.93
Bomba vacio	7	5.25	8	415	17430
Bomba separadora	1/3	0.25	8	415	830
Agitador T. Agua Residual	2	1.5	8	415	4980
Agitador T. Agua Tratada	2	1.5	8	415	4980
Agitador, T. Agua Tratamiento	2	1.5	8	415	4980
Motoreductor Filtro	1/3	0.25	8	415	830
Motoreductor Agitador	1/3	0.25	8	415	830
Subtotal					34955.49

El costo de energía eléctrica es de S./ 34955.49 suces para procesar 2000 gal de agua residual.

Resumen de costo

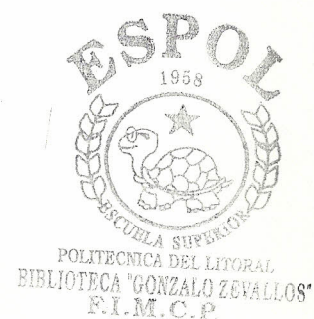
Tabla XVII

RESUMEN DE COSTO GENERAL

Item	Costo
Tanque de Agua Residual	42'229.154
Tanque de Agua Tratada	35'875458
Tanque de Tratamiento	19'474438
Filtro de Vacío	32'113710
Filtro de Carbón	7'583559
Estructura para Montaje de Equipos	15'233.616
Equipos Complementarios	186'557000
Total	339'066.000

Costos de Operación

Item	Costo
	Sucres
Costos de Insumos (por turno)	717.582
Carbón activado (una vez al año)	14'601.132
Energía eléctrica (por turno)	34955



7.7 Programa en Qbasic para el diseño de elementos y Cálculo de Costos de Materiales en la Planta de Tratamiento

El programa desarrollado facilita el dimensionamiento de componentes de la planta de tratamiento de aguas residuales, así como también su costo. El diagrama de flujo mostrado en el apéndice U muestra la estructura del programa

Características del programa

- El programa inicia con la presentación de un menú de cinco opciones .
- La primera opción es el "Proceso Químico". Se ingresa información referente a volumen de agua residual a tratar, volumen del tanque de agua almacenamiento para agua residual y consumo de almidón.
- El programa calcula la masa de sulfato ferroso y cal hidratada requerida para lograr la formación de flóculos, así como también el volumen de agua filtrado y la masa de residuos del proceso.
- Los puntos 2,3 y 4 del menú arriba mencionado son para el diseño de tanques, filtros y selección de bombas. El punto # 5 ofrece el cálculo de costos de materiales, mano de obra para la construcción de la planta de tratamiento, así como también el consumo de energía eléctrica para bombas y agitadores.
- Existe una subclasificación para los puntos nombrados anteriormente, esto permite seleccionar el tipo de tanque, filtro o selección de bomba según su aplicación. (ver apéndice U).

- Para el caso de diseño de tanques , se determinan las dimensiones, la cantidad de material para las paredes , piso y rigidizadores .
- En los filtros de vacío y de carbón, se determina el tamaño de estos de acuerdo las tasas de filtración requeridas. El dimensionamiento de equipo complementario tales como la bandeja y motoreductor para mover el filtro se incluye en esta sección
- El menú de selección de bombas, permite dimensionar la potencia de bombas de tipo centrifugo y verificar el uso de bombas de tipo neumático.
- El programa permite cotizar la construcción de tanques y filtros siempre que estos sean dimensionados previamente con la ayuda de advertencias si se pretende cotizar sin dimensionar .
- En el menu de costos, es posible estimar el consumo de energia eléctrica y costo de insumos para un proceso de tratamiento (8 hrs) de aguas residuales.
- El menú de costos se presenta la opción de “ Costos Totales”, esto permite diseñar y cotizar los elementos de la planta al ejecutar el programa por una sola vez.
- En el apéndice V se muestran los resultados obtenidos con el programa para determinar el costo total y parcial para la construcción de una planta de tratamiento que permita procesar 2000 gal de agua residual en el modo de “ Costos Totales”.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.- El costo de una unidad para tratamiento de aguas residuales fabricada en los Estados Unidos es de \$ 76200 dólares.

Al compararlo con el valor de \$ 23448 dólares estimado en este trabajo para una unidad fabricada en el país, se observa que representa menos del 50% del costo de la unidad importada.

Cabe mencionar que en este diseño conceptual no se ha incluido el costo de diseño e instalación eléctrica, así como tampoco los gastos de obra civil que dependen del lugar en donde se haga la instalación.

A pesa de esto tales rubros no representan los \$ 51000 dólares que hay de diferencia entre el costo de la unidad importada y la fabricada en nuestro país.

Esto diferencia es alentadora y justifica la inversión a realizar para la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales en nuestro medio.

2.- El costo estimado de la infraestructura permite la operación manual de la planta , pero es posible automatizar la operación de esta con la instalación de un Controlador Lógico Programable . La infraestructura necesaria para la instalación de tal equipo y el costo del mismo es de aproximadamente \$ 3500 .

3.- Es posible reemplazar los reactivos químicos que fueron usados en este diseño, los mismos que fueron seleccionados por ser de fácil obtención en nuestro medio . Como la cal, que es fácil de conseguir en y su presencia en el proceso produce la formación de

depósitos de carbonato de calcio en tuberías y bombas . Esto representa un problema, pues tales componentes requerirían de un mantenimiento frecuente.

Actualmente hay productos en el mercado que facilitan la coagulación y pueden ser usados con la infraestructura presentada en este diseño.

APENDICES

APENDICE A

LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA DESCARGA AL RECURSO AGUAA CORTO PLAZO

Parámetros	Unidades	Descargas al Río Daule y Guayas o Sistemas de Drenaje que descargan a los rios		Descargas a los Esteros o Sistemas de Drenaje que descargan a los esteros		Descargas al Sistema de Alcantarillado	
		Promedio diario	Instantáneo	Promedio diario	Instantáneo	Promedio diario	Instantáneo
		Potencial de Hidrógeno (pH)	-	5-9	5-9	5-9	5-9
Temperatura	° C	35				40	40
Material Flotante	-	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia
Aceites y Grasas visibles	-	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia
Sólidos Suspendidos	mg/L	250	350	250	350	a	a
DbO 5	mg/L	250	350	250	350	a	a
Caudal Máximo/caudal Promedio 24 horas	-	-	4.0		4.0	-	b

Notas : a) Cualquier Industria con descargas al Sistema de Alcantarillado y que firme un acuerdo con la ECAPAG para participar en el costo de una planta conjunta de tratamiento con la ECAPAG debe concedérsele una extensión temporal de tratar estos residuos que serán luego aceptados para ser tratados en esta facilidad.

b) Depende de la capacidad del sistema de alcantarillado de acuerdo a la ECAPAG.



POLITECNICA DEL LITORAL
BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLO"
R.I.M.C.P.

APENDICE B

SELECCIÓN DEL FLOCULANTE

Caract.	Alumbre de filtros	Alumbres de Amonio y Potasio	Alumina to de Sodio	Sulfato ferroso	Sulfato férrico	Cloruro férrico
Rango de pH	PH < 7	pH > 7	PH < 7	3.8 - 11.0		Solo en valores bajos
Grado de corrosión	Corrosivo	Caro			Corrosivo	Altamente corrosivo
Costo	Caro		Caro		Caro	Caro
Consistencia del flóculo	Inestable	Baja	Inestable	Estable	Estable	Estable
Remoción de olores y colores	No satisfactorio	Requiere tratar con alumbre	Requiere alumbre negro	Aceptable		Aceptable
Simplicidad en la dosificación	Fácil de preparar			Fácil de preparar		
Velocidad de Precipitación	Requiere calentar el agua	Lenta	Lenta	Requiere Agitación	No require agitación	Aceptable
Requiere equipo o sales auxiliares	Requiere equipo medidor		Ablandar sulfato de aluminio	Requiere ablandar con cal	No requiere cal	

APENDICE C

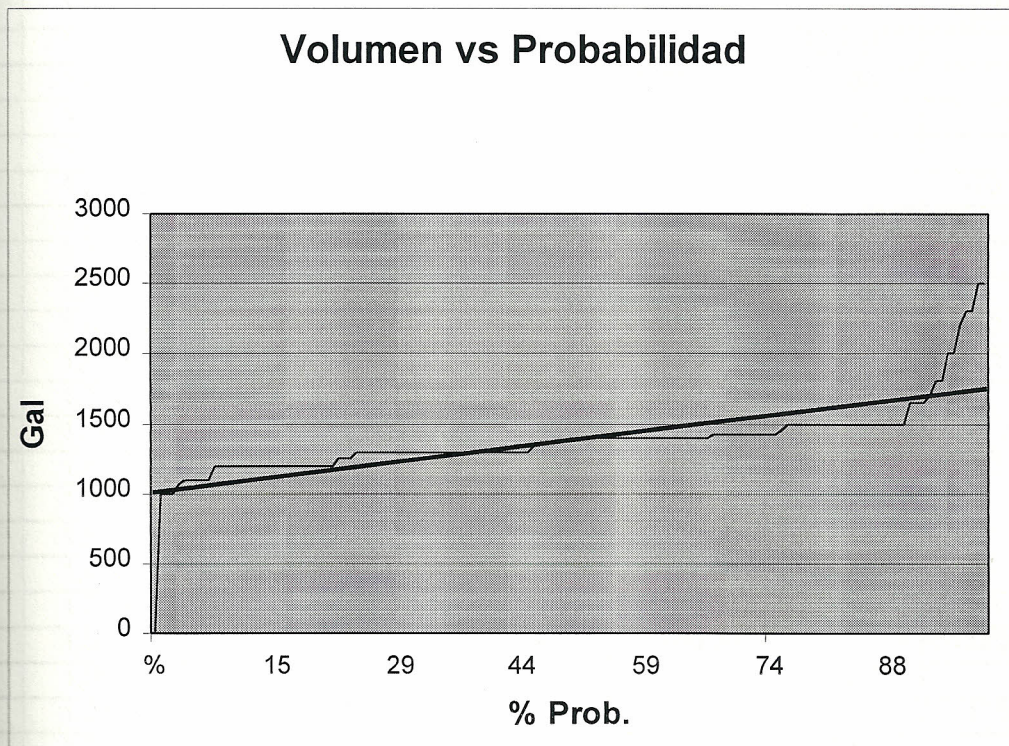
VOLUMEN DE AGUAS RESIDUALES

Semana 19	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Turno 1	1646	1500	1800	1400	1250
Turno 2	1417	1300	1417	1300	1400
Turno 3	1100	1300	1200	1200	1300
Semana 20	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Turno 1	1400	1100	1500	1500	1200
Turno 2	1450	1400	1400	1063	1380
Turno 3	1300	1000	1300	1360	1400
Semana 21	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Turno 1	1200	1200	1400	1500	1400
Turno 2	1417	1000	1500	1300	1400
Turno 3	1200	1500	1350	1500	1300
Semana 22	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Turno 1	1500	1350	1300	1417	1400
Turno 2	1380	1400	1300	1200	1200
Turno 3	1400	1500	1400	1300	2300

Semana 23	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Turno 1	1350	1500	1000	1250	1250
Turno 2	1300	1400	2000	1300	2200
Turno 3	1300	1300	1300	1700	1400
Semana 24	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Turno 1	1400	1500	1300	1200	1200
Turno 2	1400	1500	1300	1300	1417
Turno 3	1300	1500	1400	1500	1100
Semana 25	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Turno 1	1200	1417	1650	1400	1200
Turno 2	1400	1800	1300	1100	1300
Turno 3	1200	1200	1200	1650	1200
Semana 26	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Turno 1	1300	1500	1200	1500	1500
Turno 2	1300	1417	1417	1417	1200
Turno 3	1400	1300	1200	1300	1100
Semana 27	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Turno 1	1417	1500	2300	1400	1500
Turno 2	2000	1417	1500	1300	0
Turno 3	1300	1400	1200	1300	1500

APENDICE D

GRAFICO " CAUDAL VS PROBABILIDAD "



APENDICE E

CALCULO DE VOLUMEN DE TANQUE HOMOGENIZADOR

Turno	Gal	V- Vprom	V- Vprom	Turno	Gal	V- Vprom	V- Vprom
1	1,646.00	275.88		67	1,000.00		-370.12
2	1,417.00	46.88		68	2,000.00	629.88	
3	1,100.00		-270.12	69	1,300.00		-70.12
4	1,500.00	129.88		70	1,250.00		-120.12
5	1,300.00		-70.12	71	1,300.00		-70.12
6	1,300.00		-70.12	72	1,700.00	329.88	
7	1,800.00	429.88		73	1,250.00		-120.12
8	1,417.00	46.88		74	2,200.00	829.88	
9	1,200.00		-170.12	75	1,400.00	29.88	
10	1,400.00	29.88		76	1,400.00	29.88	
11	1,300.00		-70.12	77	1,400.00	29.88	
12	1,200.00		-170.12	78	1,300.00		-70.12
13	1,250.00		-120.12	79	1,500.00	129.88	
14	1,400.00	29.88		80	1,500.00	129.88	
15	1,300.00		-70.12	81	1,500.00	129.88	
16	1,400.00	29.88		82	1,300.00		-70.12
17	1,450.00	79.88		83	1,300.00		-70.12
18	1,300.00		-70.12	84	1,400.00	29.88	
19	1,100.00		-270.12	85	1,200.00		-170.12
20	1,400.00	29.88		86	1,300.00		-70.12
21	1,000.00		-370.12	87	1,500.00	129.88	
22	1,500.00	129.88		88	1,200.00		-170.12
23	1,400.00	29.88		89	1,417.00	46.88	
24	1,300.00		-70.12	90	1,100.00		-270.12
25	1,500.00	129.88		91	1,200.00		-170.12
26	1,063.00		-307.12	92	1,400.00	29.88	
27	1,360.00		-10.12	93	1,200.00		-170.12
28	1,200.00		-170.12	94	1,417.00	46.88	
29	1,380.00	9.88		95	1,800.00	429.88	
30	1,400.00	29.88		96	1,200.00		-170.12
31	1,200.00		-170.12	97	1,650.00	279.88	
32	1,417.00	46.88		98	1,300.00		-70.12
33	1,200.00		-170.12	99	1,200.00		-170.12
34	1,200.00		-170.12	100	1,400.00	29.88	
35	1,000.00		-370.12	101	1,100.00		-270.12
36	1,500.00	129.88		102	1,650.00	279.88	
37	1,400.00	29.88		103	1,200.00		-170.12
38	1,500.00	129.88		104	1,300.00		-70.12
39	1,350.00		-20.12	105	1,200.00		-170.12
40	1,500.00	129.88		106	1,300.00		-70.12

Turno	Gal	V- Vprom	V- Vprom	Turno	Gal	V- Vprom	V- Vprom
41	1,300.00		-70.12	107	1,300.00		-70.12
42	1,500.00	129.88		108	1,400.00	29.88	
43	1,400.00	29.88		109	1,500.00	129.88	
44	1,400.00	29.88		110	1,417.00	46.88	
45	1,300.00		-70.12	111	1,300.00		-70.12
46	1,500.00	129.88		112	1,200.00		-170.12
47	1,380.00	9.88		113	1,417.00	46.88	
48	1,400.00	29.88		114	1,200.00		-170.12
49	1,350.00		-20.12	115	1,500.00	129.88	
50	1,400.00	29.88		116	1,417.00	46.88	
51	1,500.00	129.88		117	1,300.00		-70.12
52	1,300.00		-70.12	118	1,500.00	129.88	
53	1,300.00		-70.12	119	1,200.00		-170.12
54	1,400.00	29.88		120	1,100.00		-270.12
55	1,417.00	46.88		121	1,417.00	46.88	
56	1,200.00		-170.12	122	2,000.00	629.88	
57	1,300.00		-70.12	123	1,300.00		-70.12
58	1,400.00	29.88		124	1,500.00	129.88	
59	1,200.00		-170.12	125	1,417.00	46.88	
60	2,300.00	929.88		126	1,400.00	29.88	
61	1,350.00		-20.12	127	2,300.00	929.88	
62	1,300.00		-70.12	128	1,500.00	129.88	
63	1,300.00		-70.12	129	1,200.00		-170.12
64	1,500.00	129.88		130	1,400.00	29.88	
65	1,400.00	29.88		131	1,300.00		-70.12
66	1,300.00		-70.12	132	1,300.00		-70.12
				133	1,500.00	129.88	
				134	0.00		-1,370.12
				135	1,500.00	129.88	

10,004.82 -10,004.82

V prom = 1,370.12

$\Sigma_{1-135} = 184966$ gal

APENDICE F

CALCULO DEL VOLUMEN DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE

AGUA TRATADA

Turno	Gal	V- Vprom	V- Vprom	Turno	Gal	V- Vprom	V- Vprom
1	726.00		-45.31	67	800	28.69	
2	800.00	28.69		68	800.00	28.69	
3	900.00	128.69		69	900.00	128.69	
4	900.00	128.69		70	726.00		-45.31
5	847.00	75.69		71	650.00		-121.31
6	800.00	28.69		72	800.00	28.69	
7	900.00	128.69		73	600.00		-171.31
8	600.00		-171.31	74	800.00	28.69	
9	800.00	28.69		75	800.00	28.69	
10	800.00	28.69		76	850.00	78.69	
11	800.00	28.69		77	700.00		-71.31
12	500.00		-271.31	78	700.00		-71.31
13	600.00		-171.31	79	800.00	28.69	
14	800.00	28.69		80	726.00		-45.31
15	800.00	28.69		81	750.00		-21.31
16	750.00		-21.31	82	726.00		-45.31
17	750.00		-21.31	83	800.00	28.69	
18	600.00		-171.31	84	700.00		-71.31
19	750.00		-21.31	85	800.00	28.69	
20	700.00		-71.31	86	800.00	28.69	
21	726.00		-45.31	87	700.00		-71.31
22	968.00	196.69		88	800.00	28.69	
23	750.00		-21.31	89	800.00	28.69	
24	700.00		-71.31	90	700.00		-71.31
25	750.00		-21.31	91	500.00		-271.31
26	968.00	196.69		92	968.00	196.69	
27	700.00		-71.31	93	800.00	28.69	
28	968.00	196.69		94	700.00		-71.31
29	726.00		-45.31	95	750.00		-21.31

Turno	Gal	V- Vprom	V- Vprom	Turno	Gal	V- Vprom	V- Vprom
30	726.00		-45.31	96	726.00		-45.31
31	968.00	196.69		97	726.00		-45.31
32	600.00		-171.31	98	780.00	8.69	
33	726.00		-45.31	99	968.00	196.69	
34	500.00		-271.31	100	800.00	28.69	
35	700.00		-71.31	101	750.00		-21.31
36	800.00	28.69		102	968.00	196.69	
37	600.00		-171.31	103	800.00	28.69	
38	600.00		-171.31	104	968.00	196.69	
39	800.00	28.69		105	800.00	28.69	
40	968.00	196.69		106	726.00		-45.31
41	500.00		-271.31	107	800.00	28.69	
42	600.00		-171.31	108	900.00	128.69	
43	700.00		-71.31	109	800.00	28.69	
44	800.00	28.69		110	800.00	28.69	
45	500.00		-271.31	111	900.00	128.69	
46	968.00	196.69		112	850.00	78.69	
47	800.00	28.69		113	800.00	28.69	
48	968.00	196.69		114	900.00	128.69	
49	728.00		-43.31	115	800.00	28.69	
50	726.00		-45.31	116	800.00	28.69	
51	968.00	196.69		117	760.00		-11.31
52	700.00		-71.31	118	750.00		-21.31
53	600.00		-171.31	119	800.00	28.69	
54	968.00	196.69		120	800.00	28.69	
55	800.00	28.69		121	850.00	78.69	
56	600.00		-171.31	122	800.00	28.69	
57	700.00		-71.31	123	726.00		-45.31
58	600.00		-171.31	124	726.00		-45.31
59	800.00	28.69		125	800.00	28.69	
60	726.00		-45.31	126	800	0.00	
61	968.00	196.69		127	726		-45.31
62	800.00	28.69		128	700		-71.31
63	726.00		-45.31	129	750		-21.31
64	968.00	196.69		130	850	78.69	
65	800.00	28.69		131	500		-271.31
66	900.00	128.69		132	850	78.69	
				133	750		-21.31
				134	800	28.69	
				135	800.00	28.69	

5,662.60

-
5,691.29

Vol prom almidón = 771.31 gal

APENDICE G

RIGIDIZADORES EN TANQUES DE AGUA RECTANGULARES

Altura H en pulg			
60-84	84-120	120-156	> 156
1	2	3	4

APENDICE H

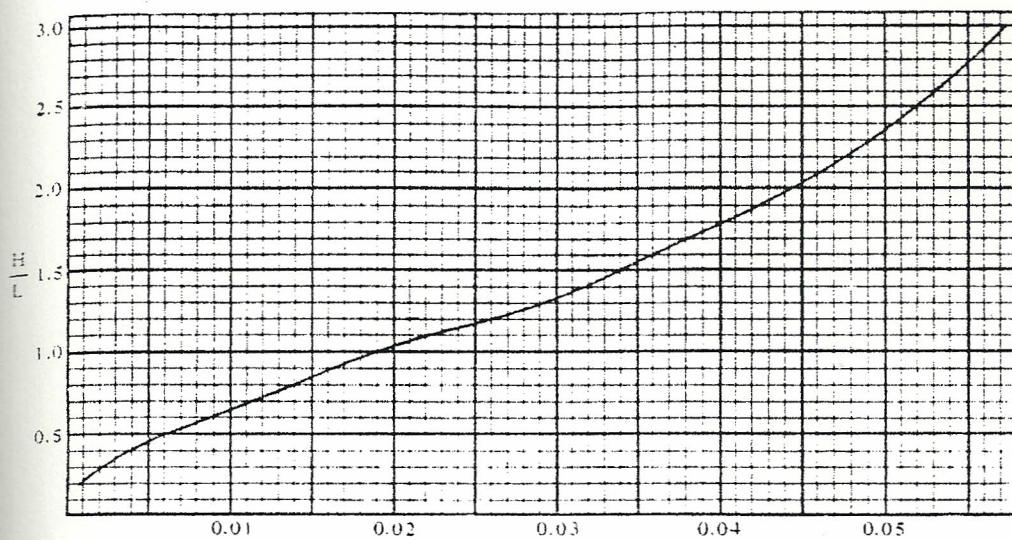
DISTANCIA ENTRE RIGIDIZADORES

PARA TANQUES DE AGUA

	H1	H2	H3	H4	H5
1	0.60 H	0.40 H			
2	0.45 H	0.30 H	0.25 H		
3	0.37 H	0.25 H	0.21 H	0.17 H	
4	0.31 H	0.21 H	0.18 H	0.16 H	0.14 H

APENDICE I

VALORES DE α PARA TANQUES RECTANGULARES



VALORES DE α
EN TANQUES RECTANGULARES

APENDICE J

SERIE DE MALLAS E.U.A (US) (REF.8)

# Malla	Tamaño Abertura (mm)	# Malla	Tamaño Abertura
200	0.074	20	0.84
140	0.105	18	1.00
100	0.149	16	1.19
70	0.210	12	1.68
50	0.297	8	2.38
40	0.42	6	3.36
30	0.59	4	4.76

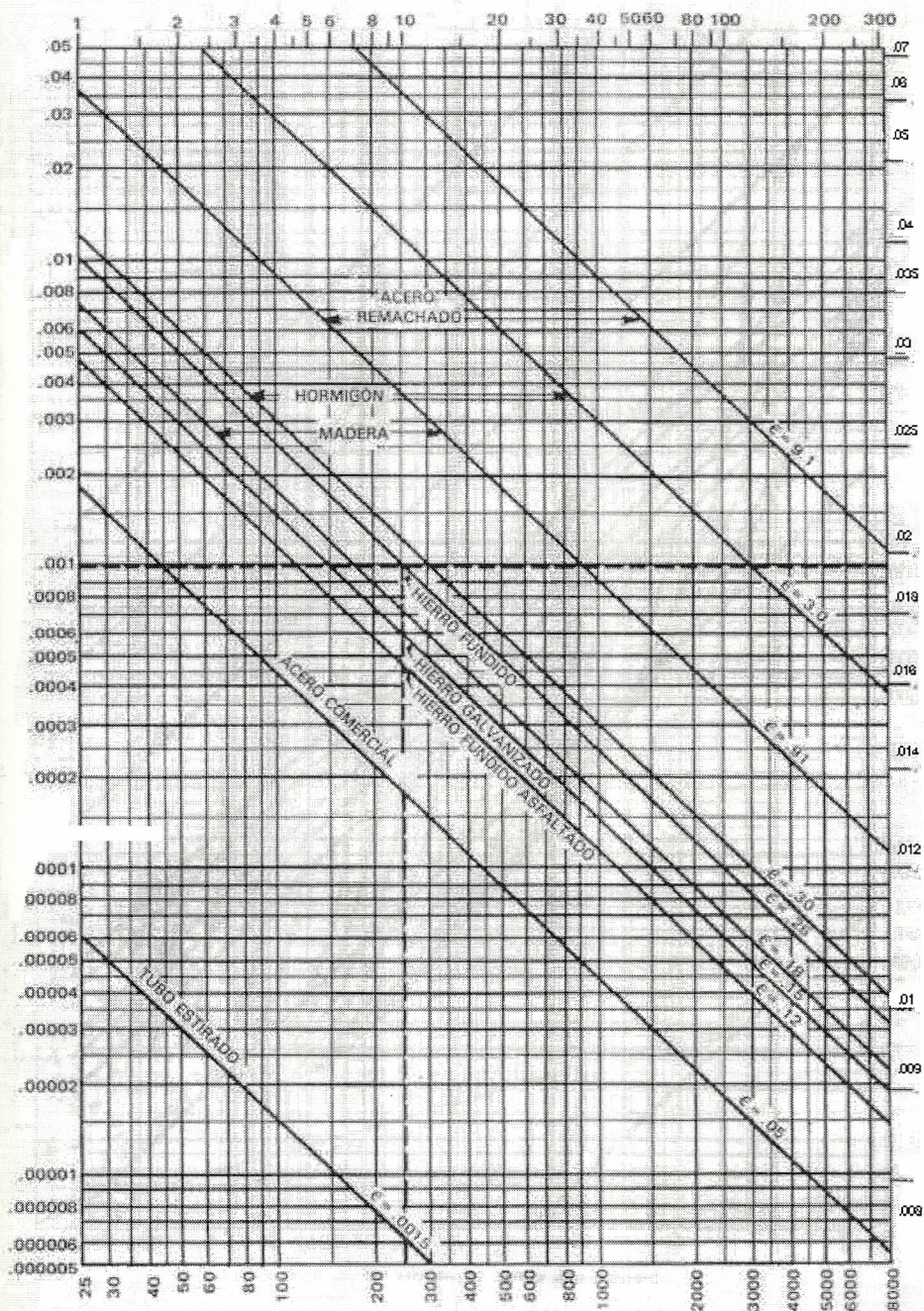
APENDICE K

TAMAÑO DEL GRANO DE ANTRACITA

# Antracita	Tamaño del grano
1	0.6 – 0.8 mm
2	3/32 “ – 3/16”
4	5/16” – 9/16”
6	13/16” – 1 5/8 “

APENDICE L

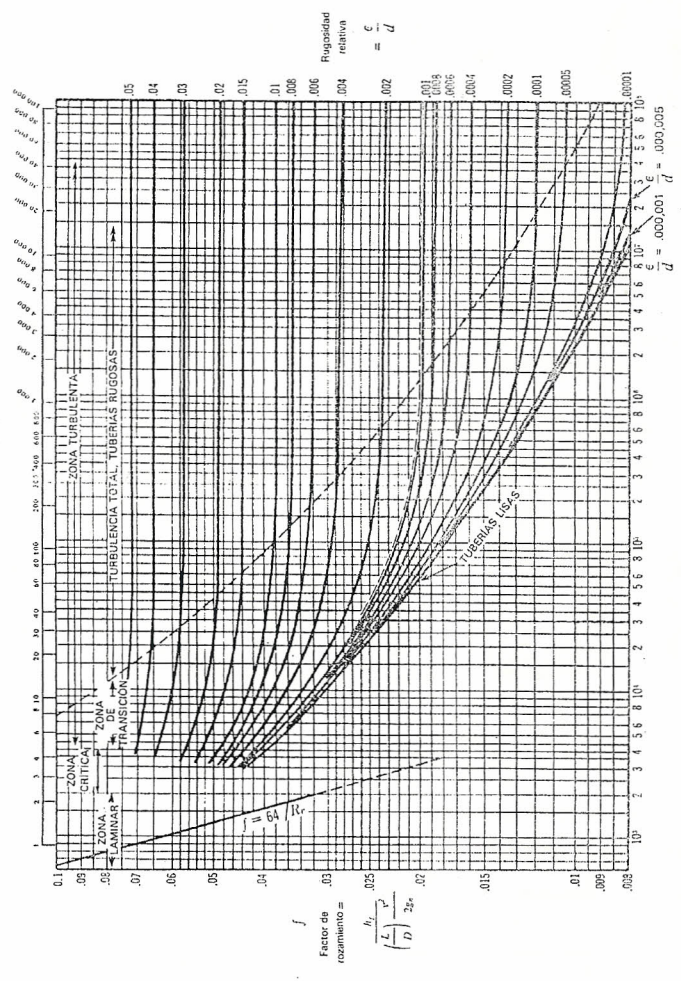
GRAFICO RUGOSIDAD VS DIAMETRO DE TUBERIA





APENDICE M

GRAFICO FACTOR DE ROZAMIENTO VS REYNOLDS





POLITECNICA DEL LITORAL
BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS"
F.I.M.C.P.

APENDICE N

PERDIDAS DE CARGA EN ACCESORIOS

VÁLVULAS DE MACHO Y LLAVES

Paso directo tres entradas

Vista X-X

Si: $\beta = 1$, $K_1 = 18 f_T$ Si: $\beta = 1$, $K_1 = 30 f_T$ Si: $\beta = 1$, $K_1 = 90 f_T$

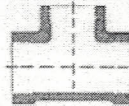
Si: $\beta < 1$ $K_1 = \text{Fórmula 6}$

CODOS ESTÁNDAR

90° 45°

$K = 30 f_T$ $K = 16 f_T$

CONEXIONES ESTÁNDAR EN "T"



Flujo directo $K = 20 f_T$
Flujo desviado a 90°... $K = 60 f_T$

CURVAS EN ESCUADRA O FALSA ESCUADRA

α	K
0°	$2 f_T$
15°	$4 f_T$
30°	$8 f_T$
45°	$15 f_T$
60°	$25 f_T$
75°	$40 f_T$
90°	$60 f_T$

CURVAS Y CODOS DE 90° CON BRIDAS O CON EXTREMOS PARA SOLDAR A TOPE

r/d	K	r/d	K
1	$20 f_T$	8	$24 f_T$
1.5	$14 f_T$	10	$30 f_T$
2	$12 f_T$	12	$34 f_T$
3	$12 f_T$	14	$38 f_T$
4	$14 f_T$	16	$42 f_T$
6	$17 f_T$	20	$50 f_T$

El coeficiente de resistencia K_B , para curvas que no sean de 90° puede determinarse con la fórmula:

$$K_B = (n - 1) \left(0.25 \pi \frac{r}{d} + 0.5 K \right) + K$$

n = número de curvas de 90°

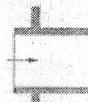
K = coeficiente de resistencia para una curva de 90° (según tabla)

CURVAS DE 180° DE RADIO CORTO

$K = 50 f_T$

ENTRADAS DE TUBERÍA

Con resalte hacia el interior



$K = 0.78$

A tope



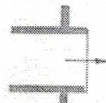
r/d	K
0.00*	0.5
0.02	0.28
0.04	0.24
0.06	0.18
0.10	0.09
0.15 y más	0.04

*de cantos vivos

Véanse los valores de K en la tabla

SALIDAS DE TUBERÍA

Con resalte De cantos vivos Redondeada



$K = 1.0$



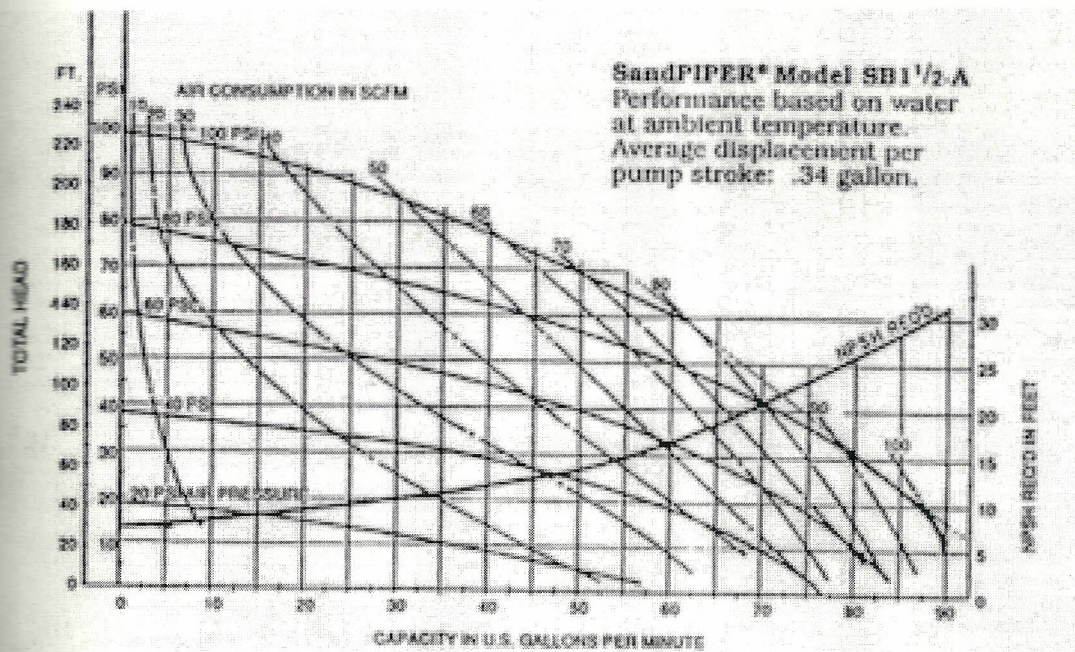
$K = 1.0$



$K = 1.0$

APENDICE O

DIAGRAMA DE BOMBA NEUMATICA SANDPIPER, 1 1/2 PULG



APENDICE P

TABLA DE BOMBA SUMERGIBLE GRAYMILLS

Pump Performance for Drum Pumps and TNC Series Pumps.																			
H553 1/2, TNC36 and TNC336 PUMPS							H554 1/2, TNC46 and TNC436 PUMPS												
GALLONS PER MINUTE							GALLONS PER MINUTE												
FOUNTAIN HEIGHT (feet)	at 30 Sec viscosity 1/2 or 1/4 HP		at 40 Sec viscosity 1/2 or 1/4 HP		at 50 Sec viscosity 1/2 or 1/4 HP		FOUNTAIN HEIGHT (feet)	at 30 Sec viscosity 1/2 or 1/4 HP		at 40 Sec viscosity 1/2 or 1/4 HP		at 50 Sec viscosity 1/2 or 1/4 HP		at 75 Sec viscosity 1/2 or 1/4 HP		at 90 Sec viscosity 1/2 or 1/4 HP req			
	Fl.	M.	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz		60 Hz	50 Hz	Fl.	M.	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz
4'	1.22	5.5	3.2	4.5	2.6	4.0	2.3	4'	1.22	16.0	10.4	17.0	9.9	16.0	9.3	14.0	8.1	9.5	5.5
6'	1.83	5.0	2.9	4.0	2.3	3.5	2.0	6'	1.83	13.0	7.5	12.5	7.3	11.5	6.7	10.0	5.8	7.5	4.4
8'	2.44	4.5	2.6	3.5	2.0	2.5	1.5	8'	2.44	11.0	6.4	10.5	6.1	10.0	5.8	8.5	4.9	6.5	3.6

Liters = Gallons x 3.78

APENDICE Q

TABLA DE BOMBAS CENTRIFUGAS TEEL

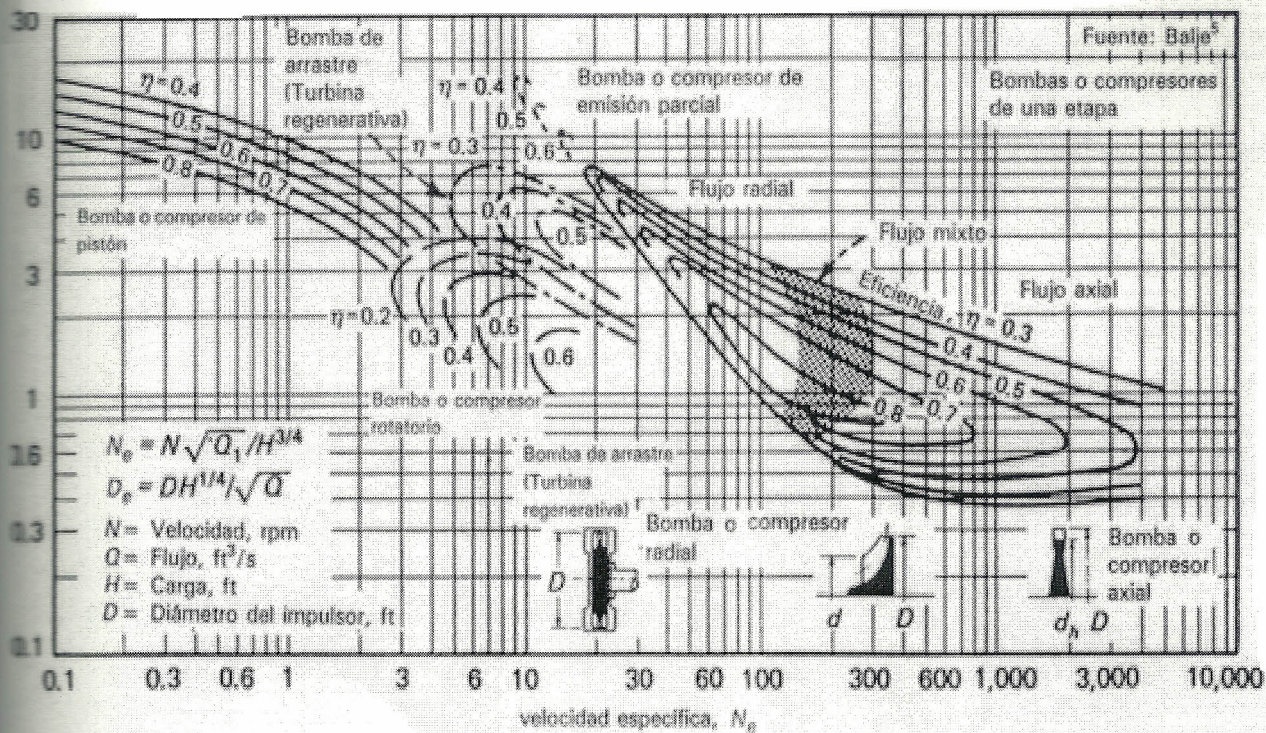
Specifications & Performance

MODEL	PORT SIZE NPT	MOTOR DATA					GPH @ TOTAL HEAD IN FEET						MAX* HEAD
		HP	VOLTAGE	PHASE	THERMAL PROTECTION	RPM	10'	20'	30'	40'	50'	60'	
1P852	1/4"	1/2	115/230V, 60Hz	1	Automatic	3450	4000	3600	3000	2200	1200	—	59 Ft.
1P853	1/4"	3/4	115/230V, 60Hz	1	Automatic	3450	4650	4300	3700	3000	2000	830	65
1P854	1/4"	1	115/230V, 60Hz	1	Automatic	3450	4900	4400	3800	3200	2450	1500	70
1P952	1/4"	3/4	230/460V, 60Hz#	3	None	3450	4650	4300	3700	3000	2000	830	65
1P953	1/4"	1	230/460V, 60Hz#	3	None	3450	4900	4400	3800	3200	2450	1500	70
3P577A	1"	1/3	115V, 60Hz	1	Automatic	3450	3000	2500	2000	1400	—	—	52

(#) Three phase motors are capable of operating on 50 Hz power, resulting in approx. 20% reduction in flow performance.

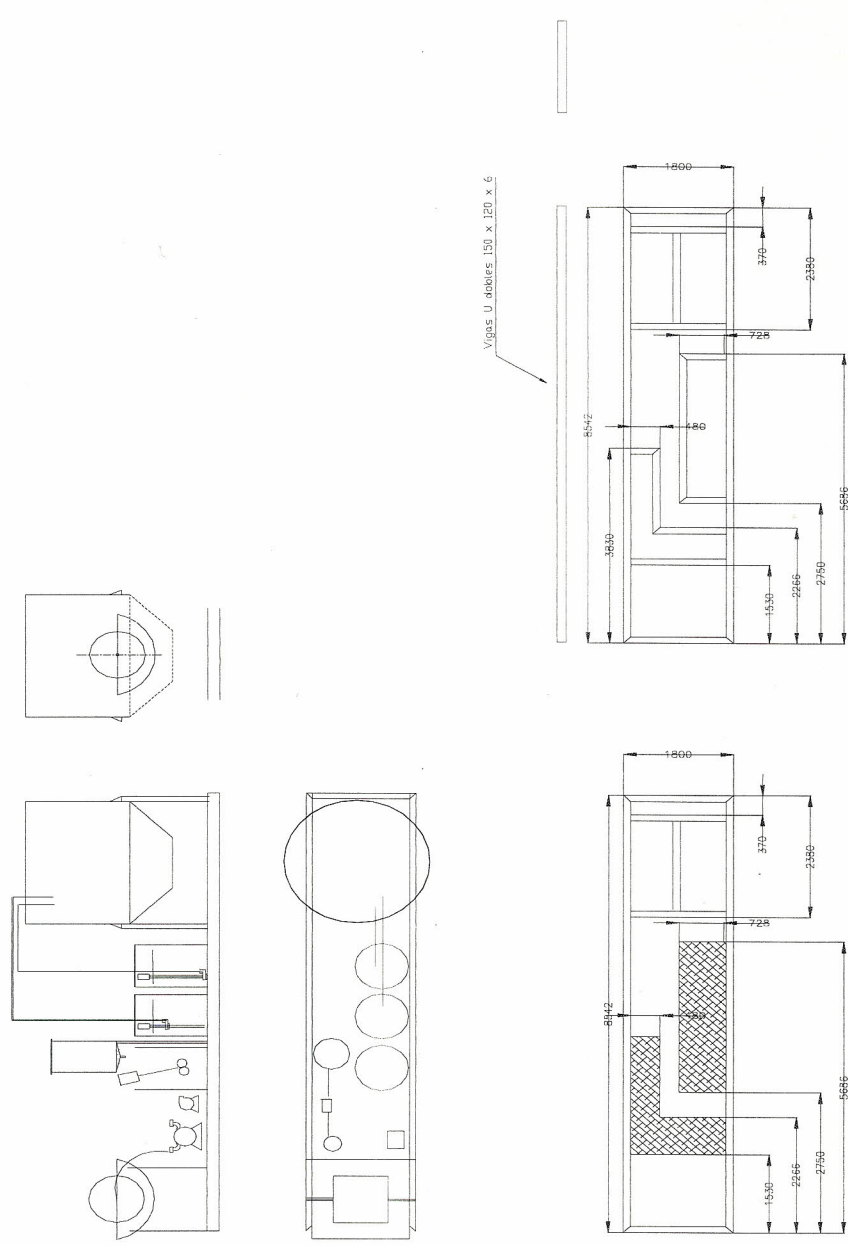
APENDICE R

VELOCIDAD ESPECIFICA VS DIAMETRO ESPECIFICO EN COMPRESORES CENTRIFUGOS



APENDICE S

ESTRUCTURA DE MONTAJE PARA LOS EQUIPOS DE LA PLANTA



APENDICE T

COSTO DE EQUIPOS COMPLEMENTARIOS

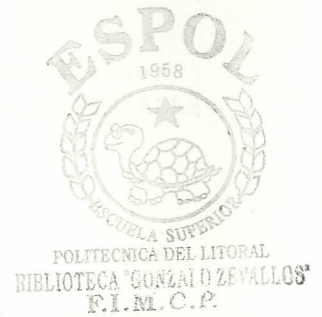
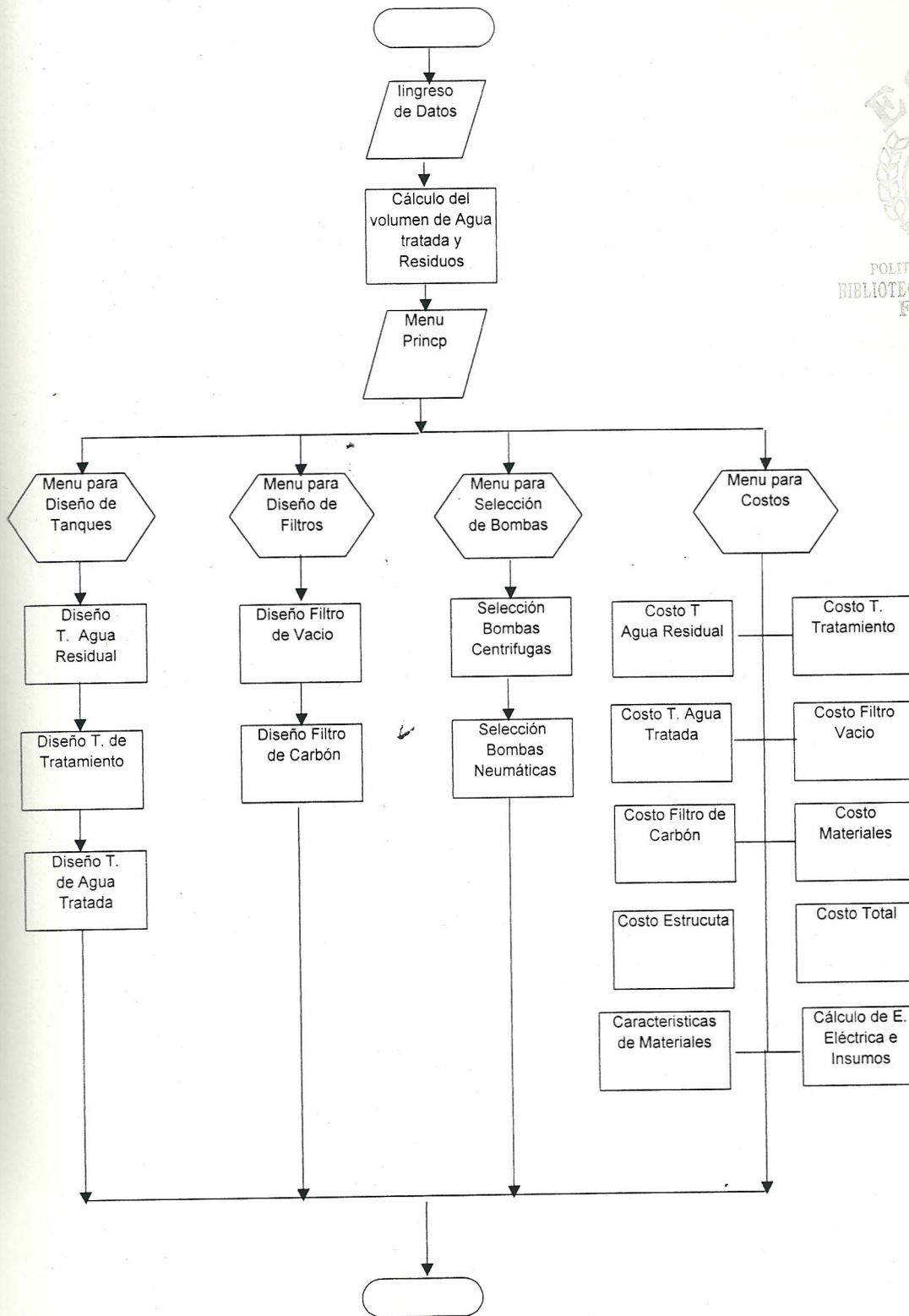
Item	Marca y Características	Ubicación	Cant	Precio Unitario (dólares)	Precio Parcial (dólares)
Bomba neumática de 1 ½"	Sand Piper, Model MI 1	Tanque de Tratamiento	1	822	822
Bomba centrífuga	Graymills, H 553 ½ TNC36	Tanque de Sulfato Ferroso	1	478.15	478.15
Bomba centrífuga	Graymills, H 553 ½ TNC36	Tanque de Tierra Diatomicea	1	575.91	575.91
Bomba centrífuga	TEEL. Model 3P577A	Bomba Separadora	3	575.91	1727.7
Motoreductor de 2 Hp		Tanq Trat, Residual, Agua Tratada	3		550
Motoreductor Agitador 1 Hp		Tanq de So4Fe, CaOH2, Tierra Diatomicea	3	450	1350
Bomba de vacío		Filtro al vacío	1	2250	2250
Amortiguador de impacto	ARO,	Tanq Trat	1	322	322

Junta giratoria de 2 "	Johnson,	Filtro al vacío	1	1150	1150
Manómetro 0- 25 in H20		Filtro al vacío	1	42.93	42.93
Switch de nivel		Tanq Tratat,Residual, Agua Tratada	3	606.32	1818.9
Motor de paso sincrónico	Warner Electric, Model M 111-FD-327. 4.1 V	Filtro al vacío	1	409.38	409.38
Medidor de Ph		Control de Potencial de Hidrógeno	1	241.78	241.78
Motoreductor 1 HP	Reliance Electric, 1750 r.p.m, ratio 1 :288	Filtro giratorio de vacío	3	320	960
Tela filtrante		Filtro giratorio de vacío	1	157.84	157.84
Cuchilla		Filtro giratorio de vacío	1	29.92	29.92
Total					12.866

Considerando S/. 14500 por dólar, el costo de los equipos complementarios es de
S/.186'557.000

APENDICE U

DIAGRAMA DE FLUJO
PROGRAMA EN QBASIC



APENDICE V

PROGRAMA EN QUICKBASIC PARA DISEÑO DE ELEMENTOS Y CALCULO DE COSTOS DE MATERIALES

```
LPRINT
"*****"
LPRINT "          PROGRAMA DE DISEÑO Y CALCULO DE COSTOS DE MATERIALES
"
LPRINT "          EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO
"
LPRINT
"*****"

DIM h(50, 50), R(50), i(50), w(50, 50), p(50), varil(50), ALFA(50)
DIM valvula(50), codo90(50), codo45(50), entradas(50), salidas(50)
DIM potencia(50), tiempo(50), Costo(50), aplicacion$(50)
DIM ncodos(50), rigresi(50), rigtrat(50), wrigresi(50)
DIM CARAC$(50), rigtrat1(50), wrigtrata(50), EQU$(50), valor(50)
DIM numero(50)

CLS
LPRINT
5 LPRINT
LPRINT "Escoga las opciones del menu : "
LPRINT
LPRINT "          1) Proceso Químico "
LPRINT "          2) Diseño de Tanques "
LPRINT "          3) Diseño de Filtros "
LPRINT "          4) Selección de Bombas "
LPRINT "          5) Costos "
LPRINT "          6) Salir del Programa "

ban = 0
INPUT menu1
LPRINT menu1
ON menu1 GOTO 10, 20, 30, 40, 60, 70
10
LPRINT
LPRINT " Ingrese el volumen de aguas residuales a tratar (gal)"
INPUT voll
LPRINT voll
LPRINT " Ingrese la densidad relativa del agua a tratar "
INPUT dr
LPRINT dr
masaagua = dr * 3.78 * voll

REM *** CALCULO DE MASA DE SO4FE Y CA (OH)2 *****
mso4fe = voll * 3.78 * dr * 3000 / 1000000
mcaoh2 = voll * 3.78 * dr * 3000 / 1000000
mtierra = voll * 3.78 * dr * 9000 / 1000000
mlbso4fe = mso4fe / .4536
mcaoh2 = mcaoh2 / .4536
maguatierra = mtierra / .4536 * 3.78 * dr
```

```

mcaoh2 = mcaoh2 / .4536
maguatierra = mtierra / .4536 * 3.78 * dr
CLS
LPRINT
LPRINT "*****"
LPRINT "*****  MASA DE QUIMICOS REQUERIDOS Y SUS CANTIDADES
*****"
LPRINT
LPRINT "*****"
LPRINT
LPRINT " Se requieren "; mlbso4fe; " de sulfato ferroso"
LPRINT " Se requieren "; mcaoh2; " cal hidratada"
LPRINT " Se requieren "; mtierra / .4536; " lbs de tierra diatomicea"
LPRINT " Se requieren "; mtierra / .4536; " gal de agua para la
tierra"
LPRINT " La masa de agua es "; maguatierra; "kg"

REM Considerando una lb de caoh2 por galϕn de agua ****

masacaoh2 = (mcaoh2 * 3.78 * dr * 1000 / (100 ^ 3) * 1000) / .4536
masacaoh2 = (mcaoh2 + masacaoh2) * .4536
REM = considerando esta masa como so4fe
masaso4fe = masacaoh2

REM LA MASA TOTAL QUE INGRESA AL TANQUE DE TRATAMIENTO ES

masatotal = masaagua + masacaoh2 + masaso4fe
LPRINT " La masa que ingresa al tanque de tratamiento es "; masatotal

REM CALCULO DE PRODUCTOS QUE SE OBTIENEN
LPRINT
LPRINT
FEOH2 = masaso4fe * 83.84 / 103.84
SO4CA = masacaoh2 * 136 / 152

LPRINT "*****"
LPRINT " MASA DE AGUA TRATADA Y COMPUESTOS OBTENIDOS "
LPRINT " *****"
LPRINT
LPRINT
LPRINT " Se obtienen "; FEOH2; "kg de FEOH2"
LPRINT " Se obtienen "; SO4CA; "kg de SO4Ca"
REM CALCULO DEL VOLUMEN DE AGUA TRATADA

masaresul1 = FEOH2 + SO4CA
masaresul2 = mtierra * 1.12 + maguatierra
masatotalfinal = masatotal - masaresul1 - masaresul2

Vfinal = masatotalfinal / 3.78 / dr
LPRINT " La masa de agua tratada es"; masatotalfinal; "KG"
LPRINT " El volumen final de agua tratada es"; Vfinal; "GAL"
residuos = masaresul1 + mtierra * 1.12
LPRINT " La masa de residuos es "; residuos; "kg"

IF autol = 1 THEN GOTO 20

GOTO 5
30 LPRINT " Diseϕo de Filtro de vacio ..... 1"
LPRINT " Diseϕo de Filtro de Carbϕn .....2"
LPRINT " Salir .....3"

```

```

CLS
ON B GOTO 6, 7, 5
CLS
6
CLS
LPRINT " *****"
LPRINT " ***** Diseño de Filtro de vacío *****"
LPRINT " *****"
LPRINT
LPRINT
comp4 = 1
LPRINT " Ingrese el valor de la tasa de filtración ( V/AQ ) para el
filtro (gal/hr/pie2)"
INPUT Vaq
LPRINT Vaq
LPRINT " Ingrese el tiempo de filtrado (hr)"
INPUT hr
LPRINT hr
areafilter = Vfinal / (Vaq * hr / 3)
LPRINT " El rea de filtrado es = "; areafilter; "pie2"; "(";
areafilter / 10.76; "m2)"
rxl = areafilter / 10.76 / (2 * 3.1415) * 2
largofilter = SQR(rxl): diamfilter = largofilter
LPRINT " El largo del filtro es ="; largofilter; "(mts)"
LPRINT " El di metro del filtro es="; diamfilter; "(mts)"
qfilter = Vaq * areafilter / 60 / 3
LPRINT " El volumen de agua que pasa por el filtro es "; qfilter;
"gal/min"

REM ***** Diseño de bandeja *****

largobande = diamfilter * 1.72
anchobandej = diamfilter * 1.36
areaban = 3.1415 * diamfilter / 2 * anchobandej
LPRINT " *****"
LPRINT "          INFORMACION DE LA BANDEJA "
LPRINT " *****"
LPRINT
LPRINT " De acuerdo a la fig 6.6 se tiene que :"
LPRINT " El largo de la bandeja es ="; largobande; "mts"
LPRINT " El ancho de la bandeja es ="; anchobandej; "mts"
LPRINT " El radio de contrucción es ="; diamfilter / 1.125; "mts"
altban = diamfilter / 1.5
prof = altban / 1.33
LPRINT " La altura total del tanque es ="; altban; "mts"
LPRINT " La altura max del agua en el tanque es ="; prof; "mts"
lartubo = diamfilter * 2.59
LPRINT " La long del tubo central de vacío es "; lartubo; " mts "
volumenbandej = (diamfilter / 1.25 * 2) ^ 2 * 3.1415 / 4 * anchobandej
/ 2 / 1.33
volumentrabajo = (volumenbandej / 1.3 / altban * (diamfilter / 2.13))
* 264.55
LPRINT " Volumen de trabajo max en la bandeja="; volumentrabajo; "gal"
LPRINT
LPRINT
LPRINT
LPRINT

```

```

LPRINT " ***** SELECCION DE LA TRASMISION *****"
LPRINT
LPRINT " *****"
LPRINT
LPRINT
LPRINT "Ingrese el espesor de plancha para el Filtro de Vacio( mm )"
INPUT esp
LPRINT esp
diaaint = diamfilter - (2 * esp / 1000)
volufiltro = ((diamfilter / 2) ^ 2 - (diaaint / 2) ^ 2) * 3.1415 *
largofilter
a = 2 * 3.1415 * diamfilter / 2 * largofilter
volufiltro = a * .007
pesofilter = 7850 * volufiltro
LPRINT " El peso del filtro es de "; pesofilter; "Kg"
LPRINT " La velocidad de giro es de 4 rev/min"
w = .41
Ia = 1 / 2 * pesofilter * ((diamfilter / 2) ^ 2 + (diaaint / 2) ^ 2)
LPRINT
LPRINT " Ingrese la masa aproximada del pignon motriz (lbs)"
INPUT mpinionmotriz
LPRINT mpinionmotriz
LPRINT
LPRINT " Ingrese el di metro externo del pignon (pulg) "
INPUT DIAEXT2
LPRINT DIAEXT2
Ib = 1 / 2 * mpinionmotriz * (DIAEXT2 / 2) ^ 2
Ft = Ia * w / (DIAEXT2 / 2)
FTRB = (Ia + Ib) * w
T2 = 1 / 2 * w ^ 2 * (Ia + Ib)
Ft2 = FTRB / DIAEXT2

M = T2 / .1
LPRINT
LPRINT " El momento es ="; M; "lb-pulg"
t = (I2 * w) - (Ft2 * w) / M
f = ABS(Ft / t)
LPRINT
LPRINT "La fuerza de la cadena es de ="; f; "Lbs"
torquel = f * DIAEXT2 / 2 * w / .4536 / .3048 * 12
LPRINT
LPRINT " El torque que se aplica para mover el sistema es "; torquel;
" lb - pulg"
potencia = torquel * w / 550 / 12
LPRINT
LPRINT " La potencia requerida es de ="; potencia; "HP"

IF autol = 1 THEN GOTO 7
GOTO 30

CLS
7 LPRINT " *****"
CLS
LPRINT " ***** DISEÑO DE FILTRO DE CARBON *****"
LPRINT " *****"
compo5 = 1

```

```

LPRINT "Ingrese el caudal de ingreso al filtro ( salida de bomba
separadora)"
INPUT qin
LPRINT qin
IF qin < 14.19 THEN d = 2
IF qin > 14.19 AND qin < 21 THEN d = 3
IF qin > 21 AND qin < 38 THEN d = 4
IF qin > 38 AND qin < 59 THEN d = 5
IF qin > 59 AND qin < 85 THEN d = 6
IF qin > 85 AND qin < 116 THEN d = 7
IF qin > 116 AND qin < 150 THEN d = 8
IF qin > 150 AND qin < 190 THEN d = 9
IF qin > 190 AND qin < 235 THEN d = 10
LPRINT " De acuerdo a filtros con taza de filtraci3n 3 gal/min pie2,
de "
LPRINT " y por sugerencia de Betz ( Tabla VI)"
LPRINT " el di metro del filtro es "; d; "pies"
LPRINT "Ingrese el tamao del grano de antracita. Ver apendice J(cm)
"
INPUT diagan
LPRINT diagan
LPRINT "Ingrese el cabezal de presi3n de p,rdida ( pies ), sugerido 8
pies"
INPUT head
LPRINT head
LPRINT " Se asume un indice de fuga para la antracita de B=0.001 "
B = .001
q = (3 * (diagan ^ 3) * head) / B
LPRINT " La altura de antracita en el filtro es de "; q; "pulg"
hfiltro = (q * 1.5) / 12 * .3048
LPRINT " La altura del filtro es "; hfiltro; "mts"
vfiltcarb = (d / .3048) ^ 2 * 3.1415 / 4 * (q * 25.4 / 1000)

IF autol = 1 THEN GOTO 110
GOTO 30

20 REM ***** Diseo de tanques *****

REM INPUT "Ingrese el valor de volumen m ximo de aguas residuales";
volmaxagua
voltanqtrat = voll
voltreatwater = voll * 3
volrecepagua = volmaxagua * 3
CLS
LPRINT "
*****"
LPRINT "          VOLUMEN SUGERIDO DE TANQUES DE TRATAMIENTO,"
LPRINT "          AGUA RESIDUAL Y AGUA TRATADA "
LPRINT " "
LPRINT
*****"

LPRINT
LPRINT "Ingrese el volumen del tanque de tratamiento (gal) "
INPUT voltanqtrat
LPRINT voltanqtrat
LPRINT "Ingrese el volumen sugerido de tanque de agua tratada (gal)"
INPUT voltreatwater
LPRINT voltreatwater
LPRINT "Ingrese el volumen sugerido de tanque receptor de agua
residual ( gal) "

```

```

h(4, 1) = h10: h(4, 2) = h11: h(4, 3) = h12: h(4, 4) = h13: h(4, 5) =
h14
END IF
END IF
END IF

banresi = ban

var = ltanrecp ^ 3 / 30000000

sum = 0: psum = 0
LPRINT

FOR i = 1 TO ban + 1
sum = sum + h(ban, i - 1)
IF i < ban + 1 THEN
w(ban, i) = .5 * .036 * dr * (h(ban, i) + sum) ^ 2
ELSE
END IF
LPRINT
REM lprint h(BAN, i - 1), h(BAN, i)
p(i) = .036 * dr * (psum + (h(ban, i) + psum)) / 2
psum = h(ban, i) + psum
IF i < ban + 1 THEN
R(i) = .7 * w(ban, i)
ELSE
END IF
i(i) = 1.25 * R(i) * var * (2.54 ^ 4)
IF i <= ban THEN
LPRINT " Para el nivel #"; i; "escoga perfiles con Inercia m;nima de
"; i(i); "cm4"
LPRINT " Ingrese la denominaci;n del perfil elegido"
INPUT CARAC$(i)
LPRINT CARAC$(i)
LPRINT "Ingrese el valor de peso/long ( kg/mts ) del perfil
seleccionado "
INPUT rigresi(i)
LPRINT rigresi(i)
wrigresi(i) = INT(((ltanrecp * 25.4 / 1000 * 2 + btanrecp * 25.4 /
1000 * 2) / 6) + 1) * 6 * rigresi(i)
END IF
NEXT i

LPRINT "
*****
"
LPRINT "          ALTURAS DESDE LA PARTE SUPERIOR DEL TANQUE,
INCREMENTOS"
LPRINT "          Y PRESIONES EN CADA ZONA DEL TANQUE DE AGUA RESIDUAL
"
LPRINT "
*****
"
LPRINT

LPRINT TAB(5); "Altura (pulg)"; TAB(35); "Incremento (pulg)"; TAB(55);
"Presi;n (lb/in2)"
sum = 0
FOR i = 1 TO ban + 1
sum = sum + h(ban, i)

```

```

INPUT volmaxagua
LPRINT volmaxagua

IF autol = 1 THEN GOTO 80
CLS
24 LPRINT "          Escoga su opción"
LPRINT
LPRINT "          1 ) Tanque de Aguas Residuales"
LPRINT "          2 ) Tanque de Tratamiento      "
LPRINT "          3 ) Tanque de Agua Tratada  "
LPRINT "          4 ) Calculo de Potencia de agitadores"
LPRINT "          5 ) Salir "
LPRINT
INPUT opcion2
LPRINT opcion2
ON opcion2 GOTO 80, 90, 100, 102, 5

REM ***** Dimensionamiento de los tanques *****
80
CLS
LPRINT
LPRINT "***** DISEÑO DE TANQUE DE AGUAS RESIDUALES *****"
LPRINT
LPRINT "*****"
compol = 1
tanqrepm3 = volmaxagua * 3.78 * 1000 / (100 ^ 3)
LPRINT " Ingrese el ancho del tanque ( MTS )"
INPUT btanqrecp
LPRINT btanqrecp
LPRINT "Ingrese la altura del tanque (mts ),sugerida 3.05 mts"
INPUT htrecp
LPRINT htrecp
ltanrecp = (tanqrepm3 / htrecp / btanqrecp) * 1000 / 25.4: htrecp =
htrecp * 1000 / 25.4
btanqrecp = btanqrecp * 1000 / 25.4

h1 = .6 * htrecp: h2 = htrecp * .4
h3 = .45 * htrecp: h4 = .3 * htrecp: h5 = htrecp * .25
h6 = htrecp * .37: h7 = htrecp * .25: h8 = htrecp * .21: h9 = htrecp *
.17
h10 = htrecp * .31: h11 = htrecp * .21: h12 = htrecp * .18: h13 =
htrecp * .16
h14 = htrecp * .14

IF (htrecp < 84 AND htrecp > 60) THEN
ban = 1
h(1, 1) = h1: h(1, 2) = h2
ELSE
IF (htrecp < 120 AND htrecp > 84) THEN
ban = 2
h(2, 1) = h3: h(2, 2) = h4: h(2, 3) = h5
ELSE
IF (htrecp < 156 AND htrecp > 120) THEN
ban = 3
h(3, 1) = h6: h(3, 2) = h7: h(3, 3) = h8: h(3, 4) = h9
ELSE
ban = 4

```

```

LPRINT TAB(5); sum; TAB(35); h(ban, i); TAB(55); p(i);
NEXT i

REM ***** calculo de espesor de plancha
*****
LPRINT
LPRINT " Ingrese el valor del módulo de resistencia S ( kg/cm2)"
INPUT S
LPRINT S
LPRINT " Ingrese el factor de seguridad"
INPUT SF1
LPRINT SF1
templ = 0

FOR i = 1 TO ban + 1
sf(i) = p(i) * SF1 / (S / .4536 * (2.54 ^ 2))
temp = h(ban, i) / ltanrecp
LPRINT "Ingresar el valor de @ segfn el Apendice H "
LPRINT " de acuerdo a H"; i; "/ L es ="; temp
INPUT ALFA
LPRINT ALFA
hl(i) = ALFA
varil(i) = ALFA * sf(i)
espl = 2.45 * ltanrecp * SQR(varil(i))
IF espl > templ THEN espfinal = espl
LPRINT
templ = espl: espesor(i) = templ
NEXT i

REM ***** espesor del piso *****
LPRINT " Sobre cuantas vigas se encuentra montado el tanque"
INPUT Nvigas
LPRINT Nvigas
piso = (ltanrecp / (Nvigas - 1)) / (1.254 * (SQR((S * 14.22) / (.0366
* dr * htrecp))))
areapiso = ltanrecp * 25.4 / 1000 * btanqrecp * 25.4 / 1000

LPRINT "
*****
LPRINT "          ESPESOR DE PLANCHA CALCULADO DE ACUERDO AL NIVEL "
LPRINT "
*****
LPRINT TAB(5); "Nivel (pulg)"; TAB(35); "Hn/L "; TAB(55); "Espesor
(pulg)"
FOR i = 1 TO ban + 1
LPRINT TAB(5); i; TAB(35); hl(i); TAB(55); espesor(i)
NEXT i
esptresid = espl + 1 / 6 * espfinal
IF espfinal < .25 THEN esptresid = .25
LPRINT " Resultados : "
LPRINT " El espesor de plancha escogido es "; esptresid; "pulg"
LPRINT " Incluye 1/6 por corrosión"
LPRINT " El espesor del piso es "; piso; "pulg"

IF autol = 1 THEN GOTO 90
LPRINT " Desea ingresar al calculo de costos para el tanque ( s/n)"
INPUT Costo$
LPRINT Costo$
IF Costo$ = "s" THEN GOTO 60

```

```

GOTO 24
90
CLS
LPRINT "*****"
LPRINT " ***** DISEÑO DEL TANQUE DE TRATAMIENTO *****"
LPRINT " *****"
compo2 = 1
LPRINT " Ingrese la altura del cilindro (mts)"
INPUT hcil
LPRINT hcil
LPRINT " Ingrese el di metro del tanque (mts)"
INPUT diatang
LPRINT diatang
ratanq = diatang / 2
vcil = 3.1415 * (ratanq ^ 2) * hcil
vilm3 = vcil * 264.55
LPRINT " El volumen del cilindro es "; vilm3; "gal3"
LPRINT " Ingrese el di metro inferior en el cono del tanque"
INPUT diacono
LPRINT diacono
rcono = diacono / 2
LPRINT "Ingrese la altura del cono"
INPUT hcono
LPRINT hcono
vcono = INT(3.1415 * hcono / 3 * (ratanq ^ 2 + ratanq * rcono + rcono
^ 2))
vconom3 = vcono * 264.55
vtotalcono = vilm3 + vconom3
p = 62.4 * (hcono + hcil) / .3048 / 144
LPRINT "La presiçn de trabajo es "; p; "lb/in2)"
espplancha = ABS(p * diatang / 25.4 / ((S / .4536 * 32.2 * 2.54 ^ 2) *
.8 - (.6 * p)))
espplancha = espplancha + 1 / 16 * espplancha
IF espplancha < .25 THEN espplancha = .25
LPRINT " El espesor de plancha sugerido es "; espplancha; "pulg"

REM ***** CALCULO DE LAS COLUMNAS *****
LPRINT " Ingrese el nmero de columnas para soporte del tanque "
INPUT NVIGAS
LPRINT NVIGAS
ACIL = 2 * 3.1415 * ratanq * hcil
ACONO = 3.1415 * (SQR((ratanq - rcil) ^ 2 + hcono ^ 2)) * (ratanq +
rcil)
LPRINT
LPRINT " El area del tanque es "; ACIL + ACONO; "mts2"

LPRINT "Ingrese el largo de la plancha"
INPUT largoplancha$
LPRINT largoplancha$
LPRINT " Ingrese el ancho de la plancha "
INPUT anchoplancha$
LPRINT anchoplancha$

largoplancha = VAL(largoplancha$): anchoplancha = VAL(anchoplancha$)

planchas$ = largoplancha$ + " x " + anchoplancha$

pesopla = 142 * (anchoplancha * largoplancha * (espplancha * 25.4) /
1000) / (anchoplancha * largoplancha * 7 / 1000)

```

```

LPRINT " Ingrese el factor de seguridad"
INPUT sf
LPRINT sf
planchas = INT((ACIL + ACONO) / (largoplancha * anchoplancha))
pesotanq = pesopla * planchas
pesoagua = vttotalcono * 3.78 * dr
pcolum = (pesoagua + pesotanq) / Nvigas
LPRINT " La carga por cada columna es ="; pcolum * 2 / .4536; "LBS"
area = pcolum * 2 / .4536 / 16000
LPRINT
LPRINT " Escoga un perfil con un rea m;nima de "; area; "pulg"
15 LPRINT " Ingrese el area del perfil (pulg)"
INPUT areal
LPRINT areal
LPRINT
LPRINT "Ingrese el momento de inercia (in4)"
INPUT inercia
LPRINT inercia
LPRINT
LPRINT " Ingrese la altura de la columna (pulg)"
INPUT alturacol
LPRINT alturacol
ry = SQR(inercia / areal)

IF ry > 200 THEN LPRINT " El perfil seleccionado no satisface la
condicion de esbeltez"
cv = SQR((2 * (3.1415^ 2) * 29000) / 34.1)

klry = alturacol / ry
num = (1 - ((klry ^ 2) / (2 * cv ^ 2))) * 34.1
denom = 5 / 3 + (3 / 8 * klry / cv) - (1 / 8 * klry ^ 3 / (cv ^ 3))
Fa = num / denom * 1000
LPRINT " El valor del esfuerzo permisible es ="; Fa; "LB/in2"
fareal = pcolum / .4536 * sf / areal
LPRINT
LPRINT " El valor del esfuerzo REAL es ="; fareal
LPRINT
LPRINT " El valor de fa/La es "; fareal / Fa
IF fareal / Fa > 1 THEN
LPRINT " El perfil no resistir la carga aplicada"
LPRINT
LPRINT "Desea continuar o salir"
INPUT a$
LPRINT a$
IF a$ = "s" THEN GOTO 15 ELSE GOTO 5
ELSE
LPRINT " El perfil seleccionado es el correcto"
LPRINT
LPRINT " Ingrese la descripcion del perfil escogido";
INPUT perfileleg$
LPRINT perfileleg$
LPRINT
LPRINT " Ingrese el peso/long de la columna escogida (Kg/mts)"
INPUT PESOCOLUM
LPRINT PESOCOLUM
areaperfil = areal
END IF

IF Costo$ = "s" THEN GOTO 60
CLS

```

```

LPRINT
*****
LPRINT "*"          INFORMACION SOBRE EL TANQUE DE TRATAMIENTO
*"
LPRINT
*****
LPRINT
LPRINT
LPRINT " Di metro sup"; diatanq; "mts"; "Altura cil ="; hcil; "mts "
LPRINT " Di metro inf"; diacono; ";"; "Altura cono="; hcono
LPRINT " Altura de columnas="; alturacol * 25 / 4 / 1000; "mts"
LPRINT " El peso de cada plancha es= "; pesopla
LPRINT " El número de planchas a usar es "; planchas
LPRINT " El volumen del cono es ="; vconom3; "gal"
LPRINT " El peso del tanque es "; pesotanq; "Kg"
LPRINT " El peso del agua contenida en el tanq de tratamiento es =";
pesoagua
LPRINT " El volumen total del tanque es de "; vttotalcono; "gal"

IF autol = 1 THEN GOTO 100
LPRINT
LPRINT
LPRINT " Desea ingresar al calculo de costos para el tanque ( s/n)"
INPUT Costo$
LPRINT Costo$

GOTO 24

100
CLS
LPRINT " *****"
LPRINT " ***** TANQUE DE AGUA TRATADA *****"
LPRINT " *****"
compo3 = 1
tanqagtra = voll * 3 * 3.78 * 1000 / (100 ^ 3):
LPRINT " Ingrese la altura del tanque , h sugerido = ( 3.05 MTS)"
INPUT htagtrat
LPRINT htagtrat
LPRINT " Ingrese el ancho del tanque , h sugerido =( 2.0 MTS )"
INPUT btagtrat
LPRINT btagtrat
ltanqagtrat = (tanqagtra / htagtrat / btagtrat) * 1000 / 25.4:
htagtrat = htagtrat * 1000 / 25.4
btagtrat = btagtrat * 1000 / 25.4
REM lprint htagtrat, ltanqagtrat, btagtrat

h1 = .6 * htagtrat: h2 = htagtrat * .4
h3 = .45 * htagtrat: h4 = .3 * htagtrat: h5 = htagtrat * .25
h6 = htagtrat * .37: h7 = htagtrat * .25: h8 = htagtrat * .21: h9 =
htagtrat * .17
h10 = htagtrat * .31: h11 = htagtrat * .21: h12 = htagtrat * .18: h13
= htagtrat * .16
h14 = htagtrat * .14

IF (htagtrat < 84 AND htagtrat > 60) THEN
ban = 1
h(1, 1) = h1: h(1, 2) = h2
ELSE
IF (htagtrat < 120 AND htagtrat > 84) THEN
ban = 2
h(2, 1) = h3: h(2, 2) = h4: h(2, 3) = h5

```

```

ELSE
IF (htagtrat < 156 AND htagtrat > 120) THEN
ban = 3
h(3, 1) = h6: h(3, 2) = h7: h(3, 3) = h8: h(3, 4) = h9
ELSE
ban = 4
h(4, 1) = h10: h(4, 2) = h11: h(4, 3) = h12: h(4, 4) = h13: h(4, 5) =
h14
END IF
END IF
END IF
bantrat = ban
var = ltanqagtrat ^ 3 / 30000000

sum = 0: psum = 0

FOR i = 1 TO ban + 1
sum = sum + h(ban, i - 1)
w(ban, i) = .5 * .036 * dr * (h(ban, i) + sum) ^ 2
LPRINT
REM lprint h(BAN, i - 1), h(BAN, i)

p(i) = .036 * dr * (psum + (h(ban, i) + psum)) / 2
psum = h(ban, i) + psum
IF i < ban + 1 THEN
R(i) = .7 * w(ban, i)
ELSE
END IF
i(i) = 1.25 * R(i) * var * (2.54 ^ 4)

IF i <= ban THEN
LPRINT " Elegir perfiles para el nivel"; i; "L o U con Inercia min ";
i(i); "cm4"
LPRINT " Ingrese la descripci3n del perfil elegido"
INPUT caracl$(i)
LPRINT caracl$(i)
LPRINT "Ingrese el valor de peso/long ( kg/mts ) del perfil
seleccionado "
INPUT rigtrat1(i)
LPRINT rigtrat1(i)
wrigtrata(i) = (ltanqagtrat * 25.4 / 1000 * 2 + btagtrat * 25.4 /
10000 * 2)
END IF
NEXT i
LPRINT "
*****
"
LPRINT "          ALTURAS DESDE LA PARTE SUPERIOR DEL TANQUE,
INCREMENTOS"
LPRINT "          Y PRESIONES EN CADA ZONA DEL TANQUE DE AGUA TRATADA
"
LPRINT "
*****
"
LPRINT
LPRINT TAB(5); "Altura (pulg)"; TAB(35); "Incremento (pulg)"; TAB(55);
"Presi3n (lb/in2)"
sum = 0
FOR i = 1 TO ban + 1
sum = sum + h(ban, i)
LPRINT TAB(5); sum; TAB(35); h(ban, i); TAB(55); p(i);

```

```
NEXT i
```

```
REM ***** calculo de espesor de plancha  
*****
```

```
LPRINT  
LPRINT " Ingrese el valor del módulo de resistencia S ( kg/cm2)"  
INPUT S  
LPRINT S  
LPRINT " Ingrese el factor de seguridad"  
INPUT SF1  
LPRINT SF1  
temp1 = 0  
FOR i = 1 TO ban + 1  
sf(i) = p(i) * SF1 / (S / .4536 * (2.54 ^ 2))  
REM lprint sf(i)  
temp = h(ban, i) / ltanqagtrat  
REM lprint h(BAN, i), ltanqagtrat
```

```
LPRINT " El valor de H"; i; "/ L es ="; temp  
LPRINT "Ingresar el valor de @ según el ap,ndice H"  
INPUT ALFA  
LPRINT ALFA  
hl2(i) = ALFA  
varil(i) = ALFA * sf(i)  
esp1 = 2.45 * ltanqagtrat * SQR(varil(i))  
IF esp1 > temp1 THEN espfinal = esp1  
LPRINT " Espesor de plancha"; i; "sugerido es ="; esp1  
LPRINT  
temp2 = esp1: espesor2(i) = temp2  
NEXT i
```

```
REM ***** espesor del piso *****  
LPRINT " Ingrese el número de vigas para soporte del tanque "  
INPUT NVIGAS  
LPRINT NVIGAS  
pisol = (ltanqagtrat / (NVIGAS - 1)) / (1.254 * (SQR((S * 14.22) /  
(.0366 * dr * htagtrat))))  
areapisol = ltanqagtrat * 25.4 / 1000 * btagtrat * 25.4 / 1000
```

```
LPRINT "  
*****"  
LPRINT "          ESPESOR DE PLANCHA CALCULADO DE ACUERDO AL NIVEL "  
LPRINT "  
*****"  
LPRINT TAB(5); "Nivel (pulg)"; TAB(35); "Hn/L "; TAB(55); "Espesor  
(pulg)"  
FOR i = 1 TO ban + 1  
LPRINT TAB(5); i; TAB(35); hl2(i); TAB(55); espesor2(i)  
NEXT i
```

```
LPRINT " El espesor de plancha escogido es "; espfinal + 1 / 6 *  
espfinal; "pulg"
```

```
LPRINT " Incluye 1/6 por corrosión"
```

```
LPRINT " El espesor del piso es "; pisol; "pulg"
```

```

INPUT " Ingrese el valor del cabezal est tico de succiçn (pies)"; sh
INPUT " Se trata de un cabezal positivo o negativo (pos/neg)"; B$
IF B$ = "neg" THEN sh = -sh
INPUT " Ingrese la long total de tuberia de succiçn (pies)";
longtubsucc
INPUT " Ingrese el nfmero de codos "; ncodos
INPUT " Cuantas v lvulas existen en la linea de succiçn"; nvalsuc

FOR i = 1 TO ncodos
INPUT " Ingrese la long equivalente le/d para el codo"; codosucc
ncodos(i) = codosucc
NEXT i
FOR i = 1 TO nVALVULAS
INPUT " Ingrese la long equivalente le/d para la v lvula"; valvulasucc
valvula(i) = valvulasucc
NEXT i

hfs = f * longtubsucc / diatub * vflujo ^ 2 / 2 / 32.14
hcodo = 0
FOR i = 1 TO ncodos
hcodo = f * ncodos(i) * vflujo ^ 2 / (2 * 32.14)
hcodo = hcodo + hcodo
NEXT i
hvalvula = 0
FOR i = 1 TO nVALVULAS
hvalvula = f * valvula(i) * vflujo ^ 2 / (2 * 32.14)
hvalvula = hvalvula + hvalvula
NEXT i
tsh = hfs - hcodo - hvalvula
LPRINT " El cabezal total de succiçn es "; tsh; "pies"
END IF

IF a = 2 THEN
LPRINT "Ingrese el valor de la presiçn de vapor (psi)"
INPUT pvapor
npsch = sh + 2.31 * (-.5) / dr
LPRINT " El valor de NPSH req es "; npsch; "pies"; " Comparar con carta
de la bomba"
LPRINT " Apendice N"
45 LPRINT " Esta de acuerdo si o no ( s/n)"
INPUT ert$
IF ert$ <> "s" AND ert$ <> "n" THEN GOTO 45
IF ert$ = "n" THEN GOTO 55
END IF

INPUT " Ingrese el valor de cabezal de descarga"; dh
INPUT " Ingrese el diametro de la tuberia de descarga"; diatub
diatub = diatub / 12
INPUT "Ingrese el valor de la longitud total de la tuberia"; longtub
hfs = f * (longtub / diatub) * (vflujo) ^ 2 / (2 * 32.14)

INPUT " Ingrese el nfmero de codos en linea de descarga "; ncodos
INPUT " Cuantas v lvulas existen en la linea de descarga"; nvaldisc
FOR i = 1 TO ncodos
INPUT " Ingrese la long equivalente le/d para el codo"; cododes
ncodos(i) = cododes
NEXT i
FOR i = 1 TO nvaldisc
INPUT " Ingrese la long equivalente le/d para la v lvula"; valvuladis
valvula(i) = valvuladis
NEXT i

```



POLITECNICA DEL LITORAL
 BIBLIOTECA
 R.I.

```

IF autol = 1 THEN GOTO 6

GOTO 24

102 REM ***** DETERMINACION DE POTENCIA PARA AGITADORES
*****
INPUT " Ingrese el ancho y largo de las paletas"; ancho, largo
INPUT " Ingrese el nmero de paletas"; npalet
INPUT " Ingrese las rev/min del batidor"; rpmbat
INPUT " Ingrese la distancia ( centro eje - centro paleta ) mts";
distce
vfluido = 2 * 3.1415 * distce * rpmbat / 60
vdif = (1 - .25) * vfluido / .3048
den = 1000: cd = 1.8
areatot = (npalet * ancho * largo) / (.3048 ^ 2)
LPRINT areatot, cd, vdif
hp = 1 / 2 * cd * (62.4 * dr / 32.2) * areatot * vdif ^ 3
LPRINT hp
hp = hp / 550
LPRINT " La potencia requerida es "; hp; "HP"
GOTO 60

REM ***** Selecci3n de Bombas *****
40 LPRINT " Digite la opci3n "

LPRINT " Bomba centrifuga = 1"
LPRINT " Bomba neum tica = 2"
LPRINT " Salir = 3"

INPUT a
IF a = 3 THEN GOTO 5
dr = 1.1
IF a <> 1 AND a <> 2 THEN GOTO 40

LPRINT " Ingrese el caudal q (gal/min)"
INPUT q
gpm = q
q = q * .0022
55 INPUT "Ingrese el di metro interno de la tuberia (pulg) "; diatub
diatub = diatub / 12
areatubo = 3.1415 * (diatub ^ 2) / 4
INPUT "Ingrese el valor de la vizcosidad cinem tica (pies2/seg)"; miu
reynolds = 4 * q / (3.1415 * miu * diatub)
vflujo = q / areatubo

IF miu > 2000 THEN
LPRINT " EL flujo es turbulento"
ELSE
LPRINT " El flujo es laminar"
END IF

LPRINT "El valor de reynols es "; reynolds
INPUT "Ingrese el valor de rugosidad relativa (Ap,ndice K)"; ed
INPUT "Digite el valor del factor f (ap,ndice L) , segfn Reynolds y
e/d"; f

REM ***** Perdidas en la tuberia *****
REM *****
REM ***** TUBERIA DE SUCCION *****
INPUT " Existe tuberia en la succi3n (s/n) "; c$
IF c$ = "s" THEN

```

```

hfs = f * longtub / diatub * vflujo ^ 2 / 2 / 32.14

LPRINT " Las perdidas por friccion en la tuberia son "; hfs; "pies"
hcodo = 0
FOR i = 1 TO ncodos
hcodo = f * ncodos(i) * vflujo ^ 2 / (2 * 32.14)
hcodo = hcodo + hcodo
NEXT i

hvalvula = 0
FOR i = 1 TO nVALVULAS
hvalvula = f * valvula(i) * vflujo ^ 2 / (2 * 32.14)
hvalvula = hvalvula + hvalvula
NEXT i

LPRINT " Las p,rdidas por fricciçn en valvulas es "; hvalvula
hsalida = vflujo ^ 2 / (2 * 32.14)
LPRINT "Las p,rdidas a la salida son "; hsalida
tdh = dh + hfs + hcodo + hvalvula + hsalida
LPRINT " El cabezal total de descarga es "; tdh; "pies"

REM ***** CALCULO DE POTENCIA *****
IF a = 1 THEN
htotal = tdh - tsh
LPRINT htotal, htotal, gpm, dr
pumppotencia = htotal * gpm * dr / 3960
INPUT "Ingrese la eficiencia de la bomba"; efic
LPRINT pumppotencia
pumppotencia = pumppotencia / efic
LPRINT " La potencia de la bomba es de "; pumppotencia
END IF
GOTO 40

60 REM ***** MENU DE CALCULO DE COSTOS *****
LPRINT
LPRINT " 1) Caracteristicas de Materiales para Tanques de Agua"
LPRINT " 2) COSTO DE TANQUE DE AGUA RESIDUAL"
LPRINT " 3) COSTO DE TANQUE DE TRATAMIENTO"
LPRINT " 4) COSTO DE TANQUE DE AGUA TRADADA"
LPRINT " 5) COSTO DE FILTRO DE VACIO "
LPRINT " 6) COSTO DE FILTRO DE CARBON "
LPRINT " 7) COSTO DE EQUIPOS COMPLEMENTARIOS"
LPRINT " 8) COSTO DE ESTRUCTURA"
LPRINT " 9) CONSUMO DE OPERACION (E. ELECTRICA Y QUIMICOS "
LPRINT " 10) COSTOS TOTALES "
LPRINT " 11) Regresar al menu # 1"

INPUT MENU2
LPRINT MENU2
ON MENU2 GOTO 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200, 5

110
CLS
LPRINT "
*****
LPRINT "***** Caracteristicas de Materiales para Tanques de Agua
*****"
LPRINT "
*****"
compro2 = 1

```

```

LPRINT
LPRINT " Ingrese el ancho comercial de la plancha de hierro negro"
LPRINT " Ingrese el ancho (mts) "
INPUT anchoplancha$
LPRINT anchoplancha$

LPRINT " Ingrese el largo (mts)"
INPUT largoplancha$
LPRINT largoplancha$

LPRINT " Ingrese el valor del hierro negro en S/ por Kg"
INPUT vall
LPRINT vall

anchoplancha = VAL(anchoplancha$): largoplancha = VAL(largoplancha$)
areaplancha = anchoplancha * largoplancha

LPRINT " Ingrese el ancho comercial de la plancha de ACERO INOXIDABLE"
LPRINT " Ingrese el ancho (mts) "
INPUT anchoplancha$
LPRINT anchoplancha$
LPRINT " Ingrese el largo (mts)"
INPUT largoplancha$
LPRINT largoplancha$

anchoplancha = VAL(anchoplancha$): largoplancha = VAL(largoplancha$)
LPRINT " Ingrese el valor de acero inoxidable en S/ por Kg"
INPUT val2
LPRINT val2
areaplancha = anchoplancha * largoplancha

IF autol = 1 THEN GOTO 120
GOTO 60
120
CLS
LPRINT "
*****
*****"
LPRINT " ***** C lculo costos para tanque de Agua de Agua
Residual *****"
LPRINT "
*****
*****"

IF compol = 1 AND compro2 = 1 THEN
REM lprint " Ingrese el ancho comercial de la plancha de hierro negro"
REM INPUT " Ingrese el ancho (mts) "; anchoplancha
REM INPUT " Ingrese el largo (mts)"; largoplancha
REM INPUT " Ingrese el valor del hierro negro en S/ por Kg"; vall
areaplancha = anchoplancha * largoplancha

LPRINT "Espesor empleado para las paredes (mm)"
INPUT esptresid
LPRINT esptresid

LPRINT "Espesor empleado para el piso (mm)"
INPUT esp piso
LPRINT esp piso

```

```

pesoplancha = 142 * (anchoplancha * largoplancha * esptresid / 1000) /
(anchoplancha * largoplancha * 7 / 1000)
areal = (htrecp * ltanrecp) * .000645
area2 = (htrecp * btanqrecp) * .000645
areatotal = 2 * (areal + area2)
nplanchasresid = INT((areatotal / areaplancha))
costoplanchasresid = pesoplancha * nplanchasresid * vall

sumarigresi = 0
LPRINT " Ingrese el valor de la mano de obra"
INPUT manobraresid
LPRINT manobraresid

pesoplanchapiso = 142 * (anchoplancha * largoplancha * espviso * 25.4
/ 1000) / (anchoplancha * largoplancha * 7 / 1000)
planchaspiso = INT(areapiso / (anchoplancha * largoplancha))
costoplanpisored = pesoplanchapiso * planchaspiso * vall
CLS
LPRINT "
*****"
LPRINT " ***** Detalles del tanque de Agua Residual
*****"
LPRINT "
*****"
LPRINT
LPRINT TAB(5); " Largo="; ltanrecp * 25.4 / 1000; "mts", TAB(30);
"Ancho="; btanqrecp * 25.4 / 1000; "mts"; TAB(55); "Altura="; htrecp *
25.4 / 1000; "mts"
LPRINT TAB(5); " Volumen="; tanqrepm3; "M3"
LPRINT TAB(5); " Espesor de plancha =" ; esptresid
LPRINT TAB(5); " # planchas a usar="; nplanchasresid
LPRINT TAB(5); " El número de planchas para el piso es="; planchaspiso
LPRINT TAB(5); " El peso de cada plancha es="; pesoplancha; "Kg"
LPRINT
LPRINT TAB(5); " El costo de las planchas para las paredes es=";
costoplanchasresid; "Suces"
LPRINT TAB(5); " El costo del material para el piso es=";
costoplanpisored
LPRINT
LPRINT
LPRINT
LPRINT TAB(5); "DETALLES DE LOS PERFILES PARA RIGIDIZAR LAS PAREDES
DEL TANQUE"
LPRINT
LPRINT TAB(5); "NIVEL", TAB(15); "LONG (mts)", TAB(30); "TIPO",
TAB(45); " PESO (Kg)", TAB(65); " PRECIO (Suces)"

sumarigresi = 0
FOR i = 1 TO banresi
largorig = INT(((2 * ltanrecp * 25.4 / 1000 + 2 * btanqrecp * 25.4 /
1000) / 6) + 1) * 6
sumarigresi = sumarigresi + largorig * rigresi(i)
LPRINT TAB(5); i, TAB(15); largorig, TAB(30); CARAC$(i), TAB(45);
largorig * rigresi(i), TAB(65); largorig * rigresi(i) * vall

NEXT i
costrig = vall * sumarigresi
LPRINT TAB(5); "Costo de los rigidizadores es=" ; costrig; "Suces"
LPRINT TAB(5); "Costo de la mano de obra es="; manobraresid; "Suces"

```

```

LPRINT
LPRINT
costototalresidual = costoplanchasresid + costrig + manoobraresid +
costoplanpisored
LPRINT TAB(5); " El costo de total del tanque es =";
costototalresidual; "Suces"
LPRINT
IF autol = 1 THEN GOTO 130
ELSE
IF compol = 0 THEN LPRINT " Debe diseñar el tanque antes de cotizarlo
"
IF compro2 = 0 THEN
LPRINT " Ingresar características de planchas "
GOTO 60
END IF
INPUT e
LPRINT " Presione enter "
GOTO 24
END IF
GOTO 60

140
CLS
LPRINT "
*****"
LPRINT " ***** C lculo costos para tanque de Agua Tratada
*****"
LPRINT "
*****"

IF compo3 = 1 THEN

REM lprint " Ingrese el ancho comercial de la plancha de hierro negro"
REM INPUT " Ingrese el ancho (mts) "; anchoplancha
REM INPUT " Ingrese el largo (mts)"; largoplancha
REM INPUT " Ingrese el valor del hierro negro en S/ por Kg"; vall
areaplancha = anchoplancha * largoplancha

LPRINT "Espesor sugerido(mm) "
INPUT esplancha
LPRINT esplancha

pesoplancha = 142 * (anchoplancha * largoplancha * esplancha / 1000) /
(anchoplancha * largoplancha * 7 / 1000)
LPRINT "El peso de cada plancha es ="; pesoplancha; "Kg"
areal = (htagtrat * ltagtrat) * .000645
LPRINT " El rea de la cara 1 es ="; areal
area2 = (htagtrat * btagtrat) * .000645
LPRINT "El rea de la cara 2 es ="; area2
areatotal = 2 * (areal + area2)
nplanchastrat = INT(areatotal / areaplancha)
LPRINT "El número de planchas a usar es ="; nplanchastrat
costoplanchasagtrat = pesoplancha * nplanchastrat * vall

LPRINT " El costo de estas planchas es ="; costoplanchasagtrat;
"Suces"

LPRINT " Ingrese el valor de la mano de obra"
INPUT manoobratrat
LPRINT manoobratrat

```

```
pesoplanchapisol = 142 * (anchoplancha * largoplancha * pisol * 25.4 /
1000) / (anchoplancha * largoplancha * 7 / 1000)
planchaspisol = INT(areapisol / (anchoplancha * largoplancha))
costoplanpisoredl = pesoplanchapisol * planchaspisol * vall
```

```
LPRINT " *****"
LPRINT " ***** Detalles del Tanque de Agua Tratada *****"
LPRINT " *****"
LPRINT
REM lprint htagtrat, ltanqagtrat, btagtrat
```

```
LPRINT TAB(5); "Largo="; ltanqagtrat * 25.4 / 1000; "mts", TAB(30);
"Ancho="; btagtrat * 25.4 / 1000; "mts"; TAB(55); "Altura="; htagtrat
* 25.4 / 1000; "mts"
```

```
LPRINT TAB(5); "Volumen="; tanqagtra; "M3"
LPRINT TAB(5); "Espesor de plancha ="; espfinal + 1 / 6 * espfinal
LPRINT TAB(5); "# planchas a usar="; nplanchasttrat
LPRINT TAB(5); "El costo de estas planchas es ="; costoplanchasttrat;
"Suces"
```

```
LPRINT TAB(5); "El numero de planchas para el piso es="; planchaspisol
LPRINT TAB(5); " El costo del material para el piso es =";
costoplanpisoredl
```

```
LPRINT
LPRINT
LPRINT
CLS
```

```
LPRINT TAB(5); "DETALLES DE LOS PERFILES PARA RIGIDIZAR LAS PAREDES
DEL TANQUE"
```

```
LPRINT
LPRINT TAB(5); "NIVEL", TAB(15); "LONG (mts)", TAB(30); "TIPO",
TAB(45); " PESO (Kg)", TAB(65); " PRECIO (Suces)"
```

```
sumarigtrat = 0
FOR i = 1 TO bantrat
largorigtra = (INT((2 * ltanqagtrat * 25.4 / 1000 + btagtrat * 2 *
25.4 / 1000) / 6) + 1) * 6
sumarigtrat = sumarigtrat + rigtrat1(i) * largorigtra
```

```
LPRINT TAB(5); i, TAB(15); largorigtra, TAB(30); caracl$(i), TAB(45);
rigtrat1(i) * largorigtra, TAB(65); rigtrat1(i) * largorigtra * vall
```

```
NEXT i
costrigl = vall * sumarigtrat
```

```
LPRINT TAB(5); "Costo de los rigidizadores es = "; costrigl; "Suces"
LPRINT TAB(5); "Costo de la mano de obra es ="; manobrtrat; "Suces"
LPRINT
LPRINT
```

```
costoaguatratada = costoplanchasttrat + costrigl + manobrtrat +
costoplanpisoredl
LPRINT TAB(5); " El costo de total del tanque es ="; costoaguatratada;
"Suces"
IF autol = 1 THEN GOTO 150
```

```
ELSE
```

```
LPRINT " Debe diseñar el tanque antes de cotizarlo"
```

```
GOTO 24
END IF
GOTO 60
```

```
130
CLS
```

```
LPRINT "
*****"
LPRINT " ***** Calculo de Costos para Tanque de Tratamiento
*****"
LPRINT "
*****"
```

```
IF compo2 = 1 AND compro2 = 1 THEN
LPRINT " Ingrese el Costo de mano de Obra (sucres)"
INPUT obratanqtrat
LPRINT obratanqtrat
```

```
REM INPUT " Ingrese el valor del hierro negro en S/ por Kg"; vall
areaplancha = anchoplancha * largoplancha
pesoplancha = 142 * (anchoplancha * largoplancha * espplancha / 1000)
/ (anchoplancha * largoplancha * 7 / 1000)
areatotal = ACIL + ACONO
costoplanchasttrat = pesotanq * vall
costocolumnas = vall * PESOCOLUM * INT(alturacol * NVIGAS / 6)
IF espplancha < .25 THEN espplancha = .25
nplanchasttrat = areatotal / areaplancha
```

```
CLS
```

```
LPRINT TAB(5); " ***** Detalles del Tanque de Tratamiento de
Agua*****"
LPRINT
LPRINT
LPRINT TAB(5); "USO", TAB(20); "MATERIAL", TAB(50); "CANT", TAB(65);
"COSTO"
LPRINT TAB(5); "Tanque", TAB(20); planchas$, , TAB(50);
INT(nplanchasttrat) + 1, TAB(65); costoplanchasttrat
LPRINT TAB(5); "Columnas", TAB(20); perfileleg$, TAB(50); NVIGAS,
TAB(65); costocolumnas
LPRINT TAB(5); "Mano de Obra"; TAB(65); obratanqtrat
LPRINT
costotanqtrata = costoplanchasttrat + costocolumnas + obratanqtrat
LPRINT TAB(40); "Costo del tanque ="; TAB(60); costotanqtrata;
"Sucres"
LPRINT
LPRINT TAB(5); "Di metro max="; diatanq; "mts", TAB(30); "Altura cil
="; hcil; "mts"
LPRINT TAB(5); "Di metro min="; rcono * 2; "mts"
LPRINT TAB(5); "Volumen total ="; vttotalcono; "mts3"
IF autol = 1 THEN GOTO 140
ELSE
LPRINT " Debe diseñar el tanque , antes de cotizarlo "
IF compro2 = 0 THEN
LPRINT " Ingrese características de las planchas"
GOTO 110
END IF
INPUT y
LPRINT " presione enter "
GOTO 24
END IF
```

```

INPUT f
GOTO 60

150
CLS
LPRINT "
*****"
LPRINT " ***** C lculo de costos para Filtro de vacio
*****"
LPRINT "
*****"

IF compo4 = 1 THEN
REM lprint " Ingrese el ancho comercial de la plancha de ACERO
INOXIDABLE"
REM INPUT " Ingrese el ancho (mts) "; anchoplancha$
REM INPUT " Ingrese el largo (mts)"; largoplancha$
anchoplancha = VAL(anchoplancha$): largoplancha = VAL(largoplancha$)

REM INPUT " Ingrese el valor de acero inoxidable en S/ por Kg"; vall
areaplancha = anchoplancha * largoplancha
LPRINT "Ingrese el espesor para contruccion de filtro, sugerido ( 7
mm)"
INPUT esplancha$
LPRINT esplancha$

esplancha = VAL(esplancha$)

filtervacuum$ = anchoplancha$ + " x " + largoplancha$ + " x " +
esplancha$

REM INPUT " Ingrese el valor del hierro negro S/ por Kg"; valh.n
REM INPUT " Ingrese el ancho (mts) "; anchoplancha$
REM INPUT " Ingrese el largo (mts)"; largoplancha$
anchoplancha = VAL(anchoplancha$): largoplancha = VAL(largoplancha$)
areaplancha = anchoplancha * largoplancha
LPRINT "Espesor sugerido para contruccion de bandeja (6 mm)"
INPUT espbandej
LPRINT espbandej

LPRINT " Ingrese el costo de la mano de obra para el filtro de vacio "
INPUT costofiltrovacio
LPRINT costofiltrovacio

bandeja$ = anchoplancha$ + " x " + largoplancha$ + " x " + espbandej$
pesoplancha = 142 * (areaplancha * esplancha / 1000) / (1.2 * 2.4 * 7
/ 1000)
numplanfilvacumm = INT((areafilter / 10.76 / areaplancha + (3.1415 *
(diamfilter / 2) ^ 2 * 2)) / areaplancha) + 1
LPRINT " Numero de planchas requerido para construccion de filtro =";
numplanfilvacumm
costoplanchvacumm = pesoplancha * numplanfilvacumm * val2
LPRINT " El costo de acero inoxidable para el filtro es =";
costoplanchvacumm

pesoplanh.n = 142 * (anchoplancha * largoplancha * espbandej / 1000) /
(1.2 * 2.4 * 7 / 1000)
numplanban = areaban / (areaplancha)
LPRINT " Numero de planchas requerido para construccion de la bandeja
es ="; numplanban
costoban = pesoplanh.n * numplanban * valh.n

```

```

LPRINT " El costo de materiales para la bandeja es ="; costoban
CLS
LPRINT TAB(10); " ***** DATOS DEL FILTRO DE VACIO Y BANDEJA
*****"
LPRINT
LPRINT TAB(10); "DETALLE"; TAB(25); "Planchas"; TAB(40); "CANT";
TAB(60); "COSTO"
LPRINT TAB(10); "Filtro vacio"; TAB(25); filtervacuum$; TAB(40);
numplanfilvacumm; TAB(60); costoplanchvacumm
LPRINT TAB(10); "Bandeja"; TAB(25); bandeja$; TAB(40); numplanban;
TAB(60); costoban
LPRINT TAB(10); "Mano de obra"; TAB(60); costofiltrovacio
LPRINT
costototalfiltrovacio = costoplanchvacumm + costoban +
costofiltrovacio
LPRINT TAB(25); "Costo de Materiales="; costototalfiltrovacio; "
Suces"
LPRINT
LPRINT TAB(10); " Informaci3n t,cnica"
LPRINT
LPRINT TAB(10); "V/Aq="; Vaq; TAB(20); "Area filt="; areafilter;
"pies2"; TAB(50); "Dia="; largofilter; "mts"
LPRINT TAB(10); " q filtrado ="; qfilter; "gal/min"; TAB(50); "Largo
del tubo"; lartubo
LPRINT
LPRINT TAB(10); "Largo de bandeja ="; largobande; "mts", TAB(50);
"Ancho de bandeja="; anchobandej; "mts"
LPRINT TAB(10); "H m x de trabajo ="; prof; "mts"; "(";
volumentrabajo; "gal"; ")"
INPUT B
IF autol = 1 THEN GOTO 160
ELSE
LPRINT " Debe dise1nar el filtro antes de cotizarlo "
INPUT e
LPRINT " Presione enter "
GOTO 30
END IF
GOTO 60

160
CLS
LPRINT "
*****"
LPRINT " ***** C lculo de costos para Filtro de Carb3n
*****"
LPRINT "
*****"
IF compo5 = 1 THEN
FILTERCAR = hfiltro * d * .3048 * 3.1415 + (3.1415 * (d * .3048 / 2) ^
2) * 2
LPRINT " Ingrese el valor del hierro negro S/ por Kg"
INPUT valh.n
LPRINT valh.n

LPRINT " Ingrese el ancho (mts) "
INPUT anchoplancha$
LPRINT anchoplancha$

LPRINT " Ingrese el largo (mts)"
INPUT largoplancha$
LPRINT largoplancha$

```

```

REM ***** PESOS DE LA VIGAS *****

WESTRUANCH = wl * ESTRUANCHO * 2
wlarganch = wl * 2 * larganch

REM VIGAS VERTICALES
WVIGAVER1 = VIGAVER1 * wl
WVIGAVER2 = VIGAVER2 * wl
WVIGAVER3 = VIGAVER3 * wl
WVIGAVER4 = VIGAVER4 * wl

REM VIGASHORIZ
WIGAHORIZ1 = VIGAHORIZ1 * wl
WIGAHORIZ2 = VIGAHORIZ2 * wl
WIGAHORIZ3 = VIGAHORIZ3 * wl
totalestr = 2 * ESTRUANCHO + 2 * larganch + VIGAVER1 + VIGAVER2 +
VIGAVER3 + VIGAVER4 + VIGAHORIZ1 + VIGAHORIZ2 + VIGAHORIZ3
wtotalestr = WESTRUANCH + wlarganch + WVIGAVER1 + WVIGAVER2 +
WVIGAVER3 + WVIGAVER4 + WIGAHORIZ1 + WIGAHORIZ2 + WIGAHORIZ3

costoestruc = wtotalestr * vall

LPRINT " De acuerdo al modelo de estructura sugerida ( ap,ndice R ),
se tiene : "
LPRINT " Se necesitan"; 2 * totalestr; "mts del perfil elegido para
contruir la estructura"
LPRINT " Se requieren "; INT((2 * totalestr) / 6) + 1; " perfiles "
LPRINT " Se ha considerado perfiles dobles soldados por la espalda"
LPRINT " El costo de la estructura es "; costoestruc; "Suces"
CLS
LPRINT TAB(10); " ***** DATOS DE LA ESTRUCTURA DE MONTAJE
*****"
LPRINT
LPRINT TAB(5); "DETALLE"; TAB(25); "Planchas"; TAB(50); "CANT";
TAB(60); "COSTO"
LPRINT TAB(5); "Estructura"; TAB(25); perfilestruc$, TAB(50); INT((2 *
totalestr) / 6) + 1, TAB(60); costoestruc
LPRINT TAB(5); "Mano de obra"; TAB(60); costobraestruc
LPRINT
costoestructura = costobraestruc + costoestruc
LPRINT TAB(5); "Costo Total de Materiales =", TAB(60);
costoestructura; " Suces"
LPRINT
INPUT B
IF autol = 1 THEN GOTO 205

GOTO 60

REM ***** C lculo de costos para elementos complementarios
*****
190
CLS
LPRINT
"*****"
LPRINT "***** REQUERIMIENTOS DE ENERGIA
*****"

```

```

LPRINT
*****
LPRINT
LPRINT
LPRINT " Ingrese el costo en sucres del Kw/hr"
INPUT kwhr
LPRINT kwhr

potencia(1) = .5: tiempo(1) = .15: aplicacion$(1) = "Bomba Cal
Hidratada"
potencia(2) = .33: tiempo(2) = .45: aplicacion$(2) = "Bomba So4Fe"
potencia(3) = .33: tiempo(3) = .25: aplicacion$(3) = "Bomba Tierra
Diatomicea"
potencia(4) = 7: tiempo(4) = .15: aplicacion$(4) = "Bomba de vacio"
potencia(5) = .33: tiempo(5) = 5.25: aplicacion$(5) = "Bomba
Separadora"
potencia(6) = 2: tiempo(6) = .25: aplicacion$(6) = "Agitador T. A.
Residual"
potencia(7) = 2: tiempo(7) = 1.5: aplicacion$(7) = "Agitador T. Agua
Tratada"
potencia(8) = 2: tiempo(8) = 1.5: aplicacion$(8) = "Agitador T.
Tratamiento"
potencia(9) = .33: tiempo(9) = .25: aplicacion$(9) = "Motoreduc del
Filtro"
potencia(10) = .33: tiempo(10) = .25: aplicacion$(10) = "Motoreduc
agit. de Filtro"
n = 10
FOR i = 1 TO 10
Costo(i) = potencia(i) * .75 * tiempo(i) * kwhr
NEXT i
LPRINT " Se presenta la siguiente tabla "

LPRINT TAB(5); "Aplicaci#n", TAB(36); "Hp", TAB(45); "t(hrs)",
TAB(65); "Costo(sucres)"
costoenergia = 0
FOR i = 1 TO n
LPRINT TAB(5); aplicacion$(i); TAB(36); potencia(i); TAB(45);
tiempo(i); TAB(65); Costo(i)
costoenergia = costoenergia + Costo(i)
NEXT i
LPRINT
LPRINT
LPRINT " El costo aproximado total de energia el,ctrica es =";
costoenergia; "Sucres"
IF autol = 1 THEN
LPRINT
LPRINT
LPRINT " El costo de operaci#n por consumo de quimicos y energia
el,ctrica es ="; costoenergia + total
GOTO 70
END IF
LPRINT " El costo de operaci#n por consumo de energia el,ctrica es =";
costoenergia

GOTO 60

200 REM ***** C lculo de Costos Totales *****
autol = 1
GOTO 10

```



```

205
LPRINT
LPRINT "
*****"
LPRINT "          COSTO TOTAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO "
LPRINT "
*****"
costototales = costototalresidual + costoaguatrata + costotanqtrata
+ costototalfiltrovacio + costofiltcarb + EQUIPOSSUCRES

LPRINT
LPRINT
LPRINT " EL COSTO TOTAL DE LA OBRA ES "; costototales; "Suces "
LPRINT
LPRINT
LPRINT
201
LPRINT
"*****"
*****"
LPRINT "***** COSTO DE INSUMOS PARA OPERACION DE LA PLANTA
*****"
LPRINT
"*****"
*****"
LPRINT "Ingrese el costo de sulfato ferroso (S/kg)"
INPUT sulfatoferroso
LPRINT sulfatoferroso
LPRINT " Ingrese el costo de cal hidratada "
INPUT calhidratada
LPRINT calhidratada
LPRINT " Ingrese el costo de tierra diatomicea "
INPUT diatomicea
LPRINT diatomicea
consumo1 = mlbso4fe * .4536 * sulfatoferroso
consumo2 = mcaoh2 * .4536 * calhidratada
consumo3 = mtierra * .4536 * diatomicea
total = consumo1 + consumo2 + consumo3
LPRINT
LPRINT TAB(5); "Nombre", TAB(25); "Masa requ (Lbs)", TAB(40); "Costo(S
/ kg)", TAB(55); "Costo Parcial"
LPRINT TAB(5); "FeSo4", TAB(25); mlbso4fe, TAB(40); sulfatoferroso,
TAB(55); consumo1
LPRINT TAB(5); "CaOH2", TAB(25); mcaoh2, TAB(40); calhidratada,
TAB(55); consumo2
LPRINT TAB(5); "T Diatom", TAB(25); mtierra, TAB(40); diatomicea,
TAB(55); consumo3
LPRINT
LPRINT
LPRINT "El costo de quimicos para operaci3n de la planta por batch es
="; total
IF autol = 1 THEN GOTO 190

OTO 70

IF compo1 = 1 AND compo2 = 1 AND compo3 = 1 AND compo4 = 1 AND compo5
= 1 THEN

GOTO 5
ELSE
IF compo1 = 0 THEN

```

```

anchoplancha = VAL(anchoplancha$): largoplancha = VAL(largoplancha$)
areaplancha = anchoplancha * largoplancha
LPRINT "Espesor sugerido para contruccion deL filtro (6 mm)"
INPUT espfiltcarb$
LPRINT espfiltcarb$

espfiltcarb = VAL(espfiltcarb$)
filtercarb$ = anchoplancha$ + " x " + largoplancha$ + " x " +
espfiltcarb$
LPRINT "Ingrese el costo de la mano de obra "
INPUT filtcarb
LPRINT filtcarb

pesoplancha = 142 * (areaplancha * espfiltcarb / 1000) / (1.2 * 2.4 *
7 / 1000)
LPRINT "pesoplancha"; pesoplancha
numplanfilrcarb = INT(FILTERCAR / areaplancha) + 1
LPRINT " Numero de planchas requerido para construccion de filtro de
carbón ="; numplanfilrcarb
costoplanfilrcarb = pesoplancha * numplanfilrcarb * valh.n
LPRINT " El costo de la plancha de hierro negro para el filtro de
carbón es ="; costoplanfilrcarb
INPUT B
CLS
LPRINT TAB(10); " ***** DATOS DEL FILTRO DE CARBON
*****"
LPRINT
LPRINT TAB(10); "DETALLE"; TAB(25); "Planchas"; TAB(40); "CANT";
TAB(60); "COSTO"
LPRINT TAB(10); "Filtro Carbón"; TAB(25); filtercarb$; TAB(40);
numplanfilrcarb; TAB(60); costoplanfilrcarb
LPRINT TAB(10); "Mano de obra"; TAB(60); filtcarb
LPRINT
costofiltcarb = costoplanfilrcarb + filtcarb
LPRINT TAB(25); "Costo de Materiales="; costofiltcarb; " Sucres"
LPRINT
LPRINT TAB(10); " Información t,cnica"
LPRINT
LPRINT TAB(10); "Altura del filtro="; hfiltro * 25.4 / 1000; "mts";
TAB(50); "Diam ="; d * .3048; "mts"
LPRINT TAB(10); "Altura de material filtrante ="; q * 25.4 / 1000;
"mts"
LPRINT TAB(10); "Volumen de antracita="; vfiltcarb; "mts3";
LPRINT
LPRINT TAB(10); "Tamaño de antracita elegido ="; diagran; "cms"
INPUT B
IF autol = 1 THEN GOTO 170
ELSE
LPRINT " Debe diseñar el filtro antes de cotizarlo "
INPUT e
LPRINT " Presione enter "
GOTO 30
END IF
GOTO 60

170
LPRINT "*****"
LPRINT "***** Costos de Equipos Complementarios *****"
LPRINT " *****"

```

```

EQU$(1) = "Bomba neum de 1 1/2": EQU$(2) = "Bomba centrif,1/3 Hp"
EQU$(3) = "Bomba centrif,1/3 Hp"
EQU$(4) = "Motoreductor,2 Hp "
EQU$(5) = "Motoreductor,1 Hp ": EQU$(6) = "Bomba de vac;o"
EQU$(7) = "Amortiguador neum tico": EQU$(8) = "Junta giratoria,2 pulg"
EQU$(9) = "Manómetro, 0-25 In , H2O": EQU$(10) = "Switch de nivel"
EQU$(11) = "Motor paso sincrónico": EQU$(12) = "Medidor de pH"
EQU$(13) = "Motoreductor, 1 Hp, 180ø": EQU$(14) = "Tela filtrante"
EQU$(15) = "Cuchilla"
numero(1) = 1: numero(2) = 1: numero(3) = 2: numero(4) = 3: numero(5)
= 3
numero(6) = 1: numero(7) = 1: numero(8) = 1: numero(9) = 1: numero(10)
= 3
numero(11) = 1: numero(12) = 1: numero(13) = 3: numero(14) = 1:
numero(15) = 1
valor(1) = 822: valor(2) = 478.15: valor(3) = 575.91
valor(4) = 550: valor(5) = 450: valor(6) = 2250: valor(7) = 322
valor(8) = 1150: valor(9) = 42.93: valor(10) = 606.32
valor(11) = 409.38: valor(12) = 241.78: valor(13) = 320
valor(14) = 157.84: valor(15) = 29.92
LPRINT " Ingrese el valor en sucres por cada dolar"
INPUT dolar
LPRINT dolar

```

CLS

```

limite = 15: nuevo = 1
175 LPRINT TAB(5); "EQUIPOS"; TAB(35); "CANTIDAD"; TAB(50); "COSTO
UNIT"; TAB(65); "COSTO PARCIAL"
FOR i = 1 TO limite
LPRINT TAB(5); EQU$(i); TAB(35); numero(i); TAB(50); valor(i);
TAB(65); numero(i) * valor(i)
NEXT i
LPRINT
LPRINT " Nota : Precios en dólares"
LPRINT " Desea imprimir esta lista (s/n)"

```

```

INPUT B$
IF B$ = "s" THEN
LPRINT TAB(5); "EQUIPOS"; TAB(35); "CANTIDAD"; TAB(50); "COSTO UNIT";
TAB(65); "COSTO PARCIAL"
FOR i = 1 TO limite
LPRINT TAB(5); EQU$(i); TAB(35); numero(i); TAB(50); valor(i);
TAB(65); numero(i) * valor(i)
LPRINT
LPRINT
NEXT i
LPRINT " Nota : Precios en dólares"
END IF

```

```

LPRINT
LPRINT
LPRINT
LPRINT TAB(5); " 1 ) Desea ingresar m s equipos "
LPRINT TAB(5); " 2 ) Desea realizar cambios a la lista"
LPRINT TAB(5); " 3 ) No hacer cambios"
INPUT equiposi
LPRINT equiposi

```

ON equiposi GOTO 171, 172, 173

```

171
LPRINT " Cuantos equipos "
INPUT opcion
LPRINT opcion

FOR i = limite + 1 TO limite + opcion
LPRINT "Ingrese el equipo #"; i
INPUT EQU$(i)
LPRINT EQU$(i)

LPRINT " Ingrese el costo del equipo "; i
INPUT valor(i)
LPRINT valor(i)

LPRINT " Cuantos equipos de este tipo hay"
INPUT numero(i)
LPRINT numero(i)

NEXT i
limite = opcion + limite
bano = 1
GOTO 175

172
FOR i = 1 TO limite
LPRINT TAB(5); EQU$(i); "-"; numero(i); ; "-"; "$"; valor(i);
LPRINT " Desea cambiar precios(s/n)"
INPUT cambio$
LPRINT cambio$

IF cambio$ = "s" THEN
LPRINT " Ingrese el nuevo precio para el equipo # "; i
INPUT valor(i)
LPRINT valor(i)

LPRINT " Cuantos equipos ?"
INPUT numero(i)
LPRINT numero(i)

LPRINT
END IF
NEXT i
GOTO 175

173
suma = 0
FOR i = 1 TO limite
suma = suma + numero(i) * valor(i)
NEXT i
LPRINT
LPRINT " EL COSTO TOTAL DE EQUIPOS COMPLEMENTARIOS ES"; suma;
"Dólares"
EQUIPOSSUCRES = suma * dolar
LPRINT EQUIPOSSUCRES; "Suces"
INPUT y
LPRINT
IF auto1 = 1 THEN GOTO 180

GOTO 60

```

```

180
CLS
LPRINT "
*****"
LPRINT " ***** C lculo de costos para Estructura
*****"
LPRINT "
*****"
LPRINT
LPRINT
LPRINT " Definir el rea ocupada por la planta "
LPRINT " Ingrese el ancho de la estructura ( mts )"
INPUT ESTRUANCHO
LPRINT ESTRUANCHO

LPRINT " Ingrese el largo de la estructura ( mts )"
INPUT larganch
LPRINT larganch

LPRINT " SE CONSIDERA EL USO DE VIGAS (U) DOBLES "
LPRINT " Ingrese el ancho total del perfil U a usar ( mm )"
INPUT anchperf$
LPRINT anchperf$

LPRINT " Ingrese el alto del perfil U a usar ( mm )"
INPUT altperf$
LPRINT altperf$

LPRINT " Ingrese el espesor del perfil"
INPUT espperfil$
LPRINT espperfil$

anchperf = VAL(anchperf$): altperf = VAL(altperf$): espperfil =
VAL(espperfil$)
perfilestruc$ = anchperf$ + " x " + altperf$ + " x " + espperfil$

LPRINT " Ingrese el valor del hierro negro S/ por Kg"
INPUT vall
LPRINT vall
altperf = altperf / 1000
anchperf = anchperf / 1000

REM VIGAS VERTICALES
VIGAVER1 = 3 * (ESTRUANCHO - 2 * anchperf)
VIGAVER2 = (ESTRUANCHO / 3.75)
VIGAVER3 = (ESTRUANCHO / 1.66)
VIGAVER4 = 2 * (ESTRUANCHO / 2.47)

REM VIGASHORIZ
VIGAHORIZ1 = larganch / 5.91
VIGAHORIZ2 = larganch / 2.9
VIGAHORIZ3 = larganch / 4.82

LPRINT " Ingrese el peso/ long (Kg) del perfil seleccionado"
INPUT wl
LPRINT wl
LPRINT "Ingrese el costo de la mano de obra para la estructura"
INPUT costobraestruc
LPRINT costobraestruc

```

```
LPRINT " Falta por cotizar Tanque de Agua Residual"  
INPUT w  
GOTO 80  
ELSE  
IF comp2 = 0 THEN  
LPRINT " Falta por cotizar Tanque de Agua Tratamiento"  
INPUT w  
GOTO 90  
ELSE  
ELSE  
IF comp3 = 0 THEN  
LPRINT " Falta por cotizar Tanque de Agua de Agua Tratada"  
INPUT w  
GOTO 100  
ELSE  
IF comp4 = 0 THEN  
LPRINT " Falta por cotizar Filtro de VAcio"  
INPUT w  
GOTO 6  
ELSE  
IF comp5 = 0 THEN  
LPRINT " Falta por cotizar Filtro de Carbón"  
INPUT w  
GOTO 7  
END IF  
END IF  
END IF  
END IF  
END IF  
END IF  
GOTO 60  
70 END
```

PROGRAMA DE DISEÑO Y CÁLCULO DE COSTOS DE MATERIALES
EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO

Escoga las opciones del menu :

- 1) Proceso Químico
- 2) Diseño de Tanques
- 3) Diseño de Filtros
- 4) Selección de Bombas
- 5) Costos
- 6) Salir del Programa

5

- 1) Características de Materiales para Tanques de Agua
- 2) COSTO DE TANQUE DE AGUA RESIDUAL
- 3) COSTO DE TANQUE DE TRATAMIENTO
- 4) COSTO DE TANQUE DE AGUA TRADADA
- 5) COSTO DE FILTRO DE VACIO
- 6) COSTO DE FILTRO DE CARBON
- 7) COSTO DE EQUIPOS COMPLEMENTARIOS
- 8) COSTO DE ESTRUCTURA
- 9) CONSUMO DE OPERACION (E. ELECTRICA Y QUIMICOS)
- 10) COSTOS TOTALES
- 11) Regresar al menu # 1

10

Ingrese el volumen de aguas residuales a tratar (gal)

2000

Ingrese la densidad relativa del agua a tratar

1

**** MASA DE QUIMICOS REQUERIDOS Y SUS CANTIDADES ****

Se requieren 50 de sulfato ferroso
Se requieren 50 cal hidratada
Se requieren 150 lbs de tierra diatomicea
Se requieren 150 gal de agua para la tierra
La masa de agua es 567 kg
La masa que ingresa al tanque de tratamiento es 7983.36

MASA DE AGUA TRATADA Y COMPUESTOS OBTENIDOS

Se obtienen 170.9096 kg de FeOH2
Se obtienen 189.3979 kg de SO4Ca
La masa de agua tratada es 6979.848 KG
El volumen final de agua tratada es 1846.521 GAL
La masa de residuos es 436.5123 kg

VOLUMEN SUGERIDO DE TANQUES DE TRATAMIENTO
AGUA RESIDUAL Y AGUA TRATADA

Ingrese el volumen del tanque de tratamiento (gal)

2000

Ingrese el volumen sugerido de tanque de agua tratada (gal)

6000

Ingrese el volumen sugerido de tanque de agua residual (gal)

10500

***** DISEÑO DE TANQUE DE AGUAS RESIDUALES *

Ingrese el ancho del tanque (MTS)

3

Ingrese la altura del tanque (mts),sugerida 3.05 mts

3.05

Para el nivel # 1 escoga perfiles con I m/nima de 214.8368 cm4

Ingrese la denominación del perfil elegido

U 120x50x5

Ingrese el valor de peso/long (kg/mts) del perfil seleccionado
8.19

Para el nivel # 2 escoga perfiles con I m/nima de 603.2379 cm4

Ingrese la denominaci"n del perfil elegido

U 150x80x8

Ingrese el valor de peso/long (kg/mts) del perfil seleccionado
16.55

Para el nivel # 3 escoga perfiles con I m/nima de 1081.089 cm4

Ingrese la denominaci"n del perfil elegido

U 200x80x6

Ingrese el valor de peso/long (kg/mts) del perfil seleccionado
16.34

ALTURAS DESDE LA PARTE SUPERIOR DEL TANQUE, INCREMENTOS
Y PRESIONES EN CADA ZONA DEL TANQUE DE AGUA RESIDUAL

Altura (pulg)	Incremento (pulg)	Presi"n (lb/in2)
44.42913	44.42913	.7997244
74.44882	30.01969	2.139803
99.66536	25.21654	3.134055
120.0788	20.41339	3.955394

Ingrese el valor del m"dulo de resistencia S (kg/cm2)

2400

Ingrese el factor de seguridad

2

Ingresar el valor de @ seg#n el Apendice H
de acuerdo a H 1 / L es = .2601606

.0015

Ingresar el valor de @ seg#n el Apendice H
de acuerdo a H 2 / L es = .1757842

.001

Ingresar el valor de @ seg#n el Apendice H
de acuerdo a H 3 / L es = .1476587

.001

Ingresar el valor de @ seg#n el Apendice H
de acuerdo a H 4 / L es = .1195333

.001

Sobre cuantas vigas se encuentra montado el tanque

5

ESPESOR DE PLANCHA CALCULADO DE ACUERDO AL NIVEL

Nivel (pulg)	Hn/L	Espesor (pulg)
1	.0015	.1109227
2	.001	.1481465
3	.001	.1792908
4	.001	.2014185

Resultados :

El espesor de plancha escogido es .25 pulg

Incluye 1/6 por corrosi"n

El espesor del piso es .3863554 pulg

***** DISEÑO DEL TANQUE DE TRATAMIENTO *

Ingrese la altura del cilindro (mts)

1.7

Ingrese el di metro del tanque (mts)

2.4

El volumen del cilindro es 2034.493 gal3

Ingrese el di metro inferior en el cono del tanque

1

Ingrese la altura del cono

.7

La presi"n de trabajo es 3.412074 lb/in2)

El espesor de plancha sugerido es .25 pulg
Ingrese el n#mero de columnas para soporte del tanque

4
El area del tanque es 18.05449 mts2

Ingrese el largo de la plancha
2.4
Ingrese el ancho de la plancha

1.2
Ingrese el factor de seguridad
2

La carga por cada columna es = 10431.29 LBS
Escoga un perfil con un rea m/nima de .6519558 pulg

Ingrese el area del perfil (pulg)
1.02

Ingrese el momento de inercia (in4)
.54

Ingrese la altura de la columna (pulg)
63

El valor del esfuerzo permisible es = 14088.05 LB/in2
El valor del esfuerzo REAL es = 10226.76
El valor de fa/Fa es .7259171

El perfil seleccionado es el correcto
Ingrese la descripcion del perfil escogido

L 60x60x6

Ingrese el peso/long de la columna escogida (Kg/mts)
4.32

* INFORMACION SOBRE EL TANQUE DE TRATAMIENTO *

Di metro sup 2.4 mts; Altura cil = 1.7 mts

Di metro inf 1 ; Altura cono = .7

Altura de columnas = .39375 mts

El peso de cada plancha es = 128.8143

El n#mero de planchas a usar es 6

El volumen del cono es = 264.55 gal

El peso del tanque es 772.8857 Kg

El peso de agua en tanq de tratat = 8690.384

El volumen total del tanque es de 2299.043 gal

***** TANQUE DE AGUA TRATADA **

Ingrese la altura del tanque , h sugerido = (3.05 MTS)

3.05

Ingrese el ancho del tanque , h sugerido =(2.0 MTS)

2

Elegir perfiles para el nivel 1 ; Inercia min 135.2909 cm4

Ingrese la descripci#n del perfil elegido

U 125x50x3

Ingrese el valor de peso/long (kg/mts) del perfil seleccionado

5.07

Elegir perfiles para el nivel 2 ; Inercia min 379.8817 cm4

Ingrese la descripci#n del perfil elegido

U 125x80x8

Ingrese el valor de peso/long (kg/mts) del perfil seleccionado

16.55

Elegir perfiles para el nivel 3 ; Inercia min 680.8026 cm4

Ingrese la descripci#n del perfil elegido

U 150x80x8

Ingrese el valor de peso/long (kg/mts) del perfil seleccionado

18.15

ALTURAS DESDE LA PARTE SUPERIOR DEL TANQUE, INCREMENTOS

Y PRESIONES EN CADA ZONA DEL TANQUE DE AGUA TRATADA

Altura (pulg) Incremento (pulg) Presi#n (lb/in2)

44.42913	44.42913	.7997244
74.44882	30.01969	2.139803
99.66536	25.21654	3.134055
120.0788	20.41339	3.955394

Ingrese el valor del m^odulo de resistencia S (kg/cm2)

2400

Ingrese el factor de seguridad

2

El valor de H 1 / L es = .3035207

Ingresar el valor de @ seg#n el apndice H

.002

Espesor de plancha 1 sugerido es = .109785

El valor de H 2 / L es = .2050816

Ingresar el valor de @ seg#n el apndice H

.001

Espesor de plancha 2 sugerido es = .1269827

El valor de H 3 / L es = .1722685

Ingresar el valor de @ seg#n el apndice H

.001

Espesor de plancha 3 sugerido es = .1536778

El valor de H 4 / L es = .1394555

Ingresar el valor de @ seg#n el apndice H

.001

Espesor de plancha 4 sugerido es = .1726445

Ingrese el n^omero de vigas para soporte del tanque

5

 ESPESOR DE PLANCHA CALCULADO DE ACUERDO AL NIVEL

Nivel (pulg)	Hn/L	Espesor (pulg)
1	.002	.109785
2	.001	.1269827
3	.001	.1536778
4	.001	.1726445

El espesor de plancha escogido es .2014186 pulg

Incluye 1/6 por corrosi^on

El espesor del piso es .3311618 pulg

 ***** Diseo de Filtro de vac/o *****

Ingrese la tasa de filtraci^on (V/AQ) (gal/hr/pie2)

21

Ingrese tiempo de filtrado (hr)

8

El rea de filtrado es = 32.97358 pie2(3.064459 m2)

El largo del filtro es = .9876621 (mts)

El di m del filtro es= .9876621 (mts)

Volumen de agua que pasa por filtro es 3.846918 gal/min

 INFORMACION DE LA BANDEJA

De acuerdo a la fig 6.6 se tiene que :

El largo de la bandeja es = 1.698779 mts

El ancho de la bandeja es = 1.34322 mts

El radio de contrucci^on es = .8779218 mts

La altura total del tanque es = .6584414 mts

La altura max del agua en el tanque es = .4950687 mts

La long del tubo central de vacio es 2.558045 mts

Volumen de trabajo max en la bandeja= 141.9304 gal

***** SELECCION DE LA TRASMISION *****

Ingrese el espesor de plancha para el Filtro de Vacio(mm)

7

El peso del filtro es de 168.392 Kg

	LDNG (mts)	TIPO	PESO (Kg)	PRECIO (Suces)
1	18	U 120x50x5	147.42	737099.9
2	18	U 150x80x8	297.9	1489500
3	18	U 200x80x6	294.12	1470600

Costo de los rigidizadores es= 3697200 Suces

Costo de la mano de obra es= 2.5E+07 Suces

El costo de total del tanque es = 4.285095E+07 Suces

 ***** Calculo de Costos para Tanque de Tratamiento

Ingrese el Costo de mano de Obra (suces)

1.47E+07

***** Detalles del Tanque de Tratamiento de Agua*****

USO

MATERIAL	CANT	COSTO
Tanque		
2.4 x 1.2	7	3864429
Columnas		
L 60x60x6	5	1123200
Mano de Obra		1.47E+07

Costo del tanque = 1.968763E+07 Suces

Di metro max= 2.4 mts

Altura cil = 1.7 mts

Di metro min= 1 mts

Volumen total = 2299.043 mts³

 ***** C lculo costos Tanque de Agua Tratada *

Espesor sugerido(mm)

7

El peso de cada plancha es = 142 Kg

El rea de la cara 1 es = 11.33719

El rea de la cara 2 es = 6.098487

El n#mero de planchas a usar es = 12

El costo de estas planchas es = 8520000 Suces

Ingrese el valor de la mano de obra

1.935E+07

 ***** Detalles del Tanque de Agua Tratada *

Largo= 3.718033 mts

Ancho= 2 mts

Altura= 3.05 mts

Volumen= 22.68 M³

Espesor de plancha = .2014186

planchas a usar= 6.268921

El costo de estas planchas es = 3864429 Suces

El numero de planchas para el piso es= 2

El costo del material para el piso es = 1706335

DETALLES DE LOS PERFILES PARA RIGIDIZAR LAS PAREDES DEL TANQUE

NIVEL

LONG (mts)	TIPO	PESO (Kg)	PRECIO (Suces)
1			
12	U 125x50x3	60.84	304200
2			
12	U 125x80x8	198.6	992999.9
3			
12	U 150x80x8	217.8	1089000

La velocidad de giro es de 4 rev/min
 Ingrese la masa aproximada del piñon motriz (lbs)
 6.5
 Ingrese el di metro externo del piñon (pulg)
 8
 El momento es = 77.73586 lb-pulg
 La fuerza de la cadena es de = 165.9993 Lbs
 El torque para mover el sistema es 23628.89 lb - pulg
 La potencia requerida es de = 1.467855 HP

 ***** DISEÑO DE FILTRO DE CARBON *****

 Ingrese caudal de ingreso a filtro)
 10
 De acuerdo a filtros con taza de filtraci"n 3 gal/min pie2, de
 y por sugerencia de Betz (Tabla VI)
 el di metro del filtro es 2 pies
 Ingrese el tamaño del grano de antracita. Ver apendice J(cm)
 .1
 Ingrese el cabezal de presi"n de prdida (pies), sugerido 8 pies

 8
 Se asume un indice de fuga para la antracita de B=0.001
 La altura de antracita en el filtro es de 24 pulg
 La altura del filtro es .9144 mts

 ***** Caracteristicas de Materiales para Tanques de Agua *

 Ingrese el ancho comercial de la plancha de hierro negro
 Ingrese el ancho (mts)
 1.2
 Ingrese el largo (mts)
 2.4
 Ingrese el valor del hierro negro en S/ por Kg
 5000
 Ingrese el ancho comercial de la plancha de ACERO INOXIDABLE
 Ingrese el ancho (mts)
 1.2
 Ingrese el largo (mts) ↙
 2.4
 Ingrese el valor de acero inoxidable en S/ por Kg
 5580

 ***** C lculo costos para tanque de Agua Residual**

 Espesor empleado para las paredes (mm)
 7
 Espesor empleado para el piso (mm)
 .34
 Ingrese el valor de la mano de obra
 2.5E+07

 ***** Detalles del tanque de Agua Residual *****

 Largo= 4.337705 mts
 Ancho= 3 mts Altura= 3.05 mts .
 Volumen= 39.69 M3
 Espesor de plancha = 7
 # planchas a usar= 15
 El numero de planchas para el piso es= 4
 El peso de cada plancha es = 142 Kg
 El costo de las planchas para las paredes es = 1.065E+07 Sucres
 El costo del material para el piso es = 3503749
 DETALLES DE LOS PERFILES PARA RIGIDIZAR LAS PAREDES DEL TANQUE
 NIVEL

Costo de los rigidizadores es = 2386200 Sucres
 Costo de la mano de obra es = 1.935E+07 Sucres
 El costo de total del tanque es = 2.730696E+07 Sucres

 ***** C lculo de costos para Filtro de vacio *

 Ingrese el espesor para contruccion de filtro, sugerido (7 mm)
 7
 Espesor sugerido para contruccion de bandeja (6 mm)
 6
 Ingrese el costo de la mano de obra para el filtro de vacio
 2.39904E+07
 Numero de planchas para construir filtro = 1
 El costo de acero inoxidable para el filtro es = 792360
 Planchas para construccion de bandeja = .7235528
 El costo de materiales para la bandeja es = 440333.6

***** DATOS DEL FILTRO DE VACIO Y BANDEJA *****

DETALLE	Planchas	CANT	COSTO
Filtro vacio	1.2 x 2.4 x 7	1	792360
Bandeja	1.2 x 2.4 x	.7235528	440333.6
Mano de obra			2.39904E+07
	Costo de Materiales= 2.522309E+07		Sucres



Informacion tecnica

V/Aq= 21 Area filt= 32.97358 pies2 Dia= .9876621 mts
 q filtrado = 3.846918 gal/min Largo del tubo 2.558045
 Largo de bandeja = 1.698779 mts Ancho de bandeja= 1.34322 mts

H m x de trabajo = .4950687 mts(141.9304 gal)

 ***** C lculo de costos para Filtro de Carb^n

 Ingrese el valor del hierro negro \$/ por Kg
 5000
 Ingrese el ancho (mts)
 1.2
 Ingrese el largo (mts)
 2.4
 Espesor sugerido para contruccion del filtro (6 mm)
 6
 Ingrese el costo de la mano de obra
 6426000
 pesoplancha 121.7143
 Planchas para filtro de carb^n = 1

El costo de la plancha de hierro negro para el filtro de carb^n es = 608571.4

***** DATOS DEL FILTRO DE CARBON *****

DETALLE	Planchas	CANT	COSTO
Filtro Carb^n	1.2 x 2.4 x 6	1	608571.4
Mano de obra			6426000
Costo de Materiales= 7034572			Sucres

Informacion tecnica

Altura del filtro= 2.322576E-02 mtsDiam = .6096 mts
 Altura de material filtrante = .6096 mts
 Volumen de antracita= 20.61352 mts3
 Tamafio de antracita elegido = .1 cms

***** Costos de Equipos Complementarios

Ingrese el valor en sucres por cada dolar

14500

EQUIPOS	CANTIDAD	COSTO UNIT	COSTO PARCIAL
Bomba neum de 1 1/2	1	822	822
Bomba centrif,1/3 Hp	1	478.15	478.15
Bomba centrif,1/3 Hp	2	575.91	1151.82
Motoreductor,2 Hp	3	550	1650
Motoreductor,1 Hp	3	450	1350
Bomba de vac/o	1	2250	2250
Amortiguador neum tico	1	322	322
Junta giratoria,2 pulg	1	1150	1150
Manometro, 0-25 In , H2O	1	42.93	42.93
Switch de nivel	3	606.32	1818.96
Motor paso sincr nico	1	409.38	409.38
Medidor de pH	1	241.78	241.78
Motoreductor, 1 Hp, 180x	3	320	960
Tela filtrante	1	157.84	157.84
Cuchilla	1	29.92	29.92

Nota : Precios en d'lares

Desea imprimir esta lista (s/n)

- 1) Desea ingresar m s equipos
- 2) Desea realizar cambios a la lista
- 3) No hacer cambios

EL COSTO TOTAL DE EQUIPOS COMPLEMENTARIOS ES 12834.78 D'lares
1.861043E+08 Sucres

***** C lculo de costos para Estructura **

***** **

Definir el rea ocupada por la planta

Ingrese el ancho de la estructura (mts)

1.8

Ingrese el largo de la estructura (mts)

8.54

SE CONSIDERA EL USO DE VIGAS (U) DOBLES

Ingrese el ancho total del perfil U a usar (mm)

120

Ingrese el alto del perfil U a usar (mm)

150

Ingrese el espesor del perfil

6

Ingrese el valor del hierro negro S/ por Kg

5000

Ingrese el peso/ long (Kg) del perfil seleccionado

24.04

Ingrese el costo de la mano de obra para la estructura

4284000

De acuerdo a la estructura sugerida (apnd R), :

Se necesitan 69.08689 mts para la estructura

Se requieren 12 perfiles

Se ha considerado perfiles dobles soldados por la espalda

El costo de la estructura es 4152123 Sucres

***** DATOS DE LA ESTRUCTURA DE MONTAJE *****

DETALLE	Planchas	CANT	COSTO
Estructural	120 x 150 x 6	12	4152123
Mano de obra			4284000
Costo Total de Materiales =			8436122 Sucres

 COSTO TOTAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

EL COSTO TOTAL DE LA OBRA ES = 3.082075E+08 Sucres

 ***** COSTO DE INSUMOS PARA OPERACION DE LA PLANTA

Ingrese el costo de sulfato ferroso (S/kg)

8425

Ingrese el costo de cal hidratada

1000

Ingrese el costo de tierra diatomicea

7711

Nombre	Masa(Lbs)	Cost(S/kg)	Cost Parcial
FeSo4	50	8425	191079
CaOH2	50	1000	22580
T Diatom	68.04	7711	237984.2

El costo de quimicos para operar de la planta
 por batch es = 451743.2

 ***** REQUERIMIENTOS DE ENERGIA *****

Ingrese el costo en sucres del Kw/hr

415

Se presenta la siguiente tabla

Aplicaci"n	Hp	t(hrs)	Costo(sucres)
Bomb Cal Hidratada	.5	.15	23.34375
Bomb So4Fe	.33	.45	46.22063
Bomb T. Diatomicea	.33	.25	25.67813
Bomb vacio	7	8	17430
Bomb Separad	.33	8	821.7
Agit. T. A. Residual	2	8	4980
Agit. T. Agua Tratada	2	8	4980
Agit. T. Tratamiento	2	8	4980
Motoreduc Filtro	.33	8	821.7
Motoreduc agit.Filtro	.33	8	821.7

El costo de energia elctrica es = 34930.34 Sucres

Costo de quimicos+energ, elctrica = 486673.5

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Peter Snyder. Basic of Starch Adhesive. Tappi Corrugating Short Course.
- 2.- Fred Rokola, Utilization of Waste Water to make Starch, Harper Love Adhesives, 1997
- 3.- Betz Handbook of Industrial Water Conditioning, Sixth Edition, Betz .1972.
- 4.- Ingenieria Sanitaria y de Aguas Residuales, volumen 2, Editorial Limusa, 1987.
- 5.- Ingenieria Sanitaria y de Aguas Residuales, volumen 3, Editorial Limusa, 1987.
- 6.- Ingenieria Sanitaria y de Aguas Residuales, volumen 4, Editorial Limusa, 1987.
- 7.- Manual de Aguas Para Usos Industriales, volumen 1, Editorial Limusa, 1987
- 8.- Manual de Aguas Para Usos Industriales, volumen 3, Editorial Limusa, 1987
- 9.- Kenneth McNaughton , Bombas , Selección Uso y Mantenimiento, McGraw – Hill, 1993.
- 10.- Flujo de Fluidos en Valvulas y Accesorios, McGraw – Hill, 1993.
- 11.- R.W. Fox, Introducción a la Mecánica de Fluidos, Segunda Edición, McGraw – Hill, 1990
- 12.- External Water Treatments, [http : www.hsb.com /hsbwate6.htm](http://www.hsb.com/hsbwate6.htm).
- 13.- Lawrence Field, P.E. Continuous Filtration of Difficult Sludge with a Precoat Vacuum Filter, greatlakes@waterlink.com.
14. Graymills, Catálogo de Bombas, 1987.
15. Beer y Johnston , Mecánica Vectorial para Ingenieros “Dinámica”, Cuarta Edición, McGraw – Hill, 1985.

16.-Metcalf & Eddy, Ingeniería de Aguas Residuales, Tercera Edición,Mcgraw-Hill,1995.

17.- Beer y Johnston , Mecánica Vectorial para Ingenieros “ Estática “, Cuarta Edición, Mcgraw -Hill, 1985.