

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Diseño Construcción y Montaje De Una Planta Productora De
Polvo Aditivo Para La Fabricación De Detergente”

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECANICO

Presentada por:

Ricardo José García Morán

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2005

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento primero a Dios por todo lo logrado hasta ahora, al Ing. Manuel Helguero por toda la ayuda brindada en el desarrollo de la misma como jefe y director.

DEDICATORIA

Este logro alcanzado se lo dedico a mi abuela, Perfecta Muños R. por haberme brindado todas las oportunidades para superarme, a mi madre María de Lourdes y tía Digna que aunque no se encuentran entre nosotros se que estuviesen orgullosas. A mi hermana María de Lourdes sin su apoyo no podría ser el profesional que soy hoy.

A mi padre, tíos, hermanos, amigos que de una u otra forma me ayudaron a culminar mi carrera universitaria.

A mi esposa Liliana Colorado M. uno de los puntales para mi superación.

TRIBUNAL DE GRADUACION

Ing. Julián Peña E.
PRESIDENTE

Ing. Manuel Helguero G.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Federico Camacho B.
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 POLITÉCNICA DEL LITORAL”.

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Ricardo José García Morán

RESUMEN

En los últimos años nuestro país ha experimentado la necesidad de optimizar sus procesos de producción, debido al aumento de la competitividad producto de la globalización económica, en los actuales momentos existen en el país varias fábricas dedicadas a la elaboración de polvo detergente, sin embargo ciertos aditivos empleados en su fabricación son importados, por lo que significan un desembolso de divisas que tanto necesita el Ecuador.

Por ello surge la necesidad de una fábrica de detergentes local de producir polvo aditivo para sus productos, ya que el costo de producción de este aditivo usando las mismas materias primas importadas es inferior al costo del aditivo terminado en el exterior. La presente tesis muestra el proceso de diseño construcción y montaje de una planta productora de polvo aditivo para la fabricación de detergente.

Para el efecto, se analizan los diferentes factores que intervienen en el diseño de la planta, se procederá a dimensionar la estructura de la planta de acuerdo a los requerimientos del diseño y el espacio disponible. Este trabajo

incluye analizar los procesos y determinar las características de los equipos y su ubicación en el área determinada, analizar el funcionamiento de cada máquina para su correcta instalación mediante un programa de trabajo.

A continuación con base al criterio anterior selecciono los equipos, luego de lo cual describo el montaje mecánico de cada uno de los componentes que integran la planta.

Luego realizaré el análisis de costos determinando el valor de la oferta final por concepto de diseño, construcción y montaje de la planta.

Como resultado de la tesis se presenta un diseño funcional, basado en normas AISC, ASME, entre otras; la planta se encuentra funcionando desde agosto del 2002, con una eficiencia del proceso de producción del 99.5% cuenta con todas las normas de seguridad para el operador, y ha cumplido satisfactoriamente todas las expectativas de los administradores de esta fábrica de detergentes.

Este proyecto fue realizado durante mi permanencia en la compañía A&H, como una empresa metalmecánica dedicada al servicio de la industria.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
INDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGIA.....	VII
INDICE DE FIGURAS.....	IX
INDICE DE TABLAS.....	XI
INDICE DE PLANOS.....	XII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO 1	
1. ANÁLISIS DEL PROBLEMA.....	2
1.1 Identificación de la necesidad.....	2
1.2 Requerimientos generales del diseño.....	3
1.3 Diseño de forma y selección de una alternativa óptima.....	5
CAPITULO 2	
2. DISEÑO DE LA PLANTA.....	10
2.1 Cálculo y dimensionamiento de la estructura de la planta.....	10
2.1.1 Cálculo y dimensionamiento de la estructura principal.....	10

2.1.2 Cálculo y dimensionamiento del sistema de transporte de sacones.....	17
2.2 Cálculo y dimensionamiento del sistema de mezcla.....	27
2.3 Cálculo y dimensionamiento del sistema de bombeo y atomizado.....	50
2.4 Selección del sistema de zaranda.....	56
2.5 Selección de los componentes mecánicos en función de los datos obtenidos.....	61

CAPITULO 3

3. MONTAJE DE LA PLANTA.....	73
3.1 Cronograma de la construcción y montaje de la obra.....	73
3.2 Materiales y equipos utilizados.....	75
3.2.1 Breve descripción de los trabajos realizados.....	80

CAPITULO 4

4. ANÁLISIS DE COSTOS.....	105
4.1 Análisis de costos para el diseño, montaje y construcción de la planta	105
4.2 Determinación del costo de oferta.....	107

CAPITULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	108
--	-----

APENDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

A.I.S.C	Instituto Americano de Construcciones de Acero.
A.S.M.E	Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos.
A.W.S	Sociedad Americana de Soldadura.
cm ³	Centímetro cúbico.
cm ⁴	Centímetro a la cuarta.
HP	Caballo de poder.
Hz	Hertz.
Kg/m ³	Kilogramo por metro cúbico.
Kg	Kilogramo.
m/s	Metro por segundo.
m	Metro.
m ³ /s	Metro cúbico por segundo.
m ³	Metro cúbico.
mm	Milímetro.
MPa	Mega pascales.
N.m	Newton metro.
N/m	Newton por metro.
N/m ³	Newton por metro cúbico.
N	Newton.
N-s/m ²	Newton segundo por metro cuadrado.
m ²	Metro cuadrado.
m ³	Metro cúbico.
Pa	Pascal.
r.p.m.	Revoluciones por minuto.
s	Segundo.
Ton	tonelada.
V	Voltio.
W	Vatio.

SIMBOLOGIA

A	Área.
b	longitud
C	Distancia más alejada desde la fibra neutra, Factor de forma de cierre de tapa..
d	diámetro, longitud.
D	Diámetro.
E	Eficiencia de junta para recipientes soldados, Módulo de Young.
f	Esfuerzo máximo permisible para soldadura, rugosidad relativa.
F	Fuerza.
F _a	Esfuerzo crítico para columnas de A-36 sometidas a compresión.
g	Gravedad.
G	Módulo de rigidez.
h	Altura.
H	Potencia.
h _L	Pérdidas mayores.
I	Inercia.
J	Módulo polar de inercia.
k	longitud efectiva para columnas.
K ₁	Factor corrector por número de dientes.
K ₂	Factor corrector por torones.
k _a	Factor de acabado superficial.
k _b	Factor de tamaño.
k _c	Factor de carga.
K _d	Potencia de diseño.
k _f	Factor de concentración de esfuerzos por flexión.
k _{fs}	Factor de concentración de esfuerzos por torsión.
K _r	Potencia corregida.
K _s	Factor de servicio.
l	Longitud.
l _o	longitud libre.
M	Momento.
N	Número de dientes en catarinas.
n	Velocidad angular, Factor de seguridad.
P _d	Presión de diseño.
P _{eje}	Potencia en eje.
Q	Caudal.
q	Sensibilidad a la muesca.
R	Radio mayor.
r	Radio menor, Radio de giro.

Re	Número de Reynolds.
Se`	Límite a la fatiga de viga rotatoria.
S _{per}	Esfuerzo permisible.
Sut	Resistencia última a la tensión.
S _w :	Propiedades de líneas de soldadura.
Sy	Esfuerzo mínimo de fluencia.
t	Espesor.
V	Volumen, Velocidad.
w	dimensión de pie de soldadura.
W _b	Esfuerzo de flexión en soldadura.
W	Peso.
W _r	Esfuerzo resultante en soldadura.
W _s	Esfuerzo de corte en soldadura.
Z	Módulo de sección, altura.
γ	Peso específico.
δ	Densidad.
μ	Viscosidad cinemática.
σ	Esfuerzo.
τ	Torque.

INDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1.1 Diagrama de Flujo del Proceso.....	4
Figura 1.2 Esquema General de la Planta.....	9
Figura 2.1 Pórtico de Análisis de Estructura Principal.....	11
Figura 2.2 Geometría de la Soldadura en Estructura Principal.....	14
Figura 2.3 Esquema de Viga Carrilera de Puente Grúa.....	18
Figura 2.4 Esquema de Pórtico de Puente Grúa.....	21
Figura 2.5 Geometría de la Soldadura en Puente Grúa.....	25
Figura 2.6 Esquema del Mezclador.....	27
Figura 2.7 Acople entre Eje y Mezclador.....	32
Figura 2.8 Esquema de Mezclador Girando.....	35
Figura 2.9 Diagrama de Sensibilidad a la Muesca para Aceros sometidos a cargas de Flexión por Inversión.....	40
Figura 2.10 Curvas de Sensibilidad a la Muesca para materiales en Torsión con inversión.....	41
Figura 2.11 Esquema del Pórtico soporte del Mezclador.....	43
Figura 2.12 Geometría de Soldadura en Soporte del Mezclador.....	47
Figura 2.13 Esquema del Sistema de Bombeo.....	50
Figura 2.14 Esquema de Circuito de Atomizado.....	55
Figura 2.15 Esquema de Soporte de Zaranda.....	57
Figura 2.16 Geometría de Soldadura en Soporte de Zaranda.....	60
Figura 2.17 Esquema de Transmisión Cadena-Catarina.....	61
Figura 3.1 Cronograma de construcción y montaje.....	74
Figura 3.2 Construcción del Mezclador.....	80
Figura 3.3 Tanque de Mezcla.....	81
Figura 3.4 Tolva de Alimentación de la Zaranda.....	81
Figura 3.5 Zaranda Vista 1.....	82
Figura 3.6 Zaranda Vista 2.....	82
Figura 3.7 Mesa Soporte para Zaranda.....	83
Figura 3.8 Montaje de Estructura Soporte del Mezclador.....	84
Figura 3.9 Montaje de la Estructura Principal.....	84
Figura 3.10 Montaje de Pasamanos Perimetral.....	85
Figura 3.11 Montaje de Escalera y Pasamanos.....	85
Figura 3.12 Montaje del Mezclado Vista 1.....	86
Figura 3.13 Montaje del Mezclador Vista 2.....	86
Figura 3.14 Montaje de Columnas Puente Grúa.....	87
Figura 3.15 Montaje de Puente Grúa.....	87
Figura 3.16 Detalle de Estructura de Puente Grúa.....	88
Figura 3.17 Tolva de Alimentación para Zaranda.....	88
Figura 3.18 Tolva para Alimentación de Zaranda Parte Superior.....	89
Figura 3.19 Tolva para Alimentación de Zaranda Parte Inferior.....	90

Figura 3.20	Tolva de Alimentación para Mezclador.....	91
Figura 3.21	Tanque Reservorio de Propilenglicol.....	91
Figura 3.22	Circuito de Mezcla y Circulación.....	91
Figura 3.23	Filtro de Regulador y Electroválvula 3/2.....	92
Figura 3.24	Detalle de Ingreso al Mezclador de las líneas de Aire y Mezcla.....	92
Figura 3.25	Atomizador dentro del Mezclador.....	93
Figura 3.26	Montaje de la Zaranda.....	94
Figura 3.27	Microswitch de Seguridad en Acceso a Descarga del Mezclador.....	95
Figura 3.28	Microswitch de Seguridad en Acceso a Admisión del Mezclador.....	96
Figura 3.29	Cargado de la tolva de alimentación del mezclador.....	98
Figura 3.30	Proceso de mezcla.....	97
Figura 3.32	Desalojo de producto elaborado del mezclador.....	99
Figura 3.33	Transporte de producto mezclado a tolva de zaranda.....	100
Figura 3.34	Carga de la tolva de alimentación de la zaranda.....	100
Figura 3.35	Prueba de la zaranda.....	101
Figura 3.35	Producto terminado.....	101
Figura 3.36	Pintado total de la planta.....	102
Figura 3.38	Pintado de la planta 1.....	103
Figura 3.39	Pintado de la planta 2.....	103

INDICE DE TABLAS

		Pag.
Tabla 1	Componentes del Aditivo.....	5
Tabla 2	Factores de Acabado de Superficie.....	37
Tabla 3	Factores de Concentración de Esfuerzos Aproximados para Barra Circular con Agujero Transversal Sometida a Flexión.....	38
Tabla 4	Factores de Concentración de Esfuerzos Aproximados para Barra Circular con Agujero Transversal Sometida a Torsión.....	39
Tabla 5	Cantidad de Accesorios en la Línea de Flujo.....	53
Tabla 6	Factor de Servicio para la Transmisión.....	62
Tabla 7	Factor K_1 Corrección por Dientes.....	63
Tabla 8	Factor K_2 Corrección por Torones Múltiples.....	63
Tabla 9	Factores de Carga Radial Equivalente para Cojinetes de Bolas.....	67
Tabla 10	Constantes para Calcular Resistencias Mínimas de los Aceros Comunes para Resortes.....	70
Tabla 11	Lista de Materiales.....	75
Tabla 12	Lista de Equipos empelados.....	78

INDICE DE PLANOS

Plano 1	Esquema General.
Plano 2	Estructura Principal.
Plano 3	Escalera.
Plano 4	Pasamanos.
Plano 5	Puente Grúa.
Plano 6	Sistema de Mezcla.
Plano 7	Sistema de Atomizado.
Plano 8	Sistema de Bombeo
Plano 9	Zaranda.

INTRODUCCION

La constante necesidad de optimizar los procesos de producción, para poder competir con un mejor producto en el mercado nacional e internacional, hizo que en el año 2002 una fábrica de detergentes locales encargara a la compañía A&H en la cual yo laboraba, el diseño y montaje de una planta para producir agregados para el detergente.

En la presente tesis **“Diseño, Montaje y Construcción de una planta productora de polvo aditivo para la fabricación de detergente”** se muestra de una manera ordenada, el proceso de desarrollo de un proyecto de ingeniería, desde la identificación y análisis del problema hasta la determinación del costo de la obra y su ejecución.

Primero se analiza el problema identificando la necesidad, luego se elabora un bosquejo general de solución, seguidamente se procede al diseño y selección de los componentes necesarios para producir el aditivo, a demás se realiza el montaje y finalmente se presenta un estudio del costo final de la obra.

CAPITULO 1

ANALISIS DEL PROBLEMA

1.1 Identificación de la necesidad.

El problema a resolver consiste en construir una planta que supere en producción y calidad la demanda de polvo aditivo por parte de nuestro cliente, una fábrica de detergentes local.

Inicialmente se requiere de una producción de 4.85 Kg. por minuto, en cargas de 170 Kg por ciclo de operación, a la vez esta deberá ser segura, de fácil operación y mantenimiento.

1.2 Requerimientos generales de diseño.

Para la elaboración de la cantidad propuesta de gránulos de fotoblanquera por los dueños de la planta, e interpretando el diagrama de flujo del proceso expuesto en la figura 1.1, se necesita seguir el siguiente procedimiento:

A 150 Kg. de polvo base sin encimas se le añaden 4.23 Kg de zeolita y 4.23 Kg. de silica gel, estos componentes son introducidos en el mezclador.

Se prepara una solución compuesta de propilenglicol líquido 10.26 Kg y tinolux 2.14 Kg ,esta solución de tinolux con propilenglicol es homogenizada haciéndola recircular en un circuito cerrado a una presión de 7 bar .

Una vez homogenizada la solución es introducida y atomizada en el mezclador que se encuentra girando a 12 rev/min.

Los gránulos que salen del mezclador deben ser tamizados en una zaranda con malla de 1200 micrones para luego, el producto final ser depositado en sacones de 170 Kg. En este punto los gránulos de fotoblanquera ya se encuentran listos para ser transportados a otro punto de la planta en donde se continua con el proceso para la fabricación de detergente.

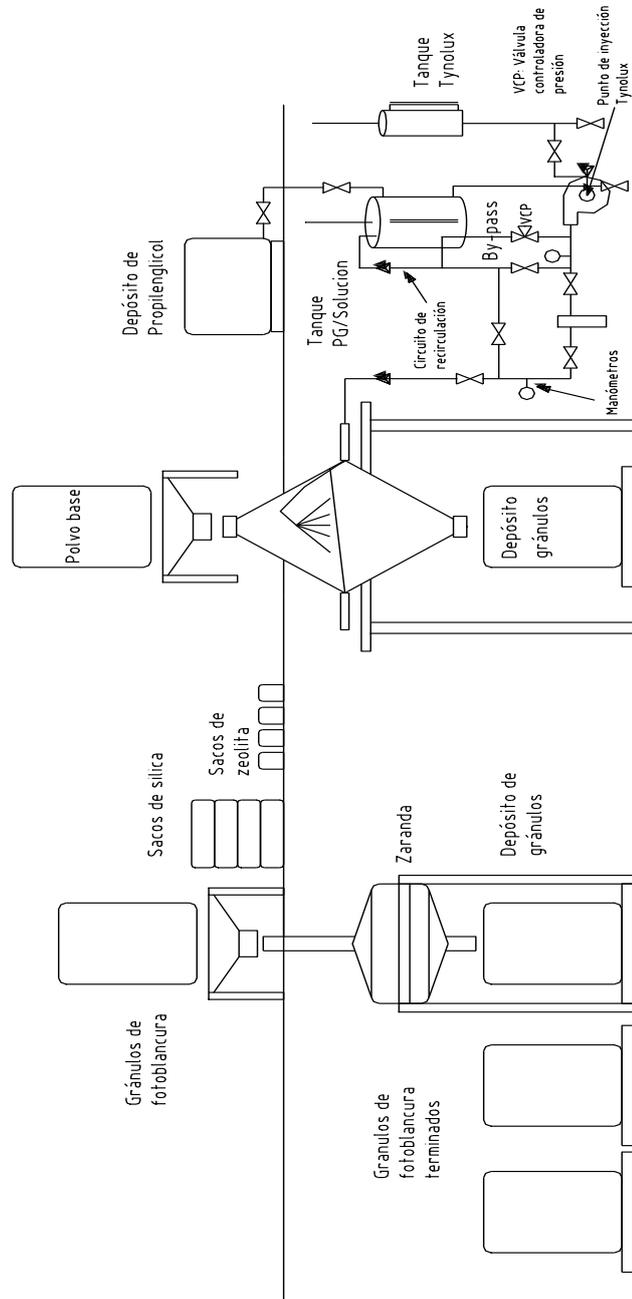


FIG 1.1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

Del proceso expuesto se puede identificar los siguientes parámetros de operación.

TABLA 1 COMPONENTES DEL ADITIVO

Componentes de los gránulos de fotoblanqueamiento	
Polvo base	150 Kg.
Silica gel	4.23 Kg.
Zeolita	4.23 Kg.
Propilenglicol	10.26 Kg.
Tinolux	2.14 Kg
Tamaño del batch: 170.86 Kg	

Presión de atomizado: 7 bar..

Velocidad de giro del Mezclador: 12 r.p.m.

Mezclado final: 3 minutos.

1.3 Diseño de forma y selección de una alternativa óptima.

Tomando en consideración las características del proceso, la naturaleza de los elementos que forman parte de el mismo, así como el espacio disponible, se establecen los siguientes lineamientos generales para diseñar y construir la planta.

Se dividirá la planta en las siguientes secciones o sistemas..

- Estructura principal.
- Sistema de mezcla.
- Sistema de bombeo y atomizado.
- Sistema de zaranda.

Estructura de la planta.

La estructura de la planta tiene que ser de un piso, presentar las facilidades para el transporte y almacenamiento de los materiales involucrados en el proceso. Además debe contener un puente grúa con capacidad de 1 Ton. en la parte superior para el traslado de la materia prima procesada a los diferentes sistemas en sacones.

La estructura debe poseer pasamanos perimetral, escalera de acceso, así como tolvas para alimentar a los sistemas de mezcla y zaranda.

Las dimensiones del espacio físico donde se ubicará la planta son:

Longitud: 12 m.

Altura: 7 m.

Sistema de mezcla.

El sistema de mezcla es un doble cono de acero inoxidable debido al alto grado de abrasividad del polvo a manipularse.

Las dimensiones principales del mezclador son:

Altura: 1.590 m

Diámetro: 1.084 m

El mezclador debe contar con una boca de carga y una de descarga los sistemas de cierre de estas compuertas son del tipo cuchilla.

La velocidad a la cual debe girar el mezclador es 12 revoluciones por minuto.

La estructura que soporta el doble cono tiene que ser independiente del resto de la planta, para evitar problemas de transmisión de vibraciones.

Una vez terminada la fase de mezcla, el producto procesado será almacenado en sacones para su envío a otra fase del proceso.

Sistema de bombeo y atomizado.

Los tanques para almacenar propilenglicol, tynolux serán fabricados en acero inoxidable, según recomendaciones de los fabricantes de estos químicos, por la naturaleza de estos fluidos.

La tubería será de diámetro ½" cédula 40 al igual que los accesorios, todos roscables.

Las válvulas a emplearse serán de acero inoxidable y de clase 150 roscables, se emplearán manómetros de glicerina con un rango de 0 a 10 bar.

La presión de recirculación para homogenizar la mezcla así como en el inyector será de 7 bar.

El atomizado se realizará empleando el aire disponible en la línea de aire comprimido de la planta la presión disponible en dicha línea es 7 bar.

La descripción del circuito neumático necesario para efectuar el atomizado se lo hará más adelante en el capítulo de diseño.

Sistema de zaranda.

La zaranda debe tener una malla de 1200 micrones y deberá ser fabricada en acero inoxidable, la capacidad de carga de la zaranda debe ser 170 Kg. este es el último proceso para producir el aditivo el producto terminado que sale de la misma será almacenado en sacos para su movilización.

La planta a fabricarse deberá contar con todas las medidas de seguridad para el operador, así como una óptima funcionalidad y fácil mantenimiento.

A continuación se observará el diseño de forma básico de la planta, las dimensiones reales se detallarán en la sección de planos presentados al final de la tesis.

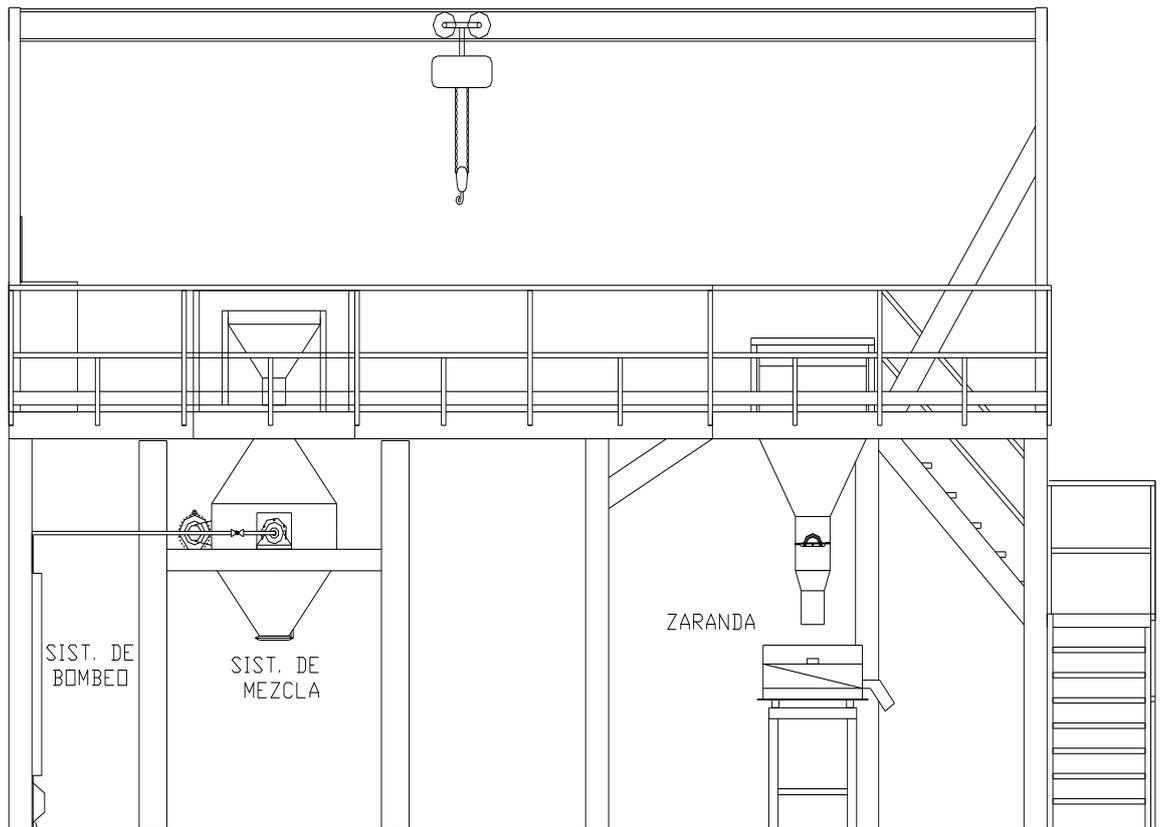


FIGURA 1.2 ESQUEMA GENERAL DE LA PLANTA.

CAPÍTULO 2

DISEÑO DE LA PLANTA

2.1. Cálculo y dimensionamiento de la estructura de la planta.

Una vez establecida la geometría de la estructura de la planta se definen las siguientes secciones de análisis.

- Estructura principal.
- Transporte de sacones.

2.1.1. Cálculo y dimensionamiento de la estructura principal.

Se selecciona como elemento crítico de la estructura un pórtico que una carga máxima de 2 Toneladas ubicada en el centro de la viga, la separación

máxima entre columnas es de 5.2 metros y la altura de la estructura es de 3 metros.

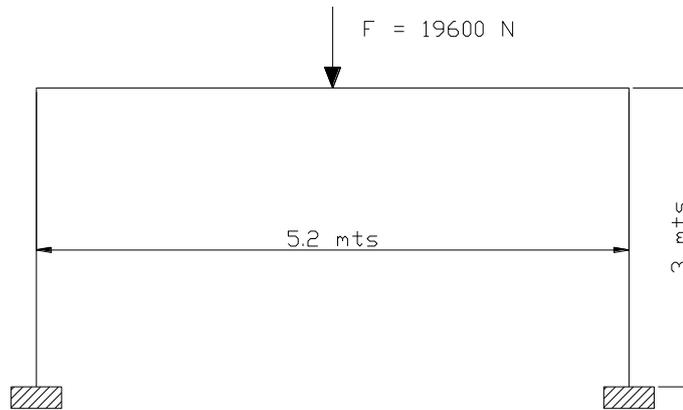


FIGURA 2.1. PORTICO DE ANALISIS DE ESTRUCTURA PRINCIPAL.

Análisis de la viga principal.

El esfuerzo debido a la flexión está dado por la ecuación.

$$\sigma = \frac{Mc}{I}$$

$$\sigma = \frac{M}{Z}$$

Donde:

M: momento máximo producido en la viga.

c: distancia más alejada entre el eje de referencia y el límite de la sección.

I: inercia.

Z: módulo de sección.

El momento máximo en la viga principal está dado por las ecuaciones de una viga empotrada en los extremos, con una carga en el centro.

$$M = \frac{Fl}{8}$$

Donde l es la longitud de la viga [m] y F es la carga aplicada [N].

De acuerdo a las normas AISC para elementos sometidos a flexión el esfuerzo máximo permisible es 0.6 veces el esfuerzo mínimo de fluencia (S_y)

$$S_{\text{permisible}} = 0.6 S_y$$

Donde, S_y para el acero SA-36 = 248.21 MPa.

Reemplazando los valores en la ecuación se obtiene.

$$Z = \frac{M}{S_{\text{permisible}}}$$

$$Z = \frac{Fl}{4.8S_y}$$

$$Z = \frac{(19600)(5.2)}{(4.8)(248211252)}$$

$$Z_{\text{requerido}} = 8.5545 \times 10^{-5} m^3 = 85.54 cm^3$$

Por lo tanto el módulo de sección mínimo requerido es de 85.54 cm³, la sección más próxima a la requerida es la de un tubo rectangular de 200 x 100 x 3, el cual tiene un módulo de sección de 92.4 cm³, cumpliendo este perfil con el requerimiento de diseño

$$Z_{\text{requerido}} < Z_{\text{seleccionado}}$$

$$85.54 < 92.4$$

Cálculo de las columnas

Para el cálculo de las columnas se empleará el método LRFD.

Se asume un valor de longitud efectiva para columnas $k = 1.2$ (apéndice A).

Se selecciona como columna un cajón de 200 mm por 100 mm de 3 mm de espesor.

Tomando la menor inercia de la sección tenemos

$$I = 273.85 \text{ cm}^4.$$

El radio de giro (r) es igual a

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

Donde:

I : inercia de la sección.

A : área de la sección.

$$k = 1.2$$

$$\frac{kl}{r} = 145.96$$

Con el valor obtenido de Kl/r , se obtiene el valor del esfuerzo crítico que soporta la columna, de la tabla de la AISC para elementos fabricados de acero SA-36 sometidos a compresión (apéndice B).

$$F_a = 48.95 \text{ MPa.}$$

$$F_a = \frac{F}{A}$$

Despejando F de la ecuación se obtiene la fuerza máxima que puede soportar la sección transversal de la columna.

$$F_{\text{máxima}} = 71960N$$

$$F_{\text{aplicada}} = 9800N$$

$$F_{\text{máxima}} > F_{\text{aplicada}}$$

$$71960 > 9800$$

Por lo tanto el perfil de columna seleccionado cumple con los requerimientos de diseño.

Cálculo de soldadura en la estructura

El análisis que se efectuará para la soldadura será determinar la dimensión del pie de la junta, para ello se empleará el criterio de la Sociedad Americana de Soldadura (AWS) que determina que el esfuerzo máximo permisible para soldadura (f) para elementos estructurales soldados a filete es 66.189 MPa.

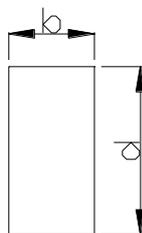


FIGURA 2.2. GEOMETRIA DE LA SOLDADURA.

En la junta actúan esfuerzos de flexión (W_b) y esfuerzos de corte (W_s)

$$W_b = \frac{M}{S_w}$$

$$M = \frac{Fl}{8}$$

El factor S_w propiedades de las líneas exteriores de soldaduras se obtiene del apéndice C.

$$S_w = bd + \frac{d^2}{3}$$

Donde

d: longitud vertical = 0.2 m.

b: longitud horizontal = 0.1 m.

F: carga = 19600 N.

l: longitud de viga = 5.2 m.

Reemplazando los valores se obtiene

$$W_b = \frac{\frac{Fl}{8}}{bd + \frac{d^2}{3}} = \frac{12740}{0.033} = 382200 N/m$$

Para el esfuerzo de corte

$$W_s = \frac{V_s}{A_w} = \frac{9800}{0.6} = 16633.33 N/m$$

$$W_r = \sqrt{W_b^2 + W_s^2} = \sqrt{143.34 \times 10^9} = 382548.8 N/m$$

$$w = \frac{W_r}{f} = \frac{3872548.8}{66189667} = 5.77 \times 10^{-3} m$$

w: ancho del pie de soldadura (m).

La garganta del filete de soldadura es igual a 0.707w.

La garganta de soldadura elegida es 4 mm.

Tolvas para alimentación de sistemas de mezcla y zaranda.

Sobre el sistema de mezcla va una tolva de alimentación para el mezclador, esta tolva debe ser hecha en acero A-304 espesor 4 mm y debe tener una compuerta para facilitar el procedimiento de abrir los sacones, esta tolva descansa sobre tubos de diámetro 50 mm de acero A-36.

Sobre la zaranda se encuentra una tolva para alimentar a la misma, esta tolva será fabricada en plancha de 4 mm de espesor de material SA-36, se le colocará un anillo rigidizador del mismo material, no se considera necesario hacer el análisis estructural de estas dos tolvas ya que las cargas que actúan sobre ellas son pequeñas en comparación con las cargas que puede soportar

el espesor de plancha seleccionado, en todo caso el procedimiento para diseñar estas tolvas es similar al que se empleará más adelante para el cálculo del espesor del mezclador.

Paneles para formar la plataforma principal.

Para los paneles que conforman el piso de la plataforma se emplearán ángulos de 40 x 4 mm de A-36, y plancha expandida con ojo de 32 x 70 mm y vena de 6 mm de espesor, en la sección de apéndices se colocarán las tablas de las propiedades de estos dos componentes.

2.1.2. Cálculo y dimensionamiento del sistema de transporte de sacones.

Para transportar los sacones se empleará un puente grúa, la estructura para este puente debe ser diseñada considerando las siguientes características.

Luz: 9 m.

Carga: 1000 Kg..

Análisis de la viga carrilera

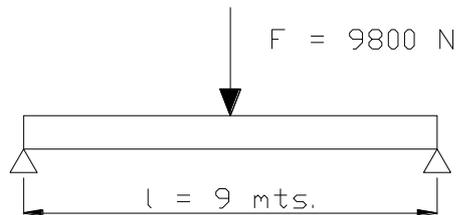


FIGURA. 2.3. ESQUEMA DE VIGA CARRILERA DE PUENTE GRUA.

El esfuerzo debido a la flexión está dado por la ecuación.

$$\sigma = \frac{Mc}{I}$$

$$\sigma = \frac{M}{Z}$$

Donde:

M: momento máximo producido en la viga.

C: distancia más alejada entre el eje de referencia y el límite de la sección

I: inercia.

Z: módulo de sección.

El momento máximo en la viga principal está dado por las ecuaciones de una viga simplemente apoyada en los extremos, con una carga en el centro.

$$M = \frac{Fl}{4}$$

Donde l es la longitud de la viga y F es la carga aplicada [N], dicha carga aplicada F se ve modificada por un factor $K= 1.10$ para puentes grúas operados desde el suelo.

De acuerdo a las normas AISC para elementos sometidos a flexión el esfuerzo máximo permisible es 0.6 veces el esfuerzo mínimo de fluencia (S_y)

$$S_{\text{permisible}} = 0.6 S_y$$

Donde, S_y para el acero SA36 = 248.21 MPa.

Reemplazando los valores en la ecuación se obtiene.

$$Z = \frac{M}{S_{\text{permisible}}}$$

$$Z = \frac{1.10Fl}{2.4S_y}$$

$$Z = \frac{1.10(9800)(9)}{(2.4)(248211252)}$$

$$Z_{\text{requerido}} = 16.28 \times 10^{-5} m^3 = 162.8 cm^3$$

Por lo tanto el módulo de sección del perfil a seleccionar se debe ser mayor o igual a $162.8 cm^3$.

Adicionalmente se realiza el análisis de la deflexión máxima que se produce en la viga, asignándole a esta deflexión un valor igual al razón entre la longitud total de la viga y mil, la inercia requerida queda definida como.

$$\delta_{\max} = \frac{Fl^3}{48EI}$$

$$\delta_{\max} = \frac{l}{1000}$$

$$\frac{l}{1000} = \frac{Fl^3}{48EI}$$

$$I = \frac{1000Fl^2}{48E} = \frac{1.1 \times 9800 \times 81 \times 1000}{48 \times 199.94 \times 10^9} = 9.098 \times 10^{-5} m^4$$

$$I = 9098.35 cm^4$$

La inercia requerida para que no se refleje la viga es 9098.35 cm⁴ la sección más próxima que cumple con este requisito es la de una HEB 240 cuya inercia es de 11260 cm⁴ y módulo de sección 938 cm³.

Cálculo del pórtico soporte de la viga carrilera

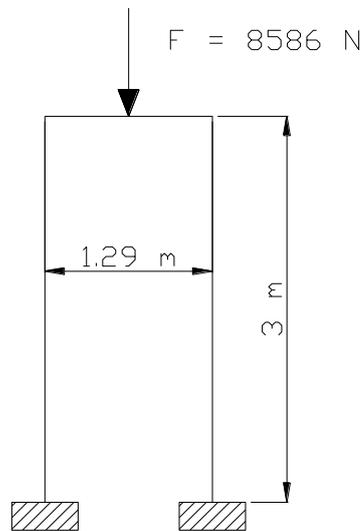


FIGURA. 2.4. ESQUEMA DEL PORTICO DEL PUENTE GRUA.

El esfuerzo debido a la flexión está dado por la ecuación.

$$\sigma = \frac{Mc}{I}$$

$$\sigma = \frac{M}{Z}$$

Donde:

M: momento máximo producido en la viga.

C: distancia más alejada entre el eje de referencia y el límite de la sección.

I: inercia.

Z: módulo de sección.

El momento máximo en la viga principal está dado por las ecuaciones de una viga empotrada en los extremos, con una carga en el centro.

$$M = \frac{Fl}{8}$$

Donde l es la longitud de la viga 1.29 m. y F es la carga aplicada 8586 N, esta carga se ve modificada por un factor $k= 1.10$ para vigas maestras de puentes grúas operados desde el suelo.

De acuerdo a las normas AISC para elementos sometidos a flexión el esfuerzo máximo permisible es 0.6 veces el esfuerzo mínimo de fluencia (S_y)

$$S_{\text{permisible}} = 0.6 S_y$$

Donde, S_y para el acero SA36 = 248.21 MPa.

Reemplazando los valores en la ecuación se obtiene.

$$Z = \frac{M}{S_{\text{permisible}}}$$

$$Z = \frac{Pl}{4.8S_y}$$

$$Z = \frac{1.10 \times (8586)(1.29)}{(4.8)(248 \times 10^6)}$$

$$Z_{\text{requerido}} = 1.02 \times 10^{-5} m^3 = 10.23 cm^3$$

Por lo tanto el módulo de sección mínimo requerido es de 10.23 cm³, la sección a emplear es la de un tubo rectangular de 200x100x3, para aprovechar los sobrantes de la estructura principal, el módulo de sección de estos tubos es 938 cm³, cumpliendo con el requerimiento de diseño.

$$Z_{\text{requerido}} < Z_{\text{seleccionado}}$$

$$10.23 < 938$$

Cálculo de las columnas.

Para el cálculo de las columnas se empleará el método LRFD.

Se asume un valor de longitud efectiva para columnas $k = 1.2$ (apéndice A).

Se seleccionará como las columnas serán el mismo material y sección de las vigas de la estructura principal por lo tanto la columna es un cajón de 200 mm. por 100 mm. de 3 mm. de espesor.

Tomando la menor inercia de la sección tenemos

$$I = 273.85 \text{ cm}^4.$$

El radio de giro (r) es igual a

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

Donde:

I : inercia de la sección.

A : área de la sección.

$$k = 1.2$$

$$\frac{kl}{r} = 133.79$$

Con el valor obtenido de Kl/r , se obtiene el valor de el esfuerzo crítico que soporta la columna, de la tabla de la AISC para elementos fabricados de acero SA-36 sometidos a compresión (apéndice B).

$$F_a = 58.19 \text{ MPa.}$$

$$F_a = \frac{F}{A}$$

Despejando F de la ecuación se obtiene la fuerza máxima que puede soportar la sección transversal de la columna.

$$F_{\text{máxima}} = 85542N$$

$$F_{\text{aplicada}} = 4722.3N$$

$$F_{\text{máxima}} > F_{\text{aplicada}}$$

$$85542 > 4722.3$$

Por lo tanto el perfil de columna seleccionado cumple con los requerimientos de diseño.

Cálculo de soldadura en la estructura.

El análisis que se efectuará para la soldadura será determinar la dimensión de la garganta de la junta, para ello se empleará el criterio de la Sociedad Americana de Soldadura (AWS) que determina que el esfuerzo máximo permisible para soldadura (f) para elementos estructurales soldados a filete es 66.189 MPa.

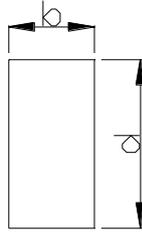


FIGURA 2.5. GEOMETRIA DE LA SOLDADURA.

En la junta actúan esfuerzos de flexión (W_b) y esfuerzos de corte (W_s)

$$W_b = \frac{M}{S_w}$$

$$M = \frac{Fl}{8}$$

El factor S_w propiedades de las líneas exteriores de soldaduras se obtiene del apéndice C.

$$S_w = bd + \frac{d^2}{3}$$

Donde:

d: longitud vertical = 0.2 m.

b: longitud horizontal = 0.1 m.

l: longitud de viga = 1.29 m.

Reemplazando los valores se obtiene

$$W_b = \frac{\frac{Fl}{8}}{bd + \frac{d^2}{3}} = \frac{1522.94}{0.033} = 46149.75 N/m$$

Para el esfuerzo de corte

$$W_s = \frac{V_s}{A_w} = \frac{4722.3}{0.6} = 7870.5 N / m$$

$$W_r = \sqrt{W_b^2 + W_s^2} = \sqrt{2191744195.31} = 46816.06 N / m$$

$$w = \frac{W_r}{f} = \frac{46816.06}{66189667} = 7.07 \times 10^{-4} m$$

w: ancho del pie de soldadura (m).

La garganta del filete de soldadura es igual a 0.707w.

La garganta de soldadura elegida es 3 mm, igual al menor de los espesores de los perfiles a soldar, siendo esta garganta mayor a la requerida por el cálculo de diseño.

El trole seleccionado para el puente es eléctrico con capacidad de 1 Ton y fue suministrado por los dueños de la planta.

2.2 Cálculo y dimensionamiento del sistema de mezcla.

Una vez definida la geometría del sistema de mezcla, se procede a calcular la máxima cantidad de polvo que se puede cargar en el mezclador y que este siga funcionando junto con el atomizado.

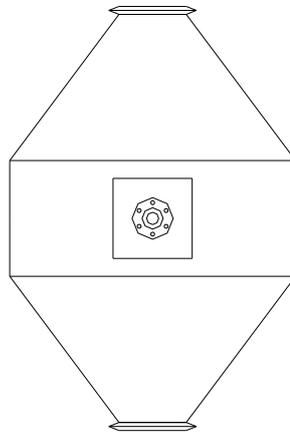


FIGURA 2.6. ESQUEMA DEL MEZCLADOR.

El volumen total de polvo queda definido por la ecuación.

$$V_{total} = V_{cono} + \frac{V_{cilindro}}{2}$$

$$V_{cono} = 0.2618h(D^2 + Dd + d^2)$$

$$V_{cilindro} = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$V_{total} = 0.21618h_{cono}(D^2 + Dd + d^2) + \frac{\pi D^2 h_{cilindro}}{8}$$

$$V_{total} = 0.418m^3$$

Para determinar el peso de la carga máxima de polvo multiplico el volumen por el peso específico del polvo $\gamma_{polvo} = 12720 \text{ N/m}^3$.

$$W_{polvo} = \gamma_{polvo} V_{polvo} = 5316.96N$$

La presión que ejerce la carga del polvo sobre las paredes del mezclador está expresada por la siguiente ecuación:

$$P_{polvo} = \gamma_{polvo} h_{polvo}$$

Donde la $h_{polvo} = 0.767 \text{ m}$, dando como resultado $P_{polvo} = 9755 \text{ Pa}$.

Cálculo del espesor de las paredes del cono truncado.

Si bien es cierto las cargas que actúan en las paredes del mezclador son de impacto, se realizará una análisis empleando las ecuaciones para recipientes sometidos a presión interna bajo el código ASME VIII asumiendo que la cargas producidas por estas fuerzas de impacto son equivalentes a tres veces las cargas producidas por una columna estática del mismo material.

Por lo tanto la presión de diseño (P_d) queda definida así:

$$P_d = 3P_{polvo} = 29265Pa$$

Aplicando la ecuación del código ASME VIII para determinar el espesor de tapas cónicas en recipientes sometidos a presión interna.

$$t = \frac{P_d D_o}{2 \cos \alpha (SE + 0.4P_d)}$$

Donde:

P_d : presión de diseño = 29265 Pa.

D_o : Diámetro exterior del cono.= 1.084 m.

S : esfuerzo máximo admisible de trabajo del material = 121.34 MPa.

E : eficiencia de la junta para recipientes soldados = 0.6.

α : ángulo entre la línea de centro del recipiente y la cabeza del cono = 37°.

Reemplazando valores

$$t = \frac{29265 \times 1.084}{(2 \cos 37)(121.34 \times 10^6 \times 0.6 + 0.4 \times 48755.09)}$$

$$t = 2.72 \times 10^{-4} \text{ m.}$$

Este resultado en el espesor de la placa es de esperarse tomando en consideración la poca presión que ejerce la columna de detergente.

Se procede a seleccionar un espesor de 4 mm por las facilidades que me presta al momento de soldar y conformar el doble cono.

Cálculo del espesor de las tapas de cierre del mezclador.

Para el cálculo del espesor de las tapas se empleará el mismo criterio utilizado para determinar el espesor de las paredes del mezclador, se aplicarán las ecuaciones para placas planas de la norma UG-34 del código ASME VIII:

$$t = d \sqrt{\frac{CP_d}{SE}}$$

Donde :

d: diámetro de la abertura = 0.255 m

C: factor dado por la forma del cierre = 0.25.

P_d: Presión interna de diseño = 29265 Pa

S: esfuerzo máximo admisible de trabajo = 121.34 MPa (Acero A-304).

E: eficiencia de la junta = 0.6 (junta no radiografiada).

Reemplazando valores

$$t = 0.255 \sqrt{\frac{0.25 \times 29265}{121.34 \times 10^6 \times 0.6}}$$

$$t = 2.55 \text{ mm}$$

El espesor seleccionado para las tapas será el mismo que se empleará en el resto del cuerpo 4 mm.

Cálculo del diámetro de los pernos y bisagra en sistema de cierre.

Primero se procede a determinar la fuerza ejercida sobre la tapa,

$$F_{tapa} = 1494.58N$$

$$F_{bisagra} = 373.65N$$

$$F_{perno} = 747.29N$$

$$S_{permissible} = 0.45S_y$$

El esfuerzo máximo permisible cuando se tiene una carga cortante es 0.45 S_y .

Para el caso de la bisagra

$$S_{permissible} = \frac{F_{bisagra}}{A_{bisagra}}$$

$$A_{bisagra} = \frac{F_{bisagra}}{S_{permissible}} = \frac{\pi \times d_{bisagra}^2}{4}$$

$$d_{bisagra} = \sqrt{\frac{4F_{bisagra}}{\pi \times 0.45 \times S_y}}$$

$$d_{bisagra} = 1.75mm$$

Para el caso del perno

$$d_{perno} = \sqrt{\frac{4F_{perno}}{\pi \times 0.45 \times S_y}}$$

$$d_{perno} = 2.47mm$$

Para la bisagra y perno de cierre se emplearán diámetros de 12.7 mm.

Antes de continuar con los cálculos es necesario determinar el peso del mezclador para ello se determina el volumen y se lo multiplica por el peso específico del acero inoxidable.

$$W_{mezclador} = 2209.75N$$

$$W_{carga} = 5326.7N$$

$$W_{carga\ total} = W_{mezclador} + W_{carga}$$

$$W_{carga\ total} = 7536.49N$$

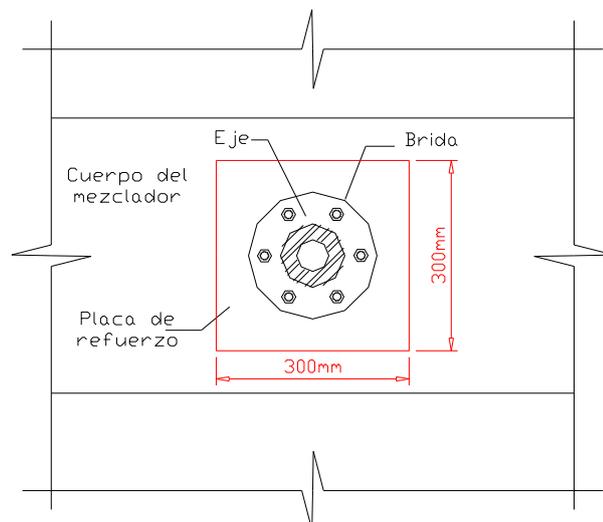


FIGURA 2.7. ACOPLÉ ENTRE EJE Y MEZCLADOR.

Cálculo de soldadura entre mezclador y placa de acople.

Para el esfuerzo de corte

$$W_s = \frac{V_s}{A_w} = \frac{5043.9}{1.2} = 4203.28 N/m$$

$$w = \frac{W_r}{f} = \frac{4203.28}{66189667} = 6.35 \times 10^{-5} m.$$

La garganta de soldadura elegida es 4 mm igual al espesor de las planchas a soldar, siendo esta garganta mayor a la requerida w .

Cálculo del diámetro de los pernos en la unión de la brida del eje con la placa de refuerzo.

Como los pernos soportan un esfuerzo cortante puro, la ecuación para determinar su diámetro es la siguiente.

$$S_{\text{permisible}} = 0.45 S_{\text{aceroinox}}$$

$$d_{\text{perno}} = \sqrt{\frac{2W_{c \text{ arg avtotal}}}{\pi \times N_{\text{pernos}} \times 0.45 \times S_y}}$$

$$d_{\text{perno}} = \sqrt{\frac{2 \times 10087.8}{3.1416 \times 6 \times 0.45 \times 344.73 \times 10^6}}$$

$$d_{\text{perno}} = 2.626 mm$$

El diámetro seleccionado es 12.7 mm. para los pernos de acero inoxidable

Cálculo de la soldadura entre el eje del mezclador y brida

Para el esfuerzo de corte

$$W_s = \frac{V_s}{A_s} = \frac{5043.9}{0.31416} = 16055.19 N/m$$

$$w = \frac{W_r}{f} = \frac{16055.19}{66189667} = 2.42 \times 10^{-4} m.$$

La garganta de soldadura elegida es 4 mm. igual al espesor de las planchas a soldar, siendo esta garganta mayor a la requerida w .

Diseño del eje del mezclador

Primero se debe calcular el torque máximo que se debe aplicar al eje del volteador, para ello se asume que la carga no se desplaza durante los primeros 90° de la rotación.

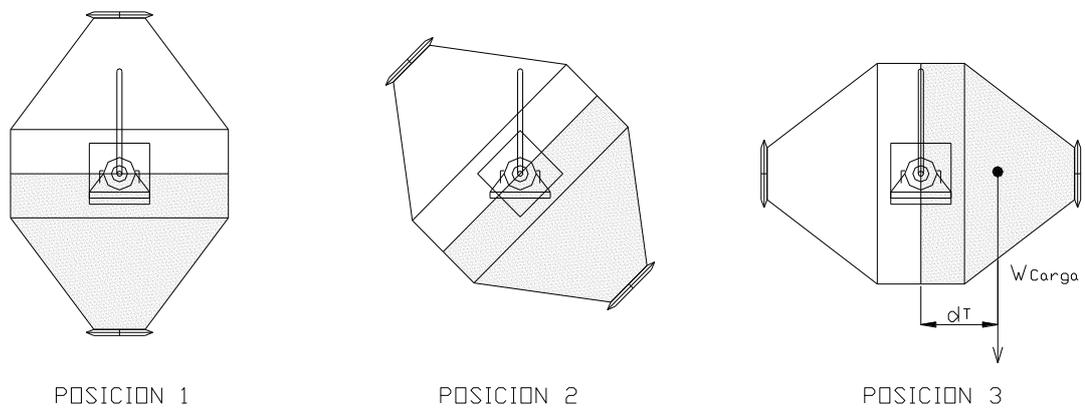


FIGURA 2.8. ESQUEMA DE VOLTEADOR GIRANDO.

Determinando el centro de gravedad de la carga, se puede hallar el brazo de torque.

$$a = \frac{h_{cono} \times (R^2 + 2Rr + 3r^2)}{4(R^2 + Rr + r^2)}$$

$$d_T = \frac{h_{cilindro}}{2} + a$$

Donde.

R: radio mayor del cono = 0.542 m.

r: radio menor del cono = 0.128 m.

h_{cono} : altura del cono = 0.548 m.

$h_{cilindro}$: altura del cilindro = 0.434 m.

d_T : distancia de brazo de torque.

$$d_T = 0.39m$$

Multiplicando la carga máxima de producto por el brazo d_T se determina el Torque en el eje del mezclador.

$$\tau_{eje} = W_{carga} \times d_T = 5326.7 \times 0.39 = 2082.44 N - m.$$

Como el mezclador gira a 12 rpm. la potencia en Watts. queda definida por la siguiente ecuación:

$$P_{eje} = \frac{\tau_{eje} \times n_{eje}}{9.55} = \frac{2082.44 \times 12}{9.55} = 2617W$$

Pero como en el mercado el motor con la potencia más próxima es de 2982.8 Watts el torque aplicado en el eje queda redefinido como:

$$\tau_{ejered} = \frac{P_{motor} \times 9.55}{n_{eje}} = \frac{2982.8 \times 9.55}{12} = 2374 N - m$$

El cálculo del eje se hará considerándolo sometido a las cargas de fatiga, se selecciona como eje una barra hueca de acero AISI 304 de las siguientes características.

Material: A304

Resistencia a la tensión S_{ut} : 586 MPa.

Dureza: 150 HB

$D_e = 100$ mm.

$d_i = 71$ mm.

Momentos de inversión completa.

Momento de torsión

$M_{ts} = 2374 N-m.$

Momento de flexión (M_f)

$$M_f = W_{cargatotal} \times (D_{mezclador} + l_{eje})$$

$$M_f = (3768.24)(0.742) = 2796.04N - m$$

$$M_f = 2796.04N - m$$

Primero se determina el límite a la fatiga de una viga rotatoria Se' .

$$Se' = 0.504 S_{ut.} \quad \text{para } S_{ut.} < 1400 \text{ MPa.}$$

$$Se' = (0.504)(586) = 295.34 \text{ MPa.}$$

$$Se = (ka)(kb)(kc)(kd)(ke)Se'.$$

Para determinar el factor de acabado de superficie.

Tabla 2

Factores de acabados de superficies.

ACABADO DE SUPERFICIE	FACTOR a		EXPONENTE b
	kpsi	MPa	
Esmerilado (rectificado)	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o estirado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Forjado	39.9	272.	-0.995

$$ka = aS_{ut}^b$$

De la tabla 2

$$ka = 4.51(586)^{-0.265} = 0.833$$

Factor de tamaño $kb = 0.6$

Factor de carga $kc = 1$

Todos los factores de Marin restantes tienen el valor de la unidad.

$$S_e = (k_a)(k_b)(k_c)(k_d)(k_e)S_e'$$

$$S_e = 0.83 \times 0.6 \times 1 \times 1 \times 295.34 = 147.63 \text{ MPa}$$

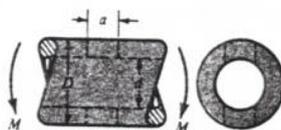
A partir de la tabla 3 el factor de concentración de esfuerzos teóricos utilizando.

$$a/D = 0.06.$$

$$d/D = 0.71.$$

Tabla 3

Factores de concentración de esfuerzo aproximados para barra circular con agujero transversal sometida a flexión.



a/D	d/D					
	0.9		0.6		0	
	A	K_t	A	K_t	A	K_t
0.050	0.92	2.63	0.91	2.55	0.88	2.42
0.075	0.89	2.55	0.88	2.43	0.86	2.35
0.10	0.86	2.49	0.85	2.36	0.83	2.27
0.125	0.82	2.41	0.82	2.32	0.80	2.20
0.15	0.79	2.39	0.79	2.29	0.76	2.15
0.175	0.76	2.38	0.75	2.26	0.72	2.10
0.20	0.73	2.39	0.72	2.23	0.68	2.07
0.225	0.69	2.40	0.68	2.21	0.65	2.04
0.25	0.67	2.42	0.64	2.18	0.61	2.00
0.275	0.66	2.48	0.61	2.16	0.58	1.97
0.30	0.64	2.52	0.58	2.14	0.54	1.94

Fuente: R. E. Peterson, *Stress Concentration Factors*, Wiley, Nueva York, 1974, págs. 146, 235.

De la tabla

$$A = 0.9$$

$$K_t = 2.55$$

$$Z_{neto} = \frac{\pi A}{32D} (D^4 - d^4)$$

$$Z_{neto} = \frac{\pi \times 0.9}{32 \times 10} (10^4 - 7.1^4)$$

$$Z_{neto} = 65.90 \text{ cm}^3$$

En el caso de torsión se ve que

Tabla. 4.

Factores de concentración de esfuerzo aproximados para barra circular con agujero transversal sometida a torsión.



a/D	d/D									
	0.9		0.8		0.6		0.4		0	
	A	K _{ts}								
0.05	0.96	1.78							0.95	1.77
0.075	0.95	1.82							0.93	1.71
0.10	0.94	1.76	0.93	1.74	0.92	1.72	0.92	1.70	0.92	1.68
0.125	0.91	1.76	0.91	1.74	0.90	1.70	0.90	1.67	0.89	1.64
0.15	0.90	1.77	0.89	1.75	0.87	1.69	0.87	1.65	0.87	1.62
0.175	0.89	1.81	0.88	1.76	0.87	1.69	0.86	1.64	0.85	1.60
0.20	0.88	1.96	0.86	1.79	0.85	1.70	0.84	1.63	0.82	1.58
0.25	0.87	2.00	0.82	1.86	0.81	1.72	0.80	1.63	0.79	1.54
0.30	0.80	2.18	0.78	1.97	0.77	1.76	0.75	1.63	0.74	1.51
0.35	0.77	2.41	0.75	2.09	0.72	1.81	0.69	1.63	0.68	1.47
0.40	0.72	2.67	0.71	2.25	0.68	1.89	0.64	1.63	0.63	1.44

Fuente: R. E. Peterson, *Stress Concentration Factors*, Wiley, Nueva York, 1974, págs. 148, 244.

De la tabla.4

$$A = 0.95$$

$$K_{ts} = 1.75$$

$$J_{neto} = \frac{\pi A}{32} (D^4 - d^4)$$

$$J_{neto} = \frac{\pi \times 0.95}{32} (10^4 - 7.1^4)$$

$$J_{neto} = 695.65 \text{ cm}^4$$

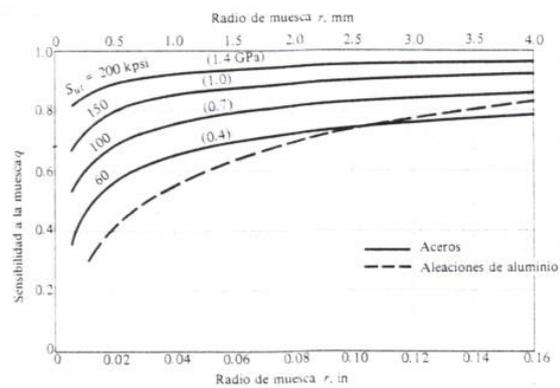


Figura 2.9. Diagrama de sensibilidad a la muesca para aceros sometidos a cargas de flexión con inversión.

Utilizando la figura 2.9. se determina la sensibilidad a la mella por flexión $q = 0.8$ entonces, el factor de concentración de esfuerzo por fatiga debido a la flexión queda definido por la ecuación.

$$K_f = 1 + q(K_t - 1)$$

$$K_f = 1 + 0.8(2.55 - 1)$$

$$K_f = 2.24$$

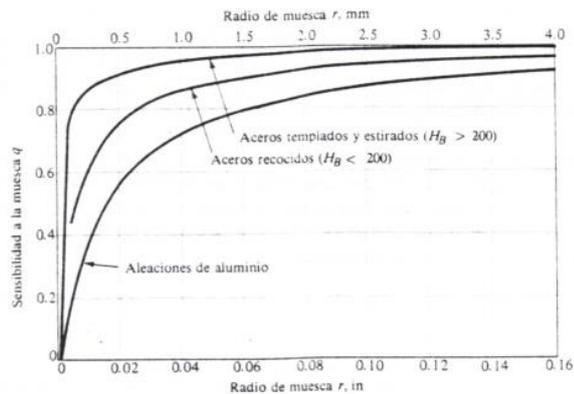


Figura 2.10. Curvas de sensibilidad a la muesca para materiales en torsión con inversión.

Utilizando la figura 2.10. se determina la sensibilidad a la mella por torsión $q = 0.94$ entonces, el factor de concentración de esfuerzo por fatiga debido a la torsión queda definido como

$$K_{fs} = 1 + q(K_{ts} - 1)$$

$$K_{fs} = 1 + 0.94(1.75 - 1)$$

$$K_{fs} = 1.705$$

Ahora se tiene que el esfuerzo por flexión es:

$$\sigma_x = K_f \frac{M}{Z_{neto}}$$

$$\sigma_x = 2.24 \times \frac{2796.03}{65.90} = 95.03 \text{ MPa}$$

Y el esfuerzo por torsión es:

$$\tau_{xy} = K_{fs} \frac{TD}{2J_{neto}}$$

$$\tau_{xy} = 1.70 \times \frac{2374 \times 10}{2 \times 695.66} = 29.09 MPa$$

Se determina que los dos esfuerzos principales distintos de cero, a partir de un análisis por círculo de Mohr, son

$$\sigma_A, \sigma_B = \frac{\sigma_x}{2} \pm \left[\left(\frac{\sigma_x}{2} \right)^2 + \tau_{xy}^2 \right]^{1/2}$$

$$\sigma_A, \sigma_B = \frac{95.03}{2} \pm \left[\left(\frac{95.03}{2} \right)^2 + 29.09^2 \right]^{1/2}$$

$$\sigma_A = 103.23 MPa$$

$$\sigma_B = -8.20 MPa$$

El esfuerzo de Von Mises es

$$\sigma' = (\sigma_A^2 - \sigma_A \sigma_B + \sigma_B^2)^{1/2}$$

$$\sigma' = (103.23^2 - 103.23 \times (-8.20) + 8.20^2)^{1/2}$$

$$\sigma' = 107.56 MPa$$

Por último se estima el factor de seguridad

$$n = \frac{Se}{\sigma'} = \frac{147.6}{107.56} = 1.3$$

Lo cual nos dice que con las dimensiones y el material seleccionado para el eje cumple con los requerimientos de diseño.

Cálculo de la estructura de soporte para el mezclador

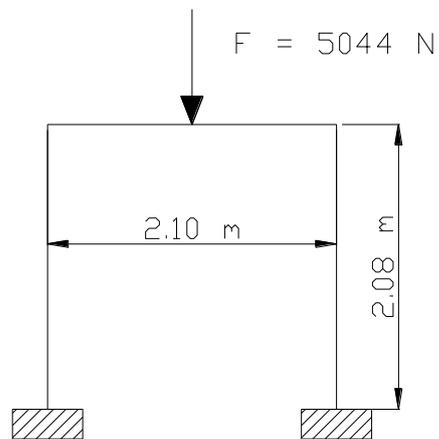


FIGURA. 2.11. ESQUEMA DEL PORTICO SOPORTE DEL MEZCLADOR.

El esfuerzo debido a la flexión está dado por la ecuación.

$$\sigma = \frac{Mc}{I}$$

$$\sigma = \frac{M}{Z}$$

Donde:

M: momento máximo producido en la viga.

C: distancia más alejada entre el eje de referencia y el límite de la sección.

I: inercia.

Z: módulo de sección.

El momento máximo en la viga principal está dado por las ecuaciones de una viga empotrada en los extremos, con una carga en el centro, donde la carga

se ve modificada por un factor de servicio $k=1.5$ para soporte de máquinas impulsadas por motor.

$$M = \frac{1.5Fl}{8}$$

Donde l es la longitud de la viga 1.29 m. y F es la carga aplicada equivalente al peso de la carga mas el mezclador y accesorios.

De acuerdo a las normas AISC para elementos sometidos a flexión el esfuerzo máximo permisible es 0.6 veces el esfuerzo mínimo de fluencia (S_y)

$$S_{\text{permisible}} = 0.6 S_y$$

Donde, S_y para el acero SA-36 = 248.21 MPa.

Reemplazando los valores en la ecuación se obtiene.

$$Z = \frac{M}{S_{\text{permisible}}}$$

$$Z = \frac{1.5Fl}{4.8S_y}$$

$$Z = \frac{(1.5)(5044)(2.1)}{(4.8)(248 \times 10^6)}$$

$$Z_{\text{requerido}} = 1.33 \times 10^{-5} m^3 = 13.34 cm^3$$

Por lo tanto el módulo de sección mínimo requerido es de 13.34 cm³, la sección a emplear es una viga HEB 160, para aprovechar los sobrantes de un trabajo anterior, el módulo de sección de viga es 311 cm³, cumpliendo con el requerimiento de diseño.

$$Z_{\text{requerido}} < Z_{\text{seleccionado}}$$

$$13.34 < 331$$

Adicionalmente se realiza el análisis de la deflexión máxima que se produce en la viga, asignándole a esta deflexión un valor igual al razón entre la longitud total de la viga y ocho cientos, la inercia requerida queda definida como.

$$\delta_{\text{max}} = \frac{1.5Fl^3}{192EI}$$

$$\delta_{\text{max}} = \frac{l}{800}$$

$$\frac{l}{800} = \frac{1.5Fl^3}{192EI}$$

$$I = \frac{800 \times 1.5 \times Fl^2}{48E} = \frac{1.5 \times 5044 \times 4.41 \times 800}{48 \times 199.94 \times 10^9} = 6.95 \times 10^{-7} m^4$$

$$I = 69.53 cm^4$$

La inercia requerida para que no se refleje la viga es 69.53 cm⁴ la inercia de el perfil seleccionado es 889 cm⁴ cumpliendo con los requerimientos del diseño.

Cálculo de las columnas.

Para el cálculo de las columnas se empleará el método LRFD.

Se asume un valor de longitud efectiva para columnas $k = 1.2$ (apéndice A).

Se seleccionará como columnas una viga HEB 240, por sugerencia del departamento de ingeniería del cliente.

Tomando la menor inercia de la sección tenemos

$$I = 273.85 \text{ cm}^4.$$

El radio de giro (r) es igual a

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

Donde:

I : inercia de la sección.

A : área de la sección.

$$k = 1.2$$

$$\frac{kl}{r} = 133.79$$

Con el valor obtenido de Kl/r , se obtiene el valor de el esfuerzo crítico que soporta la columna, de la tabla de la AISC para elementos fabricados de acero SA-36 sometidos a compresión (apéndice B).

$$F_a = 58.19 \text{ MPa.}$$

$$F_a = \frac{F}{A}$$

Despejando F de la ecuación se obtiene la fuerza máxima que puede soportar la sección transversal de la columna.

$$F_{\text{máxima}} = 85542N$$

$$F_{\text{aplicada}} = 3783N$$

$$F_{\text{máxima}} > F_{\text{aplicada}}$$

$$85542 > 3783$$

Por lo tanto el perfil de columna seleccionado cumple con los requerimientos de diseño.

Cálculo de soldadura en la estructura

El análisis que se efectuará para la soldadura será determinar la dimensión de la garganta de la junta, para ello se empleará el criterio de la Sociedad Americana de Soldadura (AWS) que determina que el esfuerzo máximo permisible para soldadura (f) para elementos estructurales soldados a filete es 66.189 MPa.

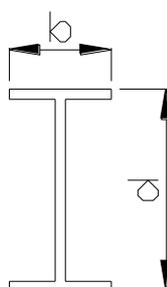


FIGURA 2.12. GEOMETRIA DE LA SOLDADURA.

En la junta actúan esfuerzos de flexión (W_b) y esfuerzos de corte (W_s)

$$W_b = \frac{M}{S_w}$$

$$M = \frac{1.5Fl}{8}$$

El factor S_w propiedades de las líneas exteriores de soldaduras se obtiene del apéndice C.

$$S_w = bd + \frac{d^2}{3}$$

Donde:

d: longitud vertical = 0.16 m.

b: longitud horizontal = 0.16 m.

F: carga = 5044 N.

l: longitud de viga = 2.1 m.

Reemplazando los valores se obtiene

$$W_b = \frac{\frac{1.5Fl}{8}}{bd + \frac{d^2}{3}} = \frac{1986.07}{3.41 \times 10^{-2}} = 58185.79 \text{ N/m}$$

Para el esfuerzo de corte

$$W_s = \frac{V_s}{A_w} = \frac{3783}{0.64} = 5910.94 N/m$$

$$W_r = \sqrt{W_b^2 + W_s^2} = \sqrt{3420525340.35} = 58485.25 N/m$$

$$w = \frac{W_r}{f} = \frac{58485.25}{66189667} = 8.83 \times 10^{-4} m$$

w: ancho del pie de soldadura (m).

La garganta del filete de soldadura es igual a 0.707w.

La garganta de soldadura elegida es 3 mm, igual al menor de los espesores de los perfiles a soldar, siendo esta garganta mayor a la requerida por el cálculo de diseño.

2.3 Cálculo y dimensionamiento del sistema de bombeo y atomizado.

Para diseñar el sistema de bombeo y atomizado hay que tener en cuenta las siguientes características:

La presión de operación del sistema debe ser 7 bar.

La tubería y los accesorios son de acero inoxidable con diámetro de 12.7 milímetros.

La presión disponible en la línea de aire comprimido es de 7 bar.

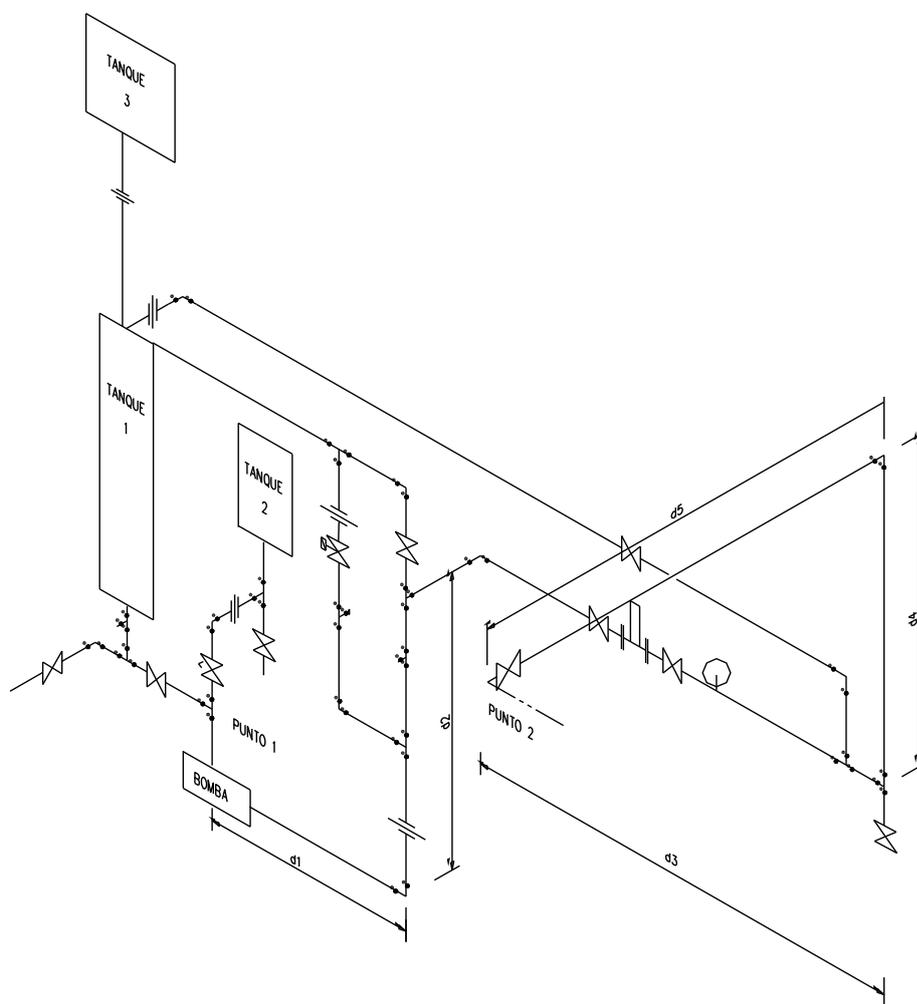


FIGURA.2.13. ESQUEMA DEL SISTEMA DE BOMBEO.

Los requerimientos de diseño son:

Presión en 2 : $P_2 = 689.47 \text{ KPa}$.

Caudal : $Q = 8.418 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$.

Diámetro en 1: $d_1 = 12.7 \text{ mm}$.

Diámetro en 2: $d_2 = 8 \text{ mm}$.

Longitud de tubería: $l = 6.24 \text{ m}$.

Como la velocidad en el fluido en la tubería está definida por

$$V_1 = \frac{Q}{A_1}$$

$$V_1 = \frac{8.45 \times 10^{-5}}{\frac{\pi \times (0.0127)^2}{4}} = 0.66 \text{ m/s}$$

$$V_2 = \frac{Q}{A_2}$$

$$V_2 = \frac{8.45 \times 10^{-5}}{\frac{\pi \times (0.008)^2}{4}} = 1.67 \text{ m/s}$$

y las propiedades del fluido son

$$\rho = 1038 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\mu = 1.2 \times 10^{-3} \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2}$$

se concluye que el número de Reynolds (Re)

$$\text{Re} = \frac{\rho V_1 d_1}{\mu}$$

$$\text{Re} = \frac{1038 \times 0.66 \times 0.0127}{1.2 \times 10^{-3}} = 7.30 \times 10^3$$

Como $\text{Re} > 4000$ el flujo es turbulento.

La ecuación rectora para estos casos es:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + h_l$$

donde

$$Z_1 = 0m$$

$$Z_2 = 2.080m$$

$$P_1 = P_2 + \gamma Z_2 + \frac{1}{2} \rho (V_2^2 - V_1^2) + \gamma f \frac{l}{D} \frac{V_1^2}{2g} + \frac{\rho V^2}{2} \sum K_L$$

Las pérdidas por cambio de elevación es

$$\gamma Z_2 = 10.1 \times 10^{-3} \times 2.080 = 21008 \frac{N}{m^2}$$

La cantidad debida al aumento de la energía cinética es

$$\frac{1}{2} \rho (V_2^2 - V_1^2) = \frac{1}{2} \times 1038 \times (1.67^2 - 0.66^2) = 1221.36 \frac{N}{m^2}$$

Para el cálculo de las pérdidas mayores h_L

$$h_L = f \frac{l V_1^2}{D 2g}$$

Por el apéndice E la rugosidad relativa para la tubería es

$$\varepsilon/D = 3.30 \times 10^{-3}$$

Con este valor de rugosidad relativa y el número de Reynolds calculado, el valor de f se obtiene del Diagrama de Moody (Apéndice F).

$$f = 0.039$$

Obteniéndose que

$$\gamma h_L = \rho f \frac{l V_1^2}{d 2}$$

$$\gamma h_L = 1038 \times 0.039 \times \frac{6.24}{0.0127} \times \frac{0.66^2}{2}$$

$$\gamma h_L = 4332.12 \frac{N}{m^2}$$

Para el cálculo de las pérdidas menores y considerando los siguientes accesorios en la línea

TABLA 5
Cantidad de accesorios en la línea de flujo.

Accesorios	Cantidad
Válvula de bolas	3
Codos 90°	3
Uniones	1
Conexión bridada	2
Tee flujo en línea	3
Tee flujo derivado	3

Con los coeficientes de pérdidas en los componentes K_L que están dados en el apéndice G y los datos de la tabla 5, las pérdida menores quedan definidas como.

$$\sum \rho K_L \frac{V^2}{2}$$

$$\sum \rho K_L \frac{V^2}{2} = 1038 \times \frac{0.66^2}{2} \times [3(0.05) + 3(1.5) + 1(0.08) + 2(0.08) + 3(0.9) + 3(2)]$$

$$\sum \rho K_L \frac{V^2}{2} = 3072.38 \frac{N}{m^2}$$

Reemplazando los valores obtenidos en la ecuación rectora se obtiene

$$P_1 = P_2 + \gamma Z_2 + \frac{1}{2} \rho (V_2^2 - V_1^2) + \gamma f \frac{l}{D} \frac{V_1^2}{2g} + \frac{\rho V^2}{2} \sum K_L$$

$$P_1 = 689475.73 + 1221.36 + 21008 + 4332.12 + 3072.38$$

$$P_1 = 719109.60 Pa$$

Por lo tanto la bomba a seleccionarse deberá proporcionar dicha presión P_1 .

Circuito de Atomizado.

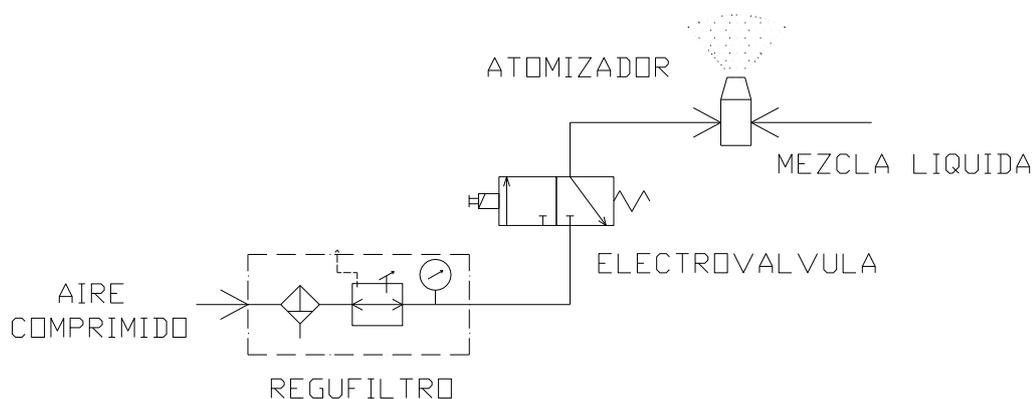


FIGURA 2.14. ESQUEMA DE CIRCUITO DE ATOMIZADO.

La figura 2.14 muestra el circuito neumático que se requiere para realizar el atomizado, este circuito fue suministrado en su totalidad por los dueños de la planta, está formado por los siguientes elementos:

Un filtro regulador

Características:

Conexión: 10 mm BSPT.

Elemento filtrante de bronce sinterizado de 40 η .

Presión máxima: 10 bar.

Temperatura de trabajo: -10 + 50°C.

Vaso de policarbonato transparente.

Una Electroválvula 3/2

Características:

Comando eléctrico normalmente cerrado.

Presión: 0-8 Kg/cm².

Frecuencia: 60 Hz.

Temperatura de trabajo: -15 – 50°C.

Lubricación: No indispensable.

Cuerpo de aluminio.

Tiempo de respuesta: 8 a 15 ms.

Un dosificador (boquilla).

La presión de aire existente en la línea es de 7 bar, y la presión de bombeo de líquido es también de 7 bar, al llegar la mezcla líquida a la boquilla es atomizada, este proceso ocurre dentro del mezclador, los parámetros necesarios para la selección de la boquilla tales como ángulo de rocío y la dimensión de la gota requerida así como la selección de la misma fueron determinados por el departamento de proyectos de nuestro cliente.

La inyección de la mezcla líquida es controlada por una botonera que activa la electroválvula, el operador maneja los tiempos de accionamiento de dicha botonera de acuerdo a las cargas de líquido a inyectar.

2.4. Selección del sistema de zaranda.

La zaranda debe ser construida en acero inoxidable con una malla de 1200 micrones, estructura de la zaranda está diseñada para procesar una carga de 170 Kg de polvo en un ciclo de trabajo.

La obtención de el ángulo de inclinación del fondo de la zaranda se hizo por experimentación en el la fábrica A&H, se colocó una cantidad de polvo detergente sobre la placa y se la inclinó hasta determinar el ángulo en el cual empezaba a deslizarse con un ligero movimiento 12° , en la realidad el ángulo necesitado es mucho menor ya que el movimiento del motor de la zaranda es el que ayuda a que circule el polvo.

Existen varias formas de darle el movimiento vibratorio al cedazo, entre ellos se destacan los vibradores externos, estos pueden ser de varios tipos:

- Neumáticos.
- Eléctricos.
- Magnéticos.

Por la facilidad de instalación y mantenimiento, se elegirá como medio de transmitir la vibración, un motor eléctrico de masas excéntricas.

2.4.1 Cálculo de la estructura soporte de la zaranda.

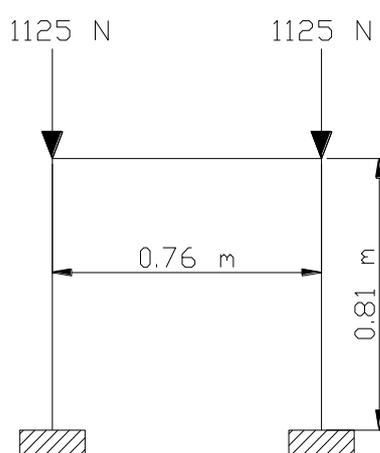


FIGURA. 2.15. ESQUEMA DEL SOPORTE DE LA ZARANDA.

Cálculo de las columnas.

Para el cálculo de las columnas se empleará el método LRFD.

Se asume un valor de longitud efectiva para columnas $k = 1.2$ (apéndice A).

Se seleccionará como columnas un perfil UPN 80.

Tomando la menor inercia de la sección tenemos

$$I = 19.4 \text{ cm}^4.$$

El radio de giro (r) es igual a

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$r = \sqrt{\frac{19.4}{11}} = 1.32 \text{ cm}$$

Donde:

I : inercia de la sección.

A : área de la sección: 11 cm^2 .

l : altura de la columna = 0.81 m

$$k = 1.2$$

$$\frac{kl}{r} = 128$$

Con el valor obtenido de Kl/r , se obtiene el valor de el esfuerzo crítico que soporta la columna, de la tabla de la AISC para elementos fabricados de acero SA-36 sometidos a compresión (apéndice B).

$$F_a = 62.8 \text{ MPa.}$$

$$F_a = \frac{F}{A}$$

Despejando F de la ecuación se obtiene la fuerza máxima que puede soportar la sección transversal de la columna.

$$F_{\text{máxima}} = 69092N$$

$$F_{\text{aplicada}} = 1125N$$

$$F_{\text{máxima}} > F_{\text{aplicada}}$$

$$69092 > 1125$$

Por lo tanto el perfil de columna seleccionado cumple con los requerimientos de diseño.

En la mesa soporte de la zaranda el peso descansa sobre los resortes situados sobre las columnas, por eso las vigas sirven únicamente para mantener unidas las columnas y no se considera necesario realizar el cálculo de las mismas, para las vigas se empleará el mismo perfil seleccionado para las columnas.

Cálculo de soldadura en la estructura soporte de zaranda.

El análisis que se efectuará para la soldadura será determinar la dimensión de la garganta de la junta, para ello se empleará el criterio de la Sociedad Americana de Soldadura (AWS) que determina que el esfuerzo máximo

permisible para soldadura (f) para elementos estructurales soldados a filete es 66.189 MPa.

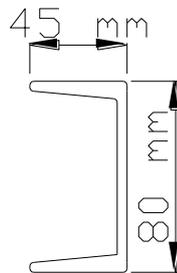


FIGURA 2.16. GEOMETRIA DE LA SOLDADURA.

En la junta actúan esfuerzos de corte (W_s)

Donde:

V: carga = 1125 N.

A: longitud de soldadura = 0.32 m.

Para el esfuerzo de corte

$$W_s = \frac{V_s}{A_w} = \frac{1125}{0.32} = 3516.31 \text{ N/m}$$

$$w = \frac{W_s}{f} = \frac{3516.31}{66189667} = 5.31 \times 10^{-5} \text{ m}$$

w: ancho del pie de soldadura (m).

La garganta del filete de soldadura es igual a $0.707w$.

La garganta de soldadura elegida es 6 mm, igual al menor de los espesores de los perfiles a soldar, siendo esta garganta mayor a la requerida por el cálculo de diseño.

2.5 Selección de los componentes mecánicos en función de los datos obtenidos.

Selección del motor de mezclador

La potencia requerida para el motor es 2617 Watts, en el mercado el motor con la potencia más próxima es de 2982 Watts, como el sistema para hacer rotar el mezclador es por cadenas y necesita girar a 12 rpm. , se seleccionará un motoreductor de 1745 rpm a 50 rpm.

Trifásico de: 220-240 V

Frecuencia: 60 Hz

Selección de cadena.

Para poder obtener las 12 revoluciones por minuto en el mezclador es necesario determinar las características de los componentes que intervienen en ella, las catarinas y cadena.

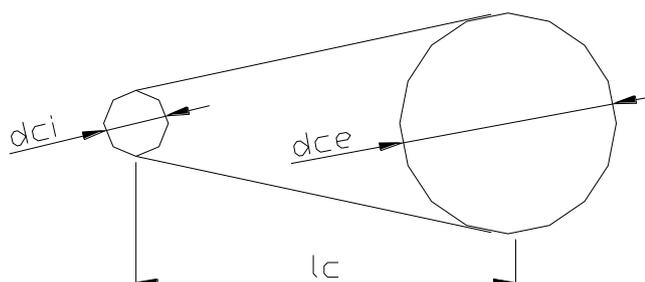


FIGURA 2.17. ESQUEMA DE TRANSMISION CADENA - CATARINAS

La cadena se empleará para realizar el movimiento rotatorio del mezclador, se determina primero el tipo de cadena que se necesita emplear para luego determinar su longitud y el diámetro de paso de la rueda catarina.

TABLA 6
FACTOR DE SERVICIO PARA LA TRANSMISION

CARACTERÍSTICA DEL IMPULSO	FUENTE DE POTENCIA MOTRIZ	
	CARACTERÍSTICA DE MOMENTO TORSIONAL NORMAL	MOMENTO TORSIONAL ALTO O NO UNIFORME
Uniforme	1.0 a 1.2	1.1 a 1.3
Choque ligero	1.1 a 1.3	1.2 a 1.4
Choque mediano	1.2 a 1.4	1.4 a 1.6
Choque fuerte	1.3 a 1.5	1.5 a 1.8

Como la velocidad es baja 50 r.p.m., escogemos un número de dientes igual a 14. La potencia de diseño viene dada por:

$$K_D = K_S H$$

Donde K_S es el factor de servicio y H es la potencia nominal del motor, escogemos de la tabla 6 un factor de servicio con choques moderados igual a 1.1 y la potencia es 4HP (2982 W).

$$K_D = 1.1 \times 4 = 4.4HP$$

TABLA 7
FACTOR K_1 CORRECCION POR DIENTES

NÚMERO DE DIENTES EN RUEDA IMPULSORA	FACTOR DE CORRECCIÓN POR DIENTES K_1
11	0.53
12	0.62
13	0.70
14	0.78
15	0.85
16	0.92
17	1.00
18	1.05
19	1.11
20	1.18
21	1.26

TABLA 8
FACTOR K_2 CORRECCION POR TORONES MULTIPLES

NÚMERO DE TORONES	K_2
1	1.0
2	1.7
3	2.5
4	3.3

Se escoge una cadena ANSI número 100 con 50 r.p.m. y se determina un $H_r = 5.52$ (Apéndice H), De las tablas 7 y 8 se selecciona un $K_1 = 0.92$ y $K_2 = 1$, se procede a calcular la potencia corregida que es igual a:

$$H_r' = K_1 K_2 H_r = 0.92 \times 1 \times 5.52 = 5.07 Hp$$

La cual es satisfactoria, la elección se designa como cadena 100-1 (Apéndice I).

Ahora se determina el diámetro de paso de la catarina impulsora.

$$d_{ci} = \frac{P}{\text{sen}\left(\frac{180}{N}\right)}$$

$$d_{ci} = \frac{31.75}{\text{sen}\left(\frac{180}{16}\right)} = 162 mm$$

Ahora se determina el diámetro y número de dientes requeridos en la catarina impulsada

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{d_{ci}}{d_{ce}}$$

donde:

n_1 : velocidad angular de catarina impulsora: 50 rpm.

n_2 : velocidad angular de catarina impulsada 12 rpm.

N_1 : Número de dientes de catarina impulsora: 16.

N_2 : Número de dientes de catarina impulsada:

d_{ci} : Diámetro de catarina impulsora: 162 mm.

d_{ce} : Diámetro de catarina impulsada:

reemplazando los datos

$$N_2 = \frac{n_1}{n_2} N_1 = \frac{50 \times 16}{12} = 66 \text{dientes}$$

$$d_2 = \frac{n_1}{n_2} d_1 = \frac{162 \times 50}{12} = 675 \text{mm}$$

Las catarinas y la cadena ser encuentran protegidas por un guardacadenas.

Selección de chumaceras

Como la carga básica es la radial se selecciona un cojinete de bolas, por que este se puede someter a una combinación de carga radial y de empuje. Primeramente es conveniente definir la componente de empuje F_a producida por la carga radial F_r , como se sabe la componente radial es N por lo tanto la componente de empuje será igual:

$$F_a = \frac{0.47 F_r}{K}$$

De la tabla se selecciona un factor de carga para maquinaria con impactos moderados igual a 1.5, reemplazando los valores se obtiene:

$$F_r = \frac{0.47 \times 3768}{1.5} = 1180.71 \text{N}$$

Como las cargas del catálogo están basadas sólo en la carga radial es conveniente definir una carga radial equivalente F_e que tendrá el mismo

efecto sobre la vida del cojinete que las cargas aplicadas. La ecuación de la AFBMA para carga radial equivalente para cojinetes de bolas es el máximo de dos valores.

$$F_e = VF_r$$

$$F_e = XVF_r + YF_a$$

Donde

F_e : carga radial equivalente.

F_r : carga radial aplicada.

F_a : carga de empuje aplicada.

V : factor de rotación.

X . factor radial.

Y : factor de empuje.

El factor de rotación V sirve para corregir las diversas condiciones de rotación. Para el caso de giro del aro interior $V = 1$.

Los factores X y Y dependen de la geometría del cojinete. Las recomendaciones de la AFBMA se basan en la razón de la componente de empuje F_a a la capacidad de carga estática C_o , y en un valor de referencia variable e . La capacidad C_o se tiene tabulada junto con la carga dinámica básica C .

El árbol tiene un diámetro exterior de 95 mm por lo tanto se seleccionará un cojinete de bolas de 95 mm de diámetro interior, y se obtiene el valor de C_o (.8).

TABLA 9
FACTORES DE CARGA RADIAL EQUIVALENTE PARA COJINETES DE
BOLAS

F_a/C_0	e	$F_a/F_r \leq e$		$F_a/F_r > e$	
		X_1	Y_1	X_2	Y_2
0.014*	0.19	1.00	0	0.56	2.30
0.021	0.21	1.00	0	0.56	2.15
0.028	0.22	1.00	0	0.56	1.99
0.042	0.24	1.00	0	0.56	1.85
0.056	0.26	1.00	0	0.56	1.71
0.070	0.27	1.00	0	0.56	1.63
0.084	0.28	1.00	0	0.56	1.55
0.110	0.30	1.00	0	0.56	1.45
0.17	0.34	1.00	0	0.56	1.31
0.28	0.38	1.00	0	0.56	1.15
0.42	0.42	1.00	0	0.56	1.04
0.56	0.44	1.00	0	0.56	1.00

*Utilice 0.014 si $F_a/C_0 < 0.014$.

Para entrar a la tabla 9 se calculan los siguientes valores:

$$\frac{F_a}{C_0} = \frac{1180.71}{118000} = 0.01$$

$$\frac{F_a}{F_r} = \frac{1180.71}{3768.24} = 0.31$$

De la tabla 9 $e = 0.19$, $X=0.56$ y $Y=2.3$ por lo tanto la fuerza radial equivalente será:

$$F_e = VF_r = 1 \times 3768.24 = 3768.24N$$

$$F_e = XVF_r + YF_a = 0.56 \times 1 \times 3768.24 + 2.3 \times 1180.7 = 4825.82N$$

El valor máximo de la carga radial equivalente es 4825.82 N.

Se selecciona del catálogo de rodamientos SKF un rodamiento de bolas Explorer 6319, y la chumacera a emplearse es la SNL319TA

Selección de bomba.

La bomba a seleccionarse debe cumplir con los siguientes requisitos

Caudal: $8.4 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$.

Presión: 719109.60 Pa.

Voltaje: 220 V.

Frecuencia: 60 Hz.

Cuerpo de acero inoxidable.

Selección de motor para zaranda.

El motor para la zaranda tiene las siguientes características

Tipo de motor: Excéntrico.

Revoluciones: 3600 rpm.

Frecuencia: 60 Hz.

Potencia: 0.36 KW.

Selección de resortes para zaranda.

La zaranda cuenta con cuatro puntos de apoyo, en dichos puntos se colocarán resortes mecánicos para darle flexibilidad al sistema.

El peso máximo de la zaranda cargada es de 305.6 Kg, por lo tanto la fuerza en cada resorte es de 750.14 N.

Selecciono un resorte de las siguientes características:

$$d_{\text{lambre}} : 5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$D_{\text{medio}} : 34.05 \times 10^{-3} \text{ m.}$$

Para este caso $F_a = F_m = 375.074 \text{ N}$.

El índice del resorte es $C = D/d = 5/34.05 = 6.81$.

Se determina K_s y K_B

$$K_s = \frac{2C + 1}{2C} = \frac{2 \times 6.81 + 1}{2 \times 6.81} = 1.073$$

$$K_B = \frac{4C + 2}{4C - 3} = \frac{4 \times 6.81 + 2}{4 \times 6.81 - 3} = 1.206$$

La componente del esfuerzo cortante alternante es.

$$\tau_a = K_B \frac{8F_a D}{\pi d^3} = 1.206 \times \frac{8 \times 375.074 \times 0.034}{3.1416 \times 0.005^3} = 313.84 \text{ MPa}$$

$$\tau_m = K_s \frac{8F_m D}{\pi d^3} = 1.073 \times \frac{8 \times 375.074 \times 0.034}{3.1416 \times 0.005^3} = 279.27 \text{ MPa}$$

TABLA 10
CONSTANTES PARA CALCULAR RESISTENCIAS MINIMAS DE LOS
ACEROS COMUNES PARA RESORTES.

MATERIAL	ASTM Núm.	EXPONENTE <i>m</i>	INTERCEPCIÓN	
			A, kpsi	A, MPa
Alambre para cuerda musical ^a	A228	0.163	186	2060
Alambre revenido en aceite ^b	A229	0.193	146	1610
Alambre estirado duro ^c	A227	0.201	137	1510
Al cromo-niobio ^d	A232	0.155	173	1790
Al cromo-silicio ^e	A401	0.091	218	1960

^aLa superficie es lisa, no tiene defectos y posee brillante acabado lustroso.

^bTiene una ligera capa de escoria proveniente del tratamiento térmico, la que debe quitarse antes de aplicar recubrimiento.

^cLa superficie es lisa y brillante, sin marcas visibles.

^dAlambre revenido de calidad para aviones; también puede obtenerse recocido.

^eRevenido a Rockwell C49, pero también puede obtenerse sin revenir.

Fuente: Associated Spring-Barnes Group, *Design Handbook*, Bristol, Conn., 1981, p. 19.

De la tabla 10 se selecciona un valor de $A = 1510$ MPa. y $m = 0.201$. Se calcula el S_{ut} que viene dado por la ecuación

$$S_{ut} = \frac{A}{d^m} = \frac{1510}{0.005^{0.201}} = 4380.09 \text{ MPa}$$

De la relación de Goodman modificada en el caso de torsión pulsante.

$$S_{su} = 0.67 S_{ut} = 0.67 \times 4380 = 2934.66 \text{ MPa}$$

El límite de fatiga para el resorte es $S_{se} = 465$ MPa.

Si se emplea el criterio de Goodman, entonces, para esfuerzo cortante, la ecuación es :

$$\frac{\tau_a}{S_{se}} + \frac{\tau_m}{S_{su}} = \frac{1}{n}$$

Entonces el factor de seguridad queda definido como

$$n = \frac{S_{se} S_{su}}{\tau_a S_{su} + \tau_m S_{se}}$$

$$n = \frac{465 \times 2934.66}{313.84 \times 2934.66 + 279.27 \times 465} = 1.3$$

Lo cual es satisfactorio.

Ahora se determina la máxima longitud libre del resorte permisible para evitar pandeo lateral, donde.

L_o : longitud libre máxima permisible (mm)

α : constante de forma de extremos

Para resortes soportados entre superficies paralelas planas $\alpha = 0.5$

$$L_o < 2.63 \frac{D}{\alpha}$$

$$L_o < 2.63 \times \frac{34}{0.5}$$

$$L_o < 179 \text{ mm}$$

Como el resorte va a estar sometido a esfuerzos alternantes es necesario determinar la frecuencia crítica de vibración del resorte para evitar problemas de resonancia.

$$k = \frac{d^4 G}{8D^3 N_a}$$

$$k = \frac{(0.005)^4 \times (79.3)}{8 \times (0.034)^3 \times 5} = 31525 \frac{N}{m}$$

Aplicando $\gamma = 76.5 \text{ KN/m}^3$ se determina el peso de la parte activa del resorte

$$W = \frac{\pi^2 d^2 D N_a \gamma}{4}$$

$$W = \frac{\pi^2 \times 0.005^2 \times 0.034 \times 5 \times 76500}{4} = 0.080 N$$

La frecuencia crítica se halla con la ecuación

$$f_c = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{kg}{W}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{31525 \times 9.82}{0.080}} = 983.57 \text{ Hz}$$

La frecuencia con que se aplica la fuerza en el resorte es de 60 Hz., entonces la relación

$$\frac{f_c}{f_a} = \frac{953.80}{60} = 16.39$$

Este valor se encuentra dentro del rango de 15 a 20 requerido para evitar resonancia con las armónicas.

CAPITULO 3

MONTAJE DE LA PLANTA

3.1 Cronograma de la construcción y montaje de la obra..

En el proceso de construcción y montaje participaron un promedio de 8 personas, clasificadas de la siguiente manera.

Un Gerente de Proyecto.

Un Supervisor de personal.

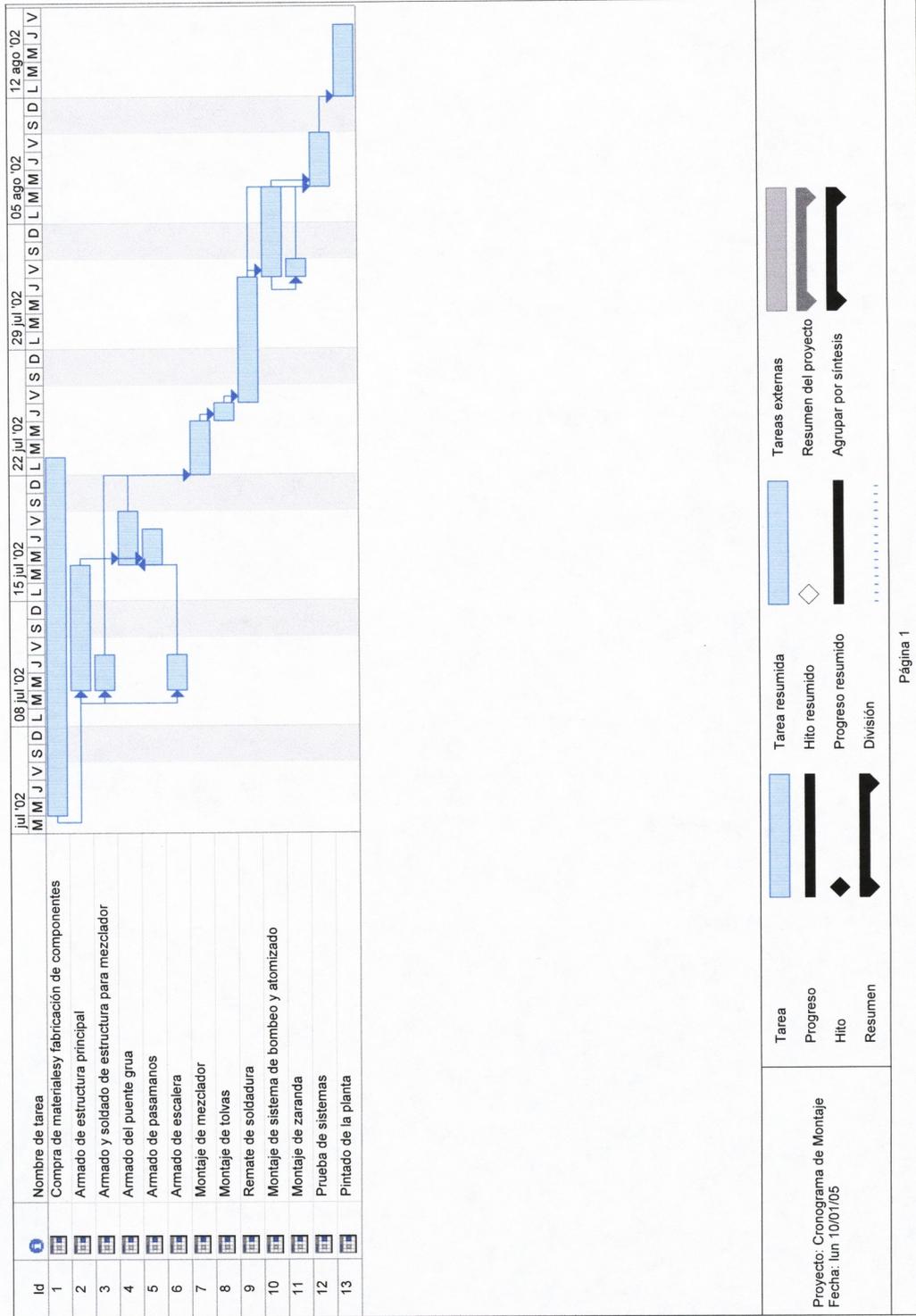
Dos Armadores soldadores.

Dos Soldadores rematadores.

Dos Oficiales.

A continuación se presenta el cronograma de montaje y construcción de la obra.

FIGURA 3.1 CRONOGRAMA DE CONSTRUCCION Y MONTAJE.



3.2 Materiales y equipos utilizados.

La lista de materiales empleados en la construcción de la planta es la siguiente:

TABLA 10
LISTA DE MATERIALES

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD
01	Angulo 40 x 4 long: 6m. A304	1
02	Angulo 40 x 4 long: 6m. A36	31
03	Botella de acetileno	3
04	Botella de Argón	2
05	Botella de oxígeno	10
06	Cadena ANSI 100	3 mts
07	Canal 100 x 50 x 3 long: 6m A36	10
08	Canal 200 x 50 x 3 long: 6m A36	33
09	Catarina D: 675 Z:66	1
10	Catarina D:162 Z: 16	1
11	Chumacera SKF SNL319TA	2
12	Codo ϕ ½" cédula 40 A304 roscable	13

13	Disco de pulir	30
14	Discos de corte	15
15	Eje sólido D= 101.6 mm long: 300mm.	2
16	Electrodo 6010 1/8" Caja 18 Kg	10
17	Electrodo 7018 1/8" Caja 18 Kg	5
18	HEB 160 long 6 m. A36	1
19	HEB 240 long: 6 m. A36	4
20	Motor vibrador eléctrico externo 0.36 Kw. 3600 rpm. 220V	1
21	Motoreductor 2.98 Kw, 220V reducc: 1750 - 50 rpm.	1
22	Perno de anclaje ϕ 1/2" x 4 1/2"	12
23	Perno de anclaje ϕ 5/8" x 4 1/2"	28
24	Perno ϕ 1/2" x 1 1/2" ·Grado 5 A304	12
25	Pintura Amarilla Epóxica Gal.	1
26	Pintura Negra Epóxica Gal.	9
27	Plancha 1200x2400x12 A36	1
28	Plancha 1200x2400x4 A304	7
29	Plancha 1200x2400x4 A36.	2
30	Plancha expandida 1200x2400x6	10

	ojo 32 x 70 material A36	
31	Platina 100 x 6 mm long: 6m A36	7
32	Tee ϕ 1/2" cédula 40 A304 roscable	11
33	Tubo estruc. ϕ 1 1/2 " esp 2 mm. long: 6m A36	20
34	Tubo estructural ϕ 2 " esp 2 mm. long: 6 m. A36	9
35	Tubo ϕ 1/2" cédula 40 A304 long: 6m.	3
36	UPN 80 A36 long: 6m	2
37	Válvula de bola ϕ 1/2" clase 150 A304	9

Los equipos empleados en la construcción y montaje fueron los siguientes:

TABLA 11
LISTA DE EQUIPOS EMPLEADOS

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD
01	Arco de sierra	1
02	Barreta	1
03	Cabos (varias longitudes)	4
04	Caja con herramientas varias	1
05	Careta para pulir	2
06	Casco para soldar	3
07	Cascos	8
08	Cepillo metálico	2
09	Chispero	1
10	Cinzel	2
11	Cinturones de seguridad	4
12	Combo	2
13	Cortadora de tubos	1
14	Cuerpo de andamio	3
15	Equipo de corte	1
16	Equipo para pintar	1
17	Escuadra grande	1
18	Escuadra pequeña	2

19	Estructura para tecele	1
20	Extintor 10 lb.	2
21	Gafas para cortar	1
22	Lijadora	1
23	Llave de tubos grande	1
24	Llave de tubos pequeña	1
25	Llave francesa	1
26	Máquina de soldar eléctrica	2
27	Máquina de soldar TIG	1
28	Orejeras	2
29	Par de guantes	6
30	Picota	1
31	Plataforma para andamio	1
32	Prensa	3
33	Protección para soldar	3
34	Pulidora grande	1
35	Pulidora pequeña	1
36	Taladro de percusión HILTI	1
37	Taladro de percusión.	1
38	Tecele	1
39	Templador	3

3.2.1 Breve descripción de los trabajos realizados.

Prefabricación de equipos y accesorios.

Comprende la construcción en la planta de A&H, de la mayor cantidad posible de elementos, dejar los componentes de la planta de polvo aditivo a punto para un ensamblaje en sitio de obra, la finalidad es agilizar la labor de montaje y disminuir los costos.

A se presentan unas fotos de algunos de los elementos fabricados en la planta de A&H.



FIGURA 3.2. CONSTRUCCION DEL MEZCLADOR.



FIGURA 3.3. TANQUE DE MEZCLA.



FIGURA 3.4. TOLVA PARA ALIMENTAR LA ZARANDA.



FIGURA 3.5 ZARANDA VISTA 1.



FIGURA 3.6. ZARANDA VISTA 2.



FIGURA 3.7. MESA SOPORTE PARA ZARANDA.

Otros componentes que fueron armados en la planta fueron, los escalones, las columnas, la plataforma de la estructura, entre otros.

Montaje en obra

Armado de las estructuras

A continuación se expondrá una secuencia de fotos que muestra el trabajo de montaje desde el armado de la estructura en el sitio, hasta el remate de las soldaduras.



FIGURA 3.8. MONTAJE DE ESTRUCTURA SOPORTE DEL MEZCLADOR.



FIGURA 3.9. MONTAJE DE LA ESTRUCTURA PRINCIPAL.



FIGURA 3.10 MONTAJE DE PASAMANOS PERIMETRAL.



FIGURA 3.11 MONTAJE DE LA ESCALERA Y PASAMANOS.



FIGURA 3.12. MONTAJE DE MEZCLADOR.



FIGURA 3.13. MONTAJE DE MEZCLADOR.



FIGURA 3.14. MONTAJE DE COLUMNAS PUENTE GRUA



FIGURA 3.15. MONTAJE DE PUENTE GRUA.



3.16. DETALLE DE ESTRUCTURA DE PUENTE GRUA.



FIGURA 3.17. TOLVA DE ALIMENTACIÓN PARA ZARANDA



FIGURA 3.18. TOLVA PARA ALIMENTACION DE ZARANDA PARTE SUPERIOR.



FIGURA 3.19. TOLVA PARA ALIMENTACION DE ZARANDA PARTE INFERIOR.



FIGURA 3.20 TOLVA DE ALIMENTACION PARA MEZCLADOR

Montaje del sistema de bombeo y atomizado.

A continuación se expondrá una secuencia de fotos que muestra el trabajo de montaje de el circuito almacenamiento, mezcla y conducción de tinolux y propilenglicol; así como el circuito neumático para la dosificación y atomización del la mezcla líquida dentro del mezclador.



FIGURA 3.21. TANQUE RESERVORIO DE PROPILENGLICOL.



FIGURA 3.22. CIRCUITO DE MEZCLA Y CIRCULACIÓN.

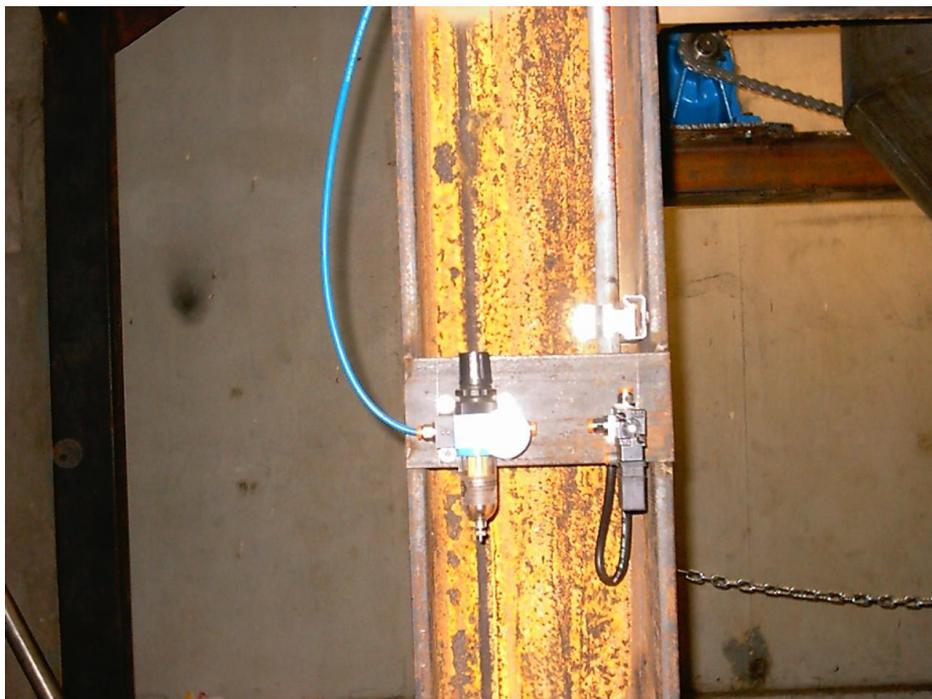


FIGURA 3.23. FILTRO REGULADOR Y ELECTROVALVULA 3/2



FIGURA 3.24. DETALLE DE INGRESO AL MEZCLADOR DE LINEAS DE AIRE Y MEZCLA.

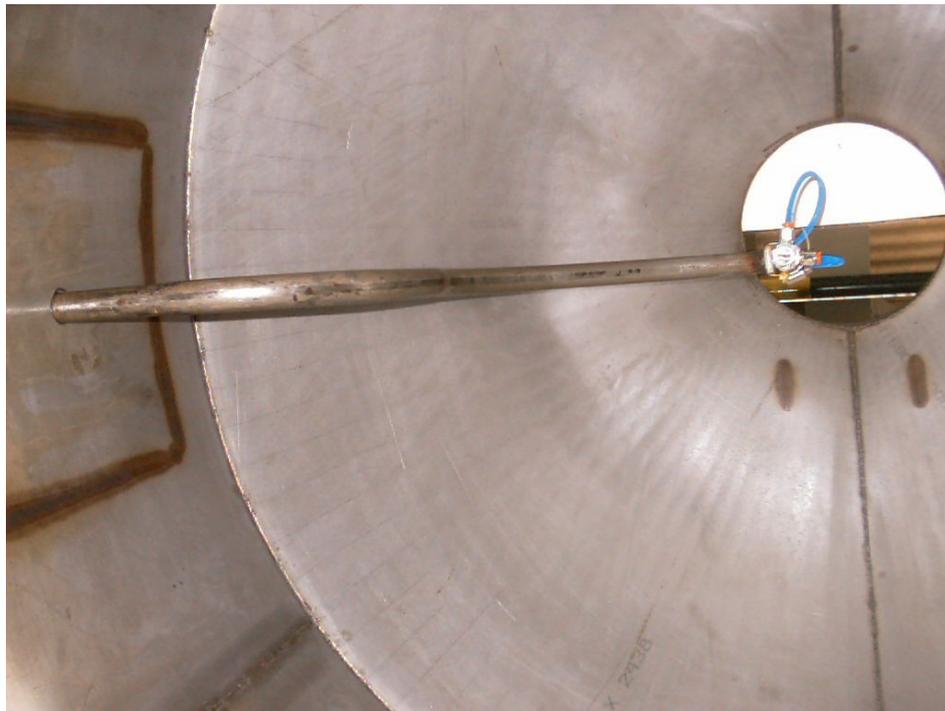


FIGURA 3.25. ATOMIZADOR DENTRO DEL MEZCLADOR.

Montaje de Zaranda

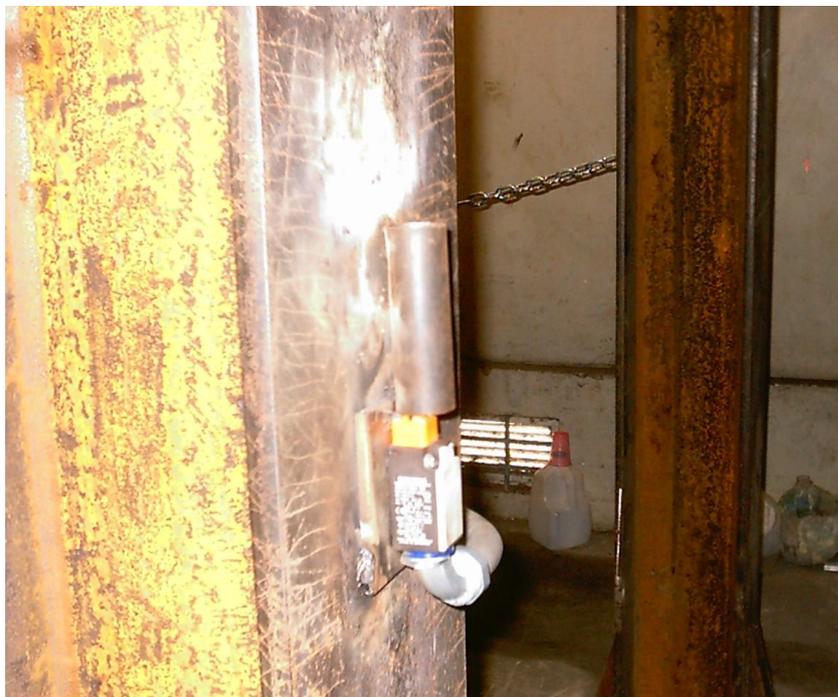
Para montar la zaranda se la anclo al suelo con pernos de anclaje de 5/8 x 4 1/2", al conectar la zaranda la vibración que transmitía al suelo era imperceptible por el operador situado a su lado.



FIGURA 3.26. MONTAJE DE ZARANDA.

Protecciones de seguridad

Una parte muy importante en el diseño es garantizar la seguridad física de los operadores de la planta por eso se incluyó un sistema de micro switches y cadenas, que impiden que mientras la planta se encuentre en operación cualquier persona esté en lugares de alto riesgo, específicamente cerca de las bocas de admisión y descarga del mezclador.



**FIGURA 3.27. MICRO SWITCH DE SEGURIDAD EN ACCESO A
DESCARGA DEL MEZCLADOR**



**FIGURA 3.28. MICRO SWITCH DE SEGURIDAD EN ACCESO A
ADMISION DEL MEZCLADOR.**

Pruebas de funcionamiento.

A continuación se expondrá una secuencia de fotos que muestra las pruebas de los diferentes componentes de la planta.



**FIGURA 3.29. CARGADO DE LA TOLVA DE ALIMENTACION DEL
MEZCLADOR**

A 150 Kg. de polvo base sin encimas se le añaden 4.23 Kg de zeolita y 4.23 Kg. de silica gel, estos componentes son introducidos en el mezclador, haciéndolo girar durante 3 minutos para que se combinen estos elementos.



FIGURA 3.30. PROCESO DE MEZCLA.



FIGURA 3.31. SISTEMA DE BOMBEO Y ATOMIZADO ENCENDIDO.

Se prepara una solución compuesta de propilenglicol líquido 10.26 Kg y tinolux 2.14 Kg ,esta solución de tinolux con propilenglicol es homogenizada haciéndola recircular en un circuito cerrado a una presión de 7 bar, este proceso dura 5 minutos, una vez homogenizada la mezcla es inyectada dentro del mezclador que se encuentra girando a 12 r.p.m., se sigue una secuencia de inyección que consiste en atomizar 20.20 lts. de mezcla líquida en 4 minutos, luego de terminada la última inyección el mezclador gira 3 minutos más para garantizar una distribución uniforme de los componentes.



FIGURA 3.32. DESALOJO DEL PRODUCTO ELABORADO DEL MEZCLADOR

Una vez terminada la fase de mezcla y atomizado el producto es desalojado del mezclador (figura 3.32) y transportado hasta la tolva de alimentación de la zaranda (figura 3.33-3.34).

Para luego ser tamizado en una malla de 1200 micrones, el proceso de tamizado dura 10 minutos (figura 3.35).

El tiempo total de funcionamiento de la planta para una producción de 170 Kg es 35 min.



FIGURA 3.33. TRANSPORTE DEL PRODUCTO MEZCLADO A TOLVA DE ZARANDA



FIGURA 3.34. CARGA DE LA TOLVA DE ALIMENTACIÓN DE LA ZARANDA



FIGURA 3.35. PRUEBA DE ZARANDA



FIGURA 3.36. PRODUCTO TERMINADO.

Aplicación de pintura.

La pintura que se aplicó es un epóxico, el tratamiento de la superficie que se aplicó es el SSCP-SP-02, que consiste en dejar libre de grasas, oxido, calamina, impurezas, la superficie a pintar empleando medios manuales como lijado, cepillado; se optó por esta especificación, basándose en las características y condiciones de trabajo que se presentan en la planta.

Se procedió a pintar la estructura de color negro con franjas amarillas para llamar la atención del personal que entre en la planta y así evitar cualquier accidente.

Para realizar el trabajo de pintura se necesitó de dos pintores durante tres días.

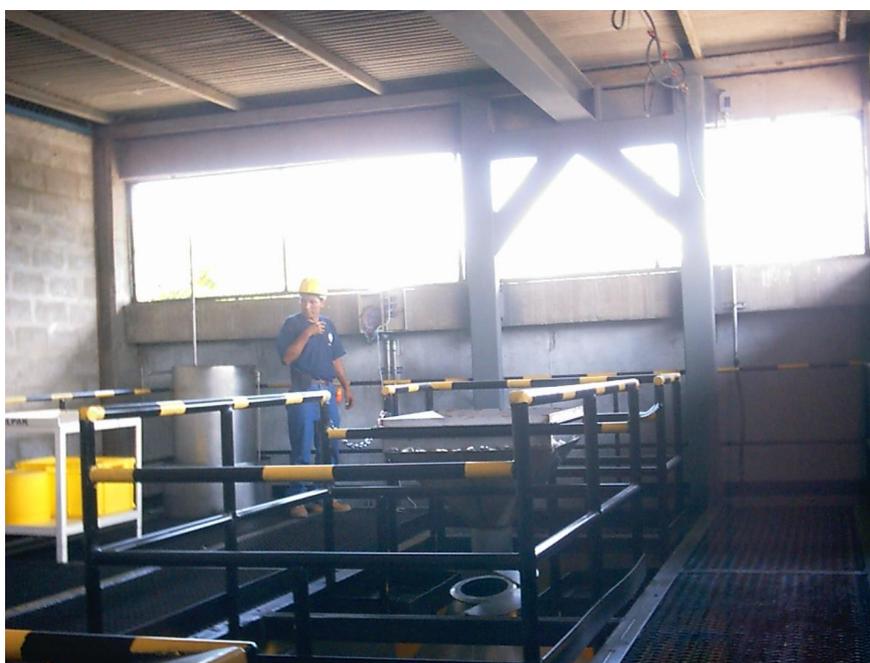


FIGURA 3.37. PINTADO TOTAL LA PLANTA..



FIGURA 3.38. PINTADO DE LA PLANTA.



FIGURA 3.39. PINTADO DE LA PLANTA.

Los trabajos de construcción y montaje de la planta duraron un total de 44 días, las observaciones y experiencias acumuladas durante el desarrollo de la obra serán analizadas posteriormente en el capítulo de conclusiones y recomendaciones.

CAPITULO 4

ANÁLISIS DE COSTOS

4.1 Análisis de costos para el diseño, montaje y construcción de la planta.

Determinación de Costos:

Perfilería:

HEB, UPN, tubos estructural A36, tubos sch40 A304, accesorios A304 clase 150, planchas A36, planchas A304, motores, pernos, pintura, catarinas, cadenas, chumaceras, varios \$ 14.186,21

Consumibles:

Oxígeno, gas, acetileno, argón, discos de pulir , discos de corte, electrodos de soldadura 6010, 7018 \$1.187,00

Determinación de Gastos:

Tiempo de duración de la obra: 44 días.
 Número de trabajadores: 8 personas.
 Horas de trabajo por día: 8 horas.
 Índice horas/hombre: 8

Salarios:

Gerente, Supervisor, Armadores, Soldadores, Ayudantes \$ 5.526,84

Gastos Administrativos:

Luz, Agua, Teléfono, Secretaria \$ 1.000,00

Alimentación: \$ 357,20

Transporte: \$ 290,00

Diseño: \$ 1.000,00

Sub Total: Costos + Gastos \$ 23.544,55

4.2 Determinación del costo de oferta

Costos + Gastos	\$ 23.544,55
Ganancia 30%	\$ 10.090,54
Sub-Total:	\$ 33.635,07
Impuestos 12% I.V.A.:	\$ 4.036,21
TOTAL US\$:	37.671,27.

Peso total de la planta es **6.666,24 Kg.**

Se puede determinar el valor del kilo de acero procesado, siendo este valor **5,61** dólares por kilogramo.

El valor de la oferta por el diseño montaje y construcción de la planta para producir polvo aditivo es de **US\$: 37.671,27.**

Este valor no incluye el montaje eléctrico de la planta, así como el valor de ciertos componentes suministrados por el cliente, dichos componentes ya han sido citados en el transcurso de la presente tesis.

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Concluido el motivo de la presente Tesis de Grado, es necesario realizar un examen de los aspectos más importantes de su contenido.

1. El diseño de la estructura de la planta se lo realizó empleando dos criterios, primero verificar el módulo de sección requerido y luego la inercia necesaria para que la deflexión en el elemento tenga un valor mínimo asignado, comparando estos dos valores se selecciona el perfil idóneo, ya que en muchas ocasiones se puede seleccionar un perfil que soporte los esfuerzos a los que está sometido pero sin embargo sufren una deflexión considerable, empleando estos dos criterios se asegura la selección de un perfil óptimo.

2. Para el cálculo del mezclador se empleó las ecuaciones del código ASME VIII división 1 para recipientes sometidos a presión interna, el código ASME asigna un valor de esfuerzo permisible de material equivalente a 0.28 veces el esfuerzo último de tensión del material, como no se pueden determinar con exactitud los esfuerzos a los que está sometido el material, se asigna un valor de carga, equivalente a tres veces la ejercida por la carga estática, el espesor de pared resultante es muy pequeño lo cual es predecible debido a la poca presión que ejerce el polvo sobre las paredes del mezclador, sin embargo este espesor debe ser llevado hasta un espesor mayor que facilite el conformado del mezclador.
3. La presente tesis de grado está regida por normas establecidas por organismos internacionales como la AISC, ASME, AWS, SSPC, entre otras.
4. La elección del acero inoxidable como material que está en contacto con el propilenglicol se realizó siguiendo las recomendaciones del Grupo Sectorial de Oxido de Propileno y Propilenglicoles del Consejo Europeo de la Industria Química (CEFI).
5. Es fundamental contar antes del inicio de la obra con todos los planos aprobados por el cliente o la fiscalización de la obra, por lo general se presentan cambios en el transcurso de la obra, dichos cambios hay que coordinarlos con la fiscalización y dejar una constancia por escrito de ellos en el libro de obras, el cual es el registro completo de los trabajos realizados, una vez finalizada la obra se efectúa el acta de entrega recepción de la misma, la cual que debe ser firmada por los representantes técnicos de las partes contratante y contratista.

6. Si bien es cierto en el diseño original del proyecto se requería que el mezclador gire a 12 r.p.m. los elementos como eje, sistema de catarinas y cadenas fue diseñado bajo este requerimiento, el departamento de ingeniería de nuestro cliente consideró darle mayor flexibilidad de producción para la planta, colocando un variador de frecuencias con lo cual el mezclador podrá girar a la velocidad que requiera el tipo de proceso o producto, pero siempre se debe tener en cuenta que la nueva velocidad de rotación no sea menor que las 12 r.p.m con las que se efectuó el diseño ya que al disminuir esta velocidad aumenta el momento de torsión sobre el eje del mezclador..
7. Una planta de este tipo requiere de un sistema de ventilación industrial para la recolección de polvos, el trabajo presente en la presente tesis no contempla dicho análisis, así como la instalación eléctrica, ya que nuestros servicios sólo comprendían la parte metalmecánica de la obra.
8. La eficiencia del proceso se encuentra en un 99.5% lo cual reindica que por cada tonelada de producto procesado va ha generarse 5 Kg. de desperdicios.
9. Una de las prioridades al momento de diseñar la planta es la seguridad de los operadores por ello se colocaron dispositivos eléctricos, microswitch en los lugares de alto riesgo, mediante los cuales la planta deja de operar en el momento que se detecta la posibilidad de que el operador se encuentre en una zona de riesgo. Otro objetivo cumplido es que el mantenimiento de la planta sea muy simple, este se reduce la lubricación de los motores, chumaceras, catarinas y cadenas, polipasto

10. Después de la primera ronda de pruebas se procedió a modificar la zaranda para aumentar la eficiencia de la misma, se amplió la abertura de descarga en un 20 % y se reemplazó los cauchos de apoyo, por resortes, en la tesis se omite la selección de los cauchos y se procede directamente al diseño de los resortes.

11. Los integrantes del equipo de montaje de A&H, cumplieron siempre con todas las normas de seguridad industrial para trabajos con equipos de corte y soldadura, trabajos en altura y manejo de sustancias inflamables, el conocimiento y cumplimiento de estas normas aseguraron agilidad en el progreso de la obra y un índice de cero accidentes durante la construcción y montaje.

RECOMENDACIONES

1. Como recomendación general los operadores de la planta deben poseer las debidas protecciones contra golpes (cascos), protección contra químicos (guantes y mandiles), y protección de las vías respiratorias (mascarillas).
2. Se recomienda una carga de trabajo en la zaranda de 85 Kg, ya que si se sobrepasa este peso, los gránulos tienden a apelmazarse debido a la humedad que presentan el producto al salir de la fase de mezcla.
3. El acabado es un aspecto primordial en el proceso de construcción y montaje, la estética del proyecto es un factor que determina la calidad del trabajo realizado.
4. Un aspecto que dificulta la elaboración de un proyecto es la falta de información existente en el mercado local acerca de los productos que se comercializan, en muchas ocasiones los proveedores no cuentan con los materiales y equipos requeridos por el diseñador, o en su defecto desconocen las propiedades mecánicas de los productos que ofrecen.
5. Con el desarrollo de mi tesis de grado espero haber ilustrado al futuro

profesional politécnico la manera de realizar un trabajo de diseño y construcción de una línea de producción que abarca una gama de aplicaciones de la ingeniería mecánica., y como poner en práctica los conocimientos aprendidos en las aulas para generar fuentes de trabajo para la población e impulsar el desarrollo de la industria local.

APENDICE A

LONGITUD EFECTIVA (K) PARA COLUMNAS

Table C-2. Effective Length Factors (K) for Columns						
Buckled shape of column is shown by dashed line						
Theoretical K value	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Recommended design value when ideal conditions are approximated	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
End condition code	 	Rotation fixed and translation fixed Rotation free and translation fixed Rotation fixed and translation free Rotation free and translation free				

APENDICE B

ESFUERZO PERMISIBLE PARA ELEMENTOS A COMPRESION FABRICADOS DE ACERO A-36

TABLE 1-36
ALLOWABLE STRESS (KSI)
FOR COMPRESSION MEMBERS OF 36 KSI SPECIFIED YIELD STRESS STEEL

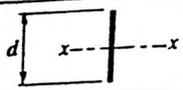
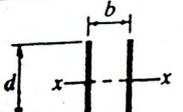
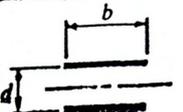
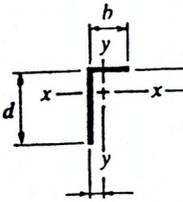
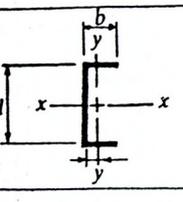
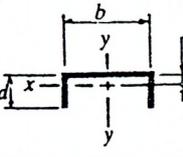
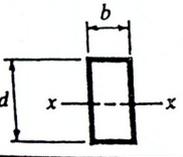
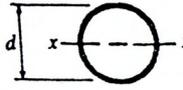
	Main and Secondary Members <i>Kl/r</i> not over 120			Main Members <i>Kl/r</i> 121 to 200		Secondary Members* <i>l/r</i> 121 to 200			
	$\frac{Kl}{r}$	F_a (ksi)	$\frac{Kl}{r}$ (ksi)	$\frac{Kl}{r}$ (ksi)	$\frac{Kl}{r}$ (ksi)	$\frac{l}{r}$ (ksi)	$\frac{l}{r}$ (ksi)		
1	21.56	41	19.11	81	15.24	121	10.19	161	7.25
2	21.52	42	19.03	82	15.13	122	10.09	162	7.20
3	21.48	43	18.95	83	15.02	123	9.85	163	7.16
4	21.44	44	18.86	84	14.90	124	9.70	164	7.12
5	21.39	45	18.78	85	14.79	125	9.55	165	7.08
6	21.35	46	18.70	86	14.67	126	9.41	166	7.04
7	21.30	47	18.61	87	14.56	127	9.26	167	7.00
8	21.25	48	18.53	88	14.44	128	9.11	168	6.96
9	21.21	49	18.44	89	14.32	129	8.97	169	6.93
10	21.16	50	18.35	90	14.20	130	8.84	170	6.89
11	21.10	51	18.26	91	14.09	131	8.70	171	6.85
12	21.05	52	18.17	92	13.97	132	8.57	172	6.82
13	21.00	53	18.08	93	13.84	133	8.44	173	6.79
14	20.95	54	17.99	94	13.72	134	8.32	174	6.76
15	20.89	55	17.90	95	13.60	135	8.19	175	6.73
16	20.83	56	17.81	96	13.48	136	8.07	176	6.70
17	20.78	57	17.71	97	13.35	137	7.96	177	6.67
18	20.72	58	17.62	98	13.23	138	7.84	178	6.64
19	20.66	59	17.53	99	13.10	139	7.73	179	6.61
20	20.60	60	17.43	100	12.98	140	7.62	180	6.58
21	20.54	61	17.33	101	12.85	141	7.51	181	6.56
22	20.48	62	17.24	102	12.72	142	7.41	182	6.53
23	20.41	63	17.14	103	12.59	143	7.30	183	6.51
24	20.35	64	17.04	104	12.47	144	7.20	184	6.49
25	20.28	65	16.94	105	12.33	145	7.10	185	6.46
26	20.22	66	16.84	106	12.20	146	7.01	186	6.44
27	20.15	67	16.74	107	12.07	147	6.91	187	6.42
28	20.08	68	16.64	108	11.94	148	6.82	188	6.40
29	20.01	69	16.53	109	11.81	149	6.73	189	6.38
30	19.94	70	16.43	110	11.67	150	6.64	190	6.36
31	19.87	71	16.33	111	11.54	151	6.55	191	6.35
32	19.80	72	16.22	112	11.40	152	6.46	192	6.33
33	19.73	73	16.12	113	11.26	153	6.38	193	6.31
34	19.65	74	16.01	114	11.13	154	6.30	194	6.30
35	19.58	75	15.90	115	10.99	155	6.22	195	6.28
36	19.50	76	15.79	116	10.85	156	6.14	196	6.27
37	19.42	77	15.69	117	10.71	157	6.06	197	6.26
38	19.35	78	15.58	118	10.57	158	5.98	198	6.24
39	19.27	79	15.47	119	10.43	159	5.91	199	6.23
40	19.19	80	15.36	120	10.28	160	5.83	200	6.22

* *K* taken as 1.0 for secondary members.

Note: $C_c = 126.1$

APENDICE C

PROPIEDADES DE AREAS DE LINEAS DE SOLDADURA (S_w)

DESIGN OF WELDED JOINTS PROPERTIES OF WELD OUTLINES	
	$S_w = \frac{d^2}{6}$
	$S_w = \frac{d^2}{3}$
	$S_w = bd$
	$S_w \text{ (top)} = \frac{d(4b+d)}{6}$ $S_w \text{ (bottom)} = \frac{d^3(4b+d)}{6(2b+d)}$ (max. stress at bottom)
	$S_w = bd + \frac{d^2}{6}$
	$S_w \text{ (top)} = \frac{d(2b+d)}{3}$ $S_w \text{ (bottom)} = \frac{d^2(2b+d)}{3(b+d)}$ (max. force at bottom)
	$S_w = bd + \frac{d^2}{3}$
	$S_w = \frac{\pi d^2}{4}$

APENDICE D

PROPIEDADES BASICAS DE LOS METALES

Propiedades básicas de diversos metales
(Contribución del grupo editorial)*

Material	Densidad, [†] g/cm ³	Coefficiente de expansión térmica, pulg/(pulg) (°F) × 10 ⁻⁶	Conductividad térmica, Btu/ (h)(pie)(°F)	Calor espe- cífico, Btu/ (lb)(°F)	Temp. aproximada de fusión, °F	Módulo de elasticidad, lb/pulg ² × 10 ⁶	Razón de Poisson	Esfuerzo de fluencia, lb/pulg ² × 10 ³	Esfuerzo último, lb/pulg ² × 10 ³	Alarga- miento, %
Acero, AISI C1020 (trabajado en caliente)	7.85	6.3	27	0.10	2750	29-30	0.29	48	65	36
Acero, AISI 304 (lámina)	8.03	9.9	9.4	0.12	2600	28	0.29	39	87	65
Aluminio, 2024-T3	2.77	12.6	110	0.23	940	10.6	0.33	50	70	18
Aluminio, 6061-T6	2.70	13.5	90	0.23	1080	10.6	0.33	40	45	17
Aluminio, 7079-T6	2.74	13.7	70	0.23	900	10.4	0.33	68	78	14
Berilio, QMV	1.85	6.4-10.2	85	0.45	2340	40-44	0.024-0.030	27-38	33-51	1-3.5
Cobre, puro	8.90	9.2	227	0.092	1980	17.0		Véase <i>Metals Handbook</i>		
Magnesio, AZ31B-H24 (lámina)	1.77	14.5	55	0.25	1100	6.5	0.35	22	37	15
Magnesio, HK31A-H24	1.79	14.0	66	0.13	1100	6.4	0.35	29	37	8
Molibdeno, forjado	10.3	3.0	83	0.07	4730	40.0	0.32	80	120-200	Pequeño
Níquel, puro	8.9	7.2	53	0.11	2650	32.0		Véase <i>Metals Handbook</i>		
Oro, puro	19.32		172	0.031	1950	10.8	0.42		18	30
Plata, pura	10.5	11.0	241	0.056	1760	10-11	0.37	8	18	48
Platino	21.45	5.0	40	0.031	3217	21.3	0.39		20-24	35-40
Plomo, puro	11.34	29.3	21.4	0.031	620	2.0	0.40-0.45	1.3	2.6	20-50
Plutonio, fase alfa	19.0-19.7	30.0	4.8	0.034	1184	14.0	0.15-0.21	40	60	Pequeño
Tantalio	16.6	3.6	31	0.03	5425	27.0	0.35		50-145	1-40
Titanio, B 120VCA (envejecido)	4.85	5.2	4.3	0.13	3100	14.8	0.3	190	200	9
Torio, fundido por inducción	11.6	6.95	21.7	0.03	3200	7-10	0.27	21	32	34
Tungsteno	19.3	2.5	95	0.033	6200	50	0.28		18-600	1-3
Uranio D-38	18.97	4.0-8.0	17	0.028	2100	24	0.21	28	56	4

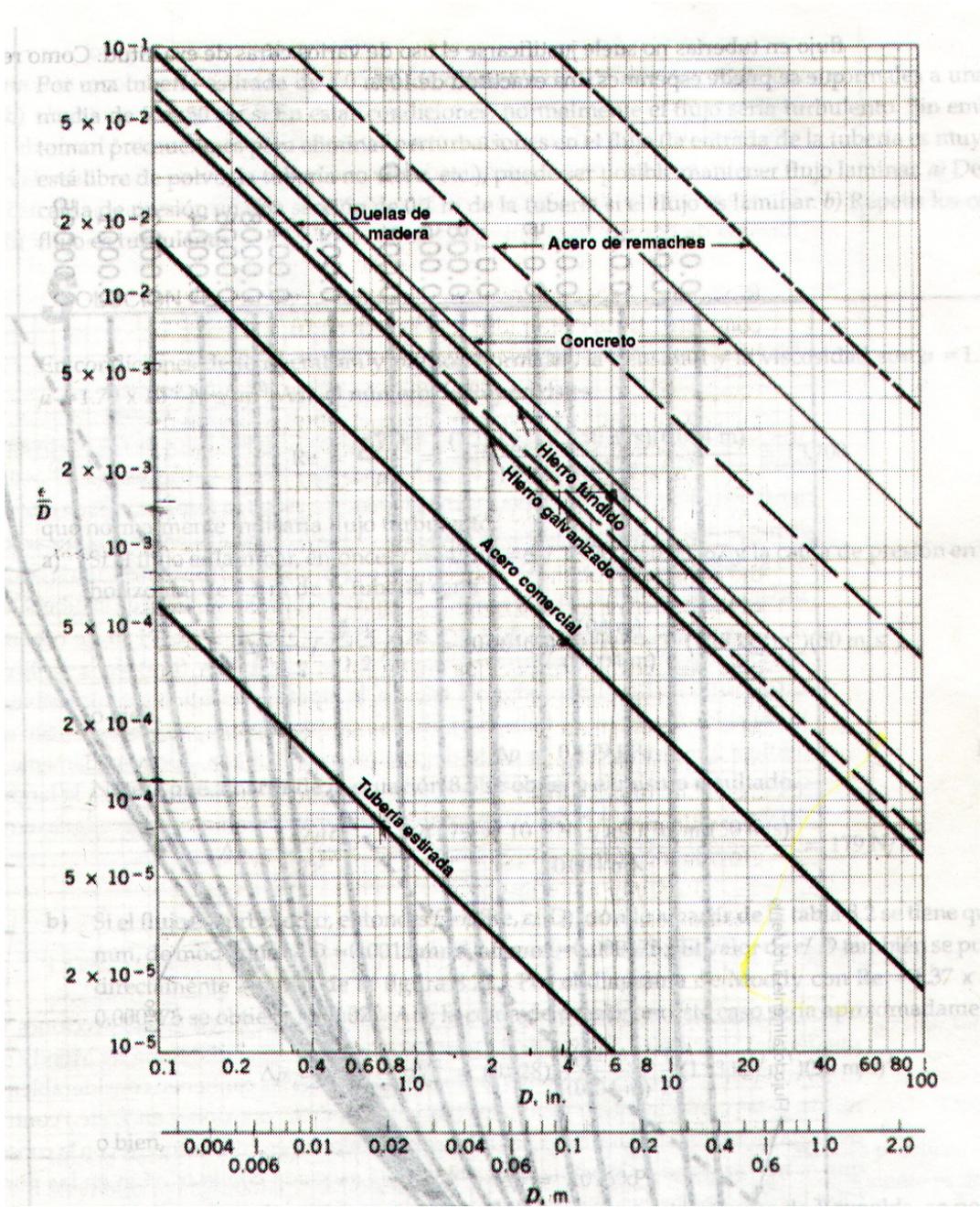
Se dan las propiedades a temperatura ambiente. Para información adicional, consúltese *Metals Handbook* o una publicación del fabricante.

*Compilada por Anders Lundberg, University of California y reproducida con permiso.

†Para obtener las unidades preferidas de densidad, kg/m³, multiplíquense estos valores por 1000.

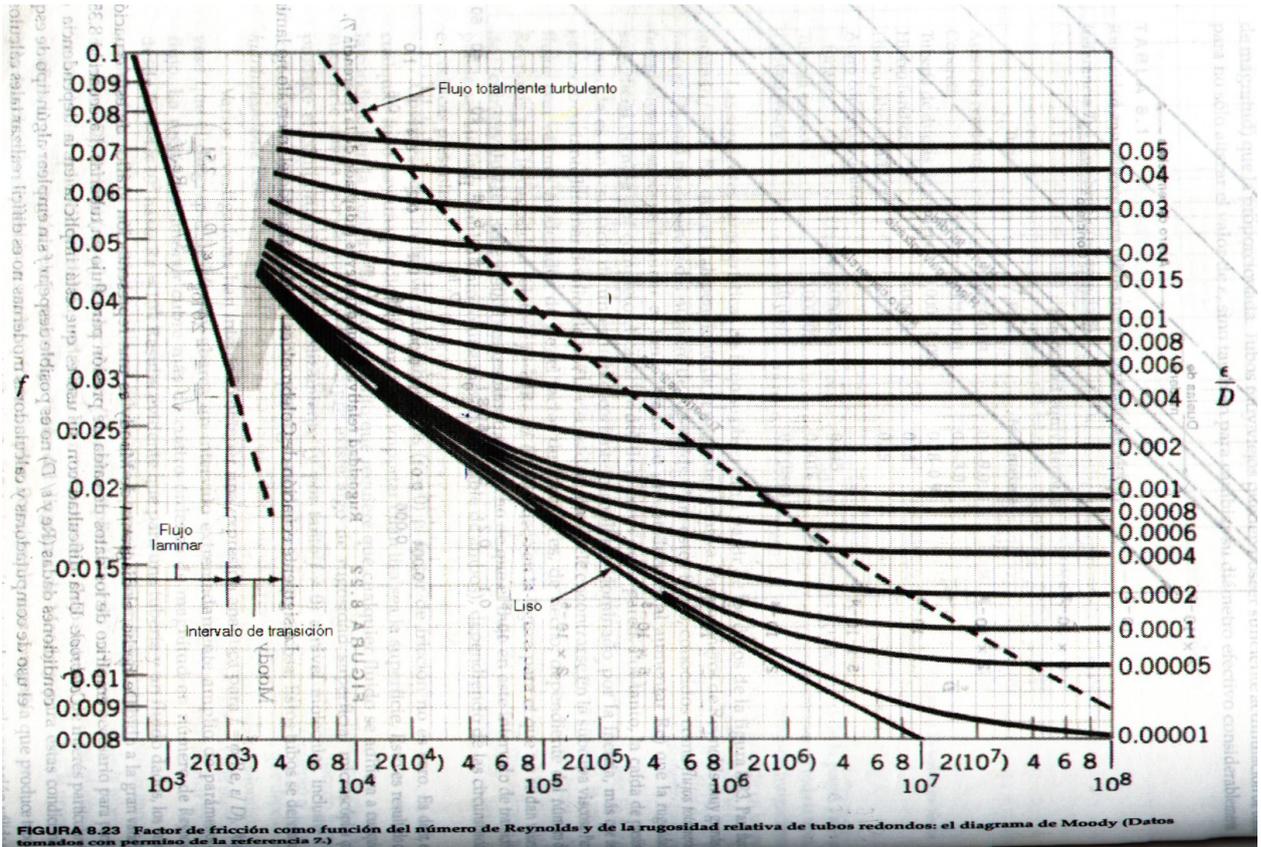
APENDICE E

RUGOSIDAD RELATIVA DE TUBOS NUEVOS



APENDICE F

FACTOR DE FRICCIÓN COMO FUNCIÓN DEL NÚMERO DE REYNOLDS Y DE LA RUGOSIDAD RELATIVA, EL DIAGRAMA DE MOODY.



APENDICE G

COEFICIENTE DE PERDIDAS PARA COMPONENTES DE TUBERIAS K_L

Coeficientes de pérdida para componentes de tuberías $\left(h_L = K_L \frac{V^2}{2g} \right)$ (Datos tomados de las referencias 5, 10, 27)

Componente	K_L	
a. Tubos acodados		
Regular de 90°, embreadado	0.3	
Regular de 90°, roscado	1.5	
De 90° con gran radio, embreadado	0.2	
De 90° con gran radio, roscado	0.7	
De 45° con gran radio, embreadado	0.2	
Regular de 45°, roscado	0.4	
b. Codos de 180°		
Codo de 180°, embreadado	0.2	
Codo de 180°, roscado	1.5	
c. Conexiones en T		
Flujo de línea, embreadado	0.2	
Flujo de línea, roscado	0.9	
Flujo derivado, embreadado	1.0	
Flujo derivado, roscado	2.0	
d. Unión, roscada		
	0.08	
*e. Válvulas		
Esférica, totalmente abierta	10	
Angular, totalmente abierta	2	
De compuerta, totalmente abierta	0.15	
De compuerta, 1/4 cerrada	0.26	
De compuerta, 1/2 cerrada	2.1	
De compuerta, 3/4 cerrada	17	
De retención a bisagra, flujo hacia adelante	2	
De retención a bisagra, flujo hacia atrás	∞	
De bola, totalmente abierta	0.05	
De bola, 1/3 cerrada	5.5	
De bola, 2/3 cerrada	210	

APENDICE H

CAPACIDAD DE POTENCIA (EN HP) DE UNA CADENA DE RODILLOS DE PASO SENCILLO Y UN SOLO TORÓN (O CORDÓN) PARA UNA RUEDA CATARINA DE 17 DIENTES.

VELOCIDAD DE LA RUEDA rev/min	NÚMERO ANSI DE CADENA									
	80	100	120	140	160	180	200	240		
50	Tipo B		2.88	5.52	9.33	14.4	20.9	28.9	38.4	61.8
100			5.38	10.3	17.4	26.9	39.1	54.0	71.6	115
150			7.75	14.8	25.1	38.8	56.3	77.7	103	166
200			10.0	19.2	32.5	50.3	72.9	101	134	215
300			14.5	27.7	46.8	72.4	105	145	193	310
400	Tipo A		18.7	35.9	60.6	93.8	136	188	249	359
500			22.9	43.9	74.1	115	166	204	222	0
600			27.0	51.7	87.3	127	141	155	169	
700			31.0	59.4	89.0	101	112	123	0	
800			35.0	63.0	72.8	82.4	91.7	101		
900			39.9	52.8	61.0	69.1	76.8	84.4		
1000			37.7	45.0	52.1	59.0	65.6	72.1		
1200			28.7	34.3	39.6	44.9	49.9	0		
1400			22.7	27.2	31.5	35.6	0			
1600			18.6	22.3	25.8	0				
1800			15.6	18.7	21.6					
2000			13.3	15.9	0					
2500			9.56	0.40						
3000			7.25	0						

Tipo C

Tipo C'

Nota: Tipo A: con lubricación manual o por goteo; tipo B: con lubricación de disco o por baño; tipo C: lubricación con chorro tipo C': como el tipo C pero ésta es una región con especial dificultad; el diseño debe someterse al fabricante para evaluación

Fuente: Recopilada de la sección de ANSI B29.1-1975 sólo para información, y de B29.9-1958.

APENDICE I

DIMENSIONES DE CADENAS DE RODILLOS ESTÁNDARES (FABRICACION ESTADOUNIDENSE).

NÚMERO DE CADENA ANSI	ESPACIAMIENTO		RESISTENCIA MÍNIMA A LA TENSIÓN lb (N)	PESO MEDIO lb/ft (N/m)	ESPACIAMIENTO	
	PASO, in (mm)	ANCHO in (mm)			DIÁMETRO DE RODILLO in (mm)	DE TORONES in (mm)
25	0.250 (6.35)	0.125 (3.18)	780 (3 470)	0.09 (1.31)	0.130 (3.30)	0.252 (6.40)
35	0.375 (9.52)	0.188 (4.76)	1 760 (7 830)	0.21 (3.06)	0.200 (5.08)	0.399 (10.13)
41	0.500 (12.70)	0.25 (6.35)	1 500 (6 670)	0.25 (3.65)	0.306 (7.77)	— —
40	0.500 (12.70)	0.312 (7.94)	3 130 (13 920)	0.42 (6.13)	0.312 (7.92)	0.566 (14.38)
50	0.625 (15.88)	0.375 (9.52)	4 880 (21 700)	0.69 (10.1)	0.400 (10.16)	0.713 (18.11)
60	0.750 (19.05)	0.500 (12.7)	7 030 (31 300)	1.00 (14.6)	0.469 (11.91)	0.897 (22.78)
80	1.000 (25.40)	0.625 (15.88)	12 500 (55 600)	1.71 (25.0)	0.625 (15.87)	1.153 (29.29)
100	1.250 (31.75)	0.750 (19.05)	19 500 (86 700)	2.58 (37.7)	0.750 (19.05)	1.409 (35.76)
120	1.500 (38.10)	1.000 (25.40)	28 000 (124 500)	3.87 (56.5)	0.875 (22.22)	1.789 (45.44)
140	1.750 (44.45)	1.000 (25.40)	38 000 (169 000)	4.95 (72.2)	1.000 (25.40)	1.924 (48.87)
160	2.000 (50.80)	1.250 (31.75)	50 000 (222 000)	6.61 (96.5)	1.125 (28.57)	2.305 (58.55)
180	2.250 (57.15)	1.406 (35.71)	63 000 (280 000)	9.06 (132.2)	1.406 (35.71)	2.592 (65.84)
200	2.500 (63.50)	1.500 (38.10)	78 000 (347 000)	10.96 (159.9)	1.562 (39.67)	2.817 (71.55)
240	3.00 (76.70)	1.875 (47.63)	112 000 (498 000)	16.4 (239)	1.875 (47.62)	3.458 (87.83)

Fuente: Recopilado de ANSI B29.1-1975

APENDICE J

PROPIEDADES DE PERFILES HEB

DENOMINACION	DIMENSIONES					SECCION	PESOS		PROPIEDADES			
	h	b	s	t	r		cm ²	Kg/mt	lx	ly	Wx	Wy
	mm	mm	mm	mm	mm				cm ⁴	cm ⁴	cm ³	cm ³
HEB100	100	100	6,00	10,00	12	26,00	20,40	450	167	89,00	33,50	
HEB120	120	120	6,50	11,00	12	34,00	26,70	864	318	144	52,90	
HEB140	140	140	7,00	12,00	12	43,00	33,70	1510	550	216	78,50	
HEB160	160	160	8,00	13,00	15	54,30	42,60	2490	889	311	111	
HEB180	180	180	8,50	14,00	15	65,30	51,20	3830	1360	426	151	
HEB200	200	200	9,00	15,00	18	78,10	61,30	5700	2000	570	200	
HEB220	220	220	9,50	16,00	18	91,00	71,50	8090	2840	736	258	
HEB240	240	240	10,00	17,00	21	106,00	83,20	11260	3920	938	327	
HEB260	260	260	10,00	17,50	24	118,00	93,00	14920	5130	1150	395	
HEB280	280	280	10,50	18,00	24	131,00	103,00	19270	6590	1380	471	
HEB300	300	300	11,00	19,00	27	149,00	117,00	25170	8560	1680	571	
HEB320	320	300	11,50	20,50	27	161,00	127,00	30820	9240	1930	616	

APENDICE K

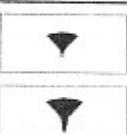
PROPIEDADES DE PERFILES UPN

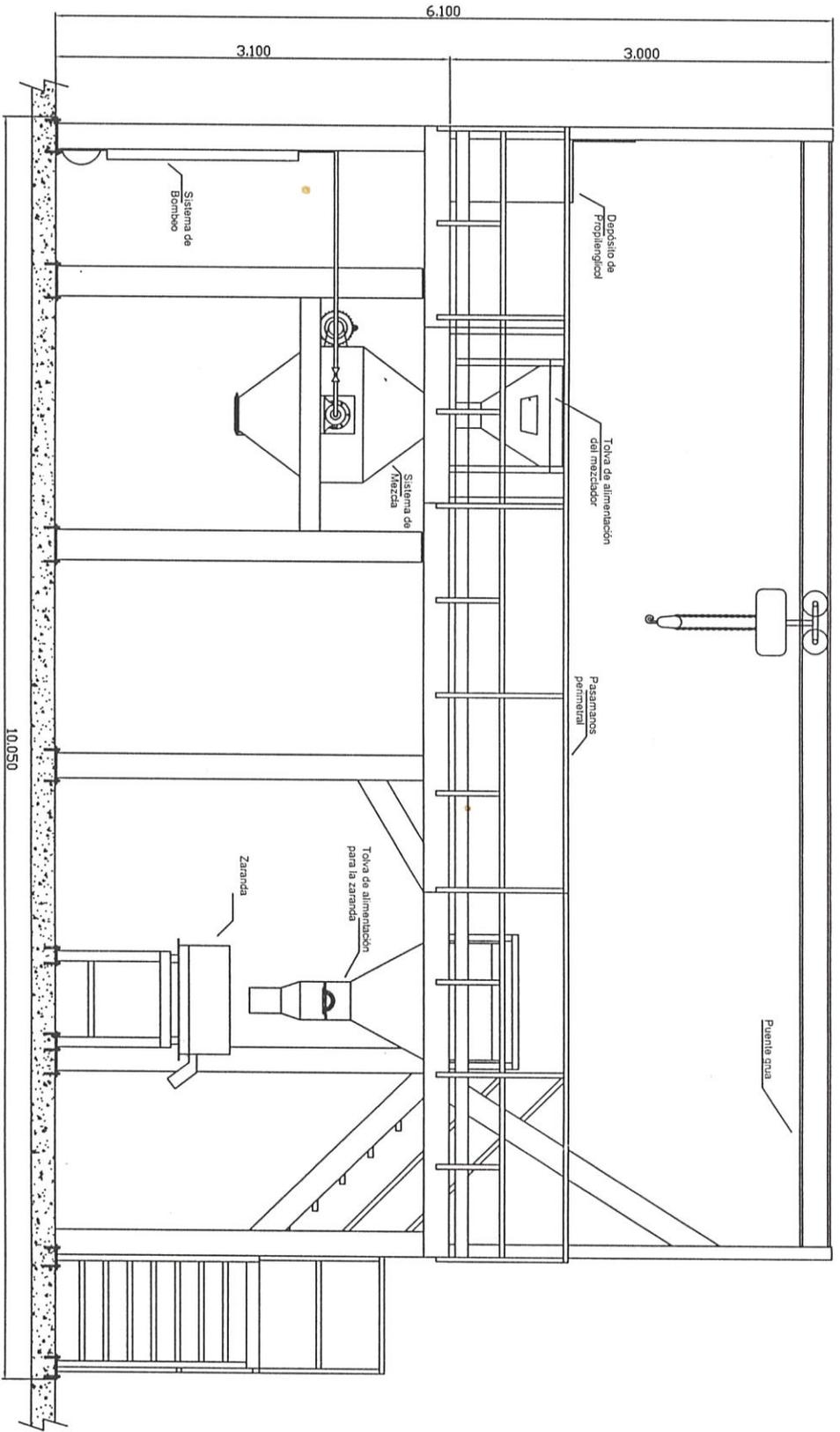
DENOMINACION	DIMENSIONES						SECCION	PESOS	PROPIEDADES			
	h	s	g	t	R	R1			ix	ly	Wx	Wy
	mm	mm	mm	mm	mm	cm ⁴			cm ²	Kg/mt	cm ⁴	cm ⁴
C50	50	38	5,00	7,00	7,00	3,50	7,12	5,59	26,40	9,12	10,60	3,75
C65	65	42	5,50	7,50	7,50	4,00	9,03	7,09	57,50	14,10	17,70	5,07
C80	80	45	6,00	8,00	8,00	4,00	11,00	8,64	106,00	19,40	26,50	6,36
C100	100	50	6,00	8,50	8,50	4,50	13,50	10,60	206,00	29,30	41,20	8,49
C120	120	55	7,00	9,00	9,00	4,50	17,00	13,40	364,00	43,20	60,70	11,10
C140	140	60	7,00	10,00	10,00	5,00	20,40	16,00	605,00	62,70	86,40	14,80
C160	160	65	7,50	10,50	10,50	5,50	24,00	18,80	905,00	85,30	116,00	18,30
C180	180	70	8,00	11,00	11,00	5,50	28,00	22,00	1350,00	114,00	150,00	22,40
C200	200	75	8,50	11,50	11,50	6,00	32,20	25,30	1910,00	148,00	191,00	27,00
C220	220	80	9,00	12,50	12,50	6,50	37,40	29,40	2690,00	197,00	245,00	33,60
C240	240	85	9,50	13,00	13,00	6,50	42,30	33,20	3600,00	248,00	300,00	39,60
C260	260	90	10,00	14,00	14,00	7,00	48,30	37,90	4820,00	317,00	371,00	47,70
C300	300	100	10,00	16,00	16,00	8,00	58,80	46,20	8030,00	495,00	535,00	67,80

APENDICE L

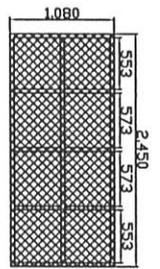
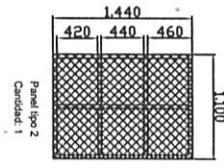
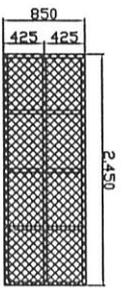
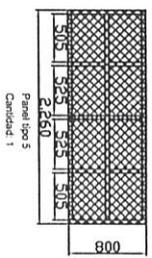
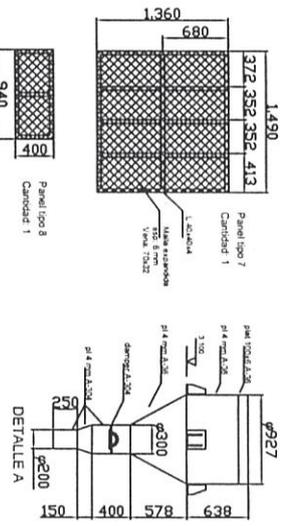
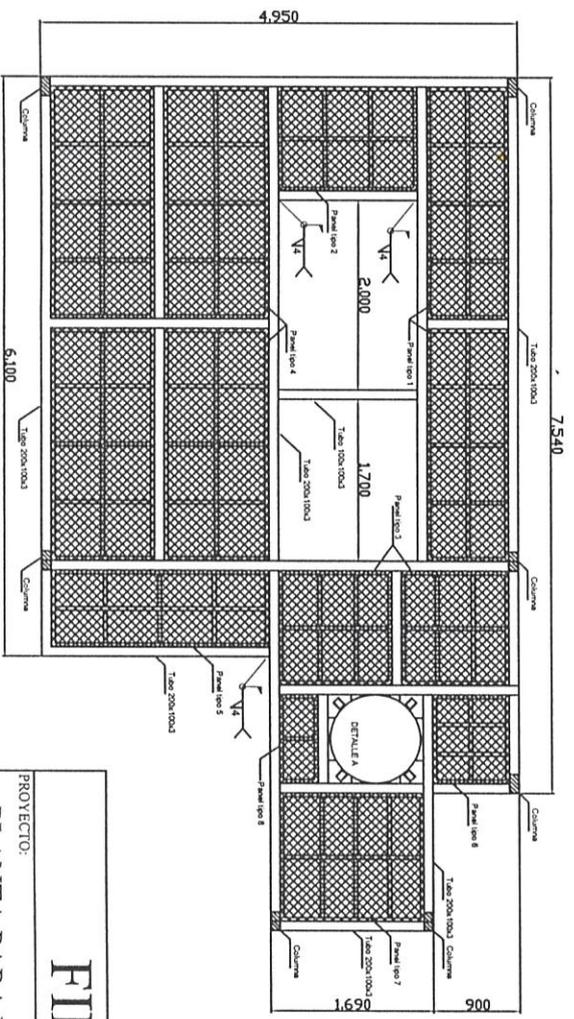
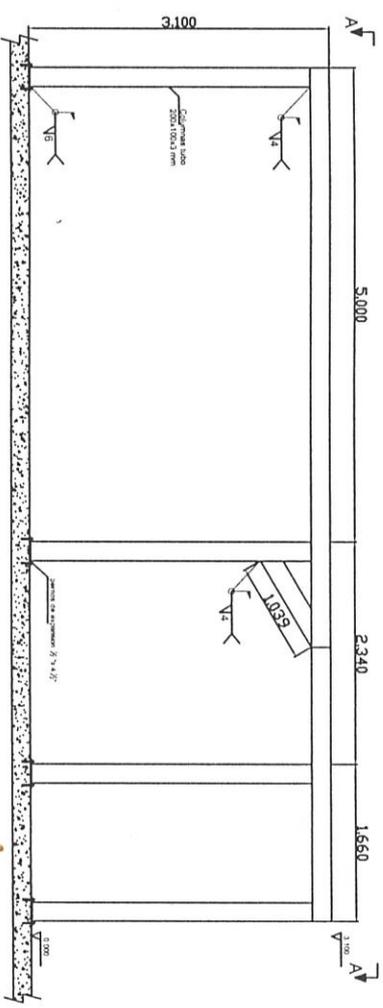
FACTOR DE MAXIMA EFICIENCIA ADMISIBLE PARA LAS UNIONES SOLDADAS CON ARCO Y GAS

TABLA UW-12
MAXIMA EFICIENCIA^{1,5} DE JUNTA ADMISIBLE PARA LAS UNIONES SOLDADAS CON ARCO Y GAS

Esquema no incluido en el Código	Tipo No	Descripción de la Junta	Limitaciones	Categoría de la Junta	Grado del Examen Radiográfico		
					(a) Total ²	(b) Spot ³	(c) Ninguno
	(1)	Junta a tope como las logradas por soldadura doble o por otros medios con los cuales se obtenga la misma calidad del metal soldado en las superficies interior y exterior de la soldadura de acuerdo a los requisitos de UW-35. Las soldaduras usando anillos de respaldo metálicos los cuales permanezcan en el lugar están excluidas.	Ninguna	A, B, C & D	1.00	0.85	0.70
	(2)	Junta a tope soldada por un solo lado con anillo de respaldo diferente a aquellos incluidos bajo (1).	(a) Ninguna excepto como en (b) abajo. (b) Junta a tope circunferenciales con una lamina desplazada vea UW-13.3(b)(4) y la Fig. UW-13.1, esquema (b).	A, B, C & D	0.90	0.80	0.65
				A, B, C	0.90	0.80	0.65
	(3)	Junta a tope sencilla sin el uso de anillo de respaldo.	Junta circunferenciales únicamente, no mas de 5/8" de espesor y no mas de 24" diametro exterior.	A, B & C	N.A.	N.A.	0.60
							
							
	(4)	Junta traslapada soldada con doble filete continuo.	(a) Junta longitudinal de no mas de 3/8" de espesor. (b) Junta circunferenciales de no mas de 5/8" de espesor.	A	N.A.	N.A.	0.55
				B & C ⁵	N.A.	N.A.	0.55
	(5)	Junta traslapada soldada con filete sencillo continuo con soldaduras de tapos conforme a UW-17.	(a) Junta circunferenciales para una cabeza de no mas de 24" de diametro exterior a campos de no mas de 1/2" de espesor. (b) Junta circunferenciales para la union de cuerpos de chapas de no mas de 5/8" de espesor nominal donde la distancia desde el centro de la soldadura de tapos al borde de la lamina no sea menos de 1 1/2 veces el diametro del buco para la soldadura de tapos.	B	N.A.	N.A.	0.50
				C	N.A.	N.A.	0.50



PROYECTO: PLANTA PARA POLVO ADITIVO DE DETERGENTE		ESCALA: 1:50		CONTIENE: ESQUEMA GENERAL		MATERIALES: ACERO ESTRUCTURAL A-36 ACERO INOXIDABLE A-304	
FIMCP - ESPOL		PLANO No.: 1		FECHA: 17/12/04		NOMBRE: R. GARCIA	
Dibujo: 17/12/04		Revisó: 17/12/04		Ing. INGENIERO		MASA (kg):	

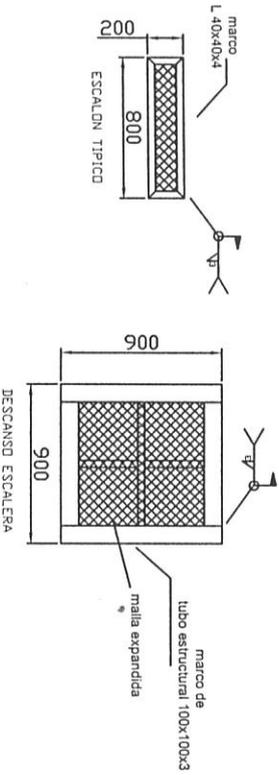
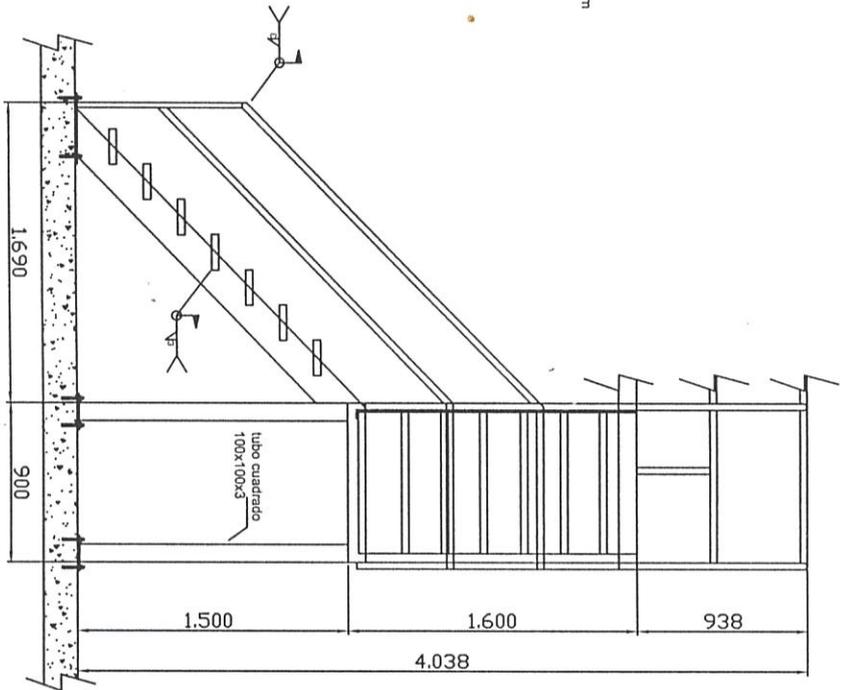
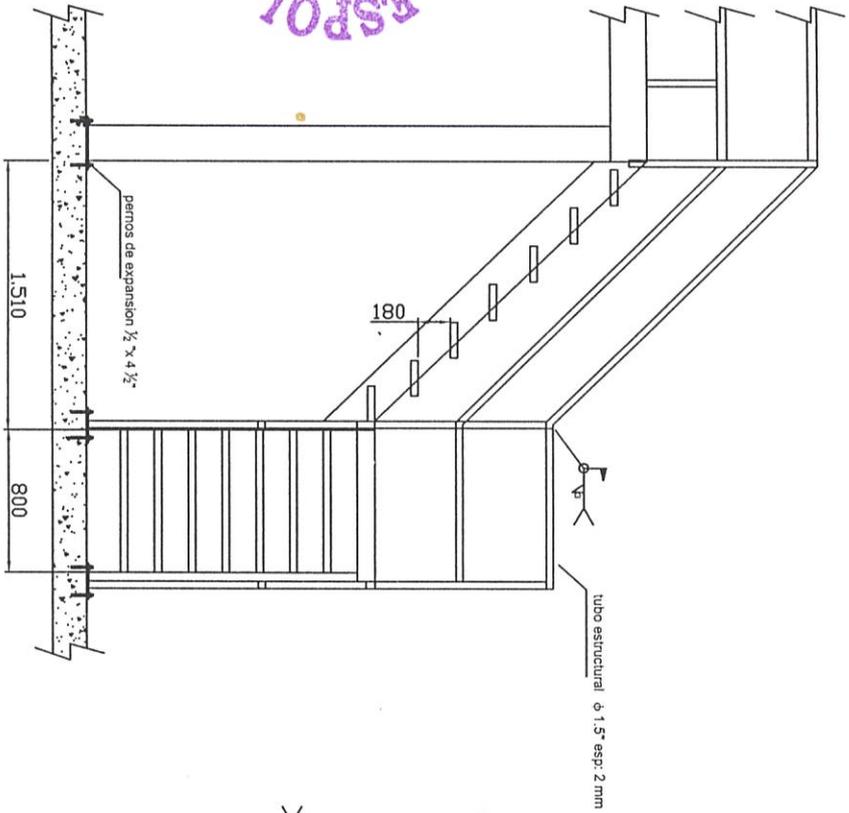


Tolva de alimentación para la zaranda

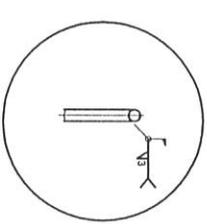
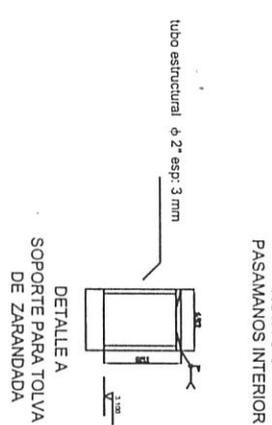
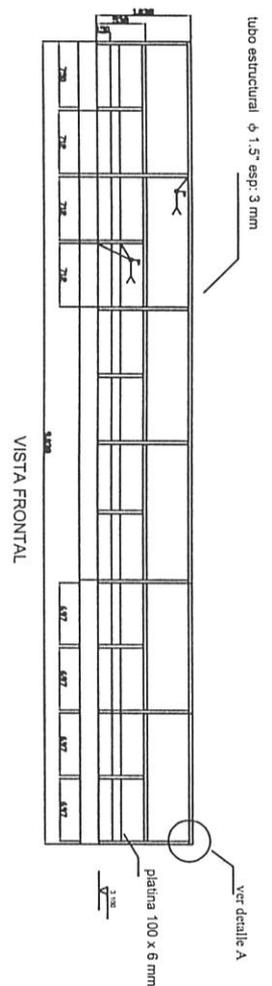
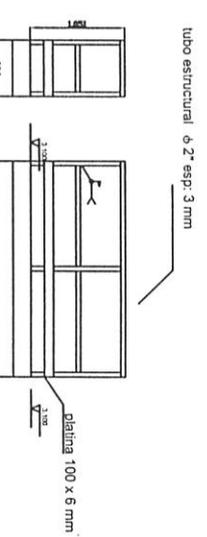
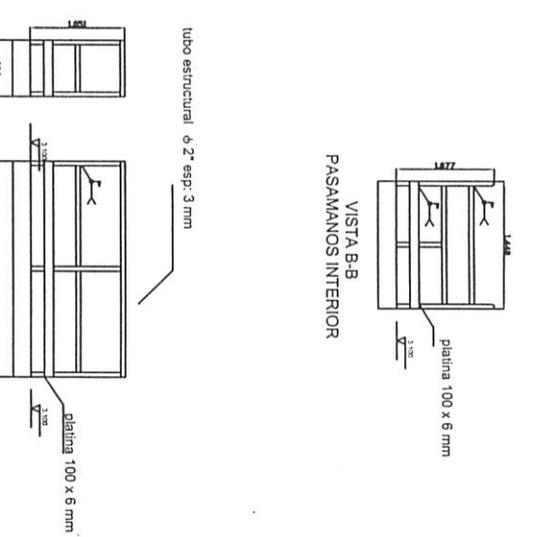
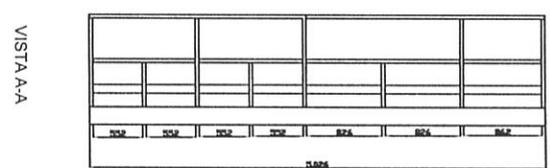
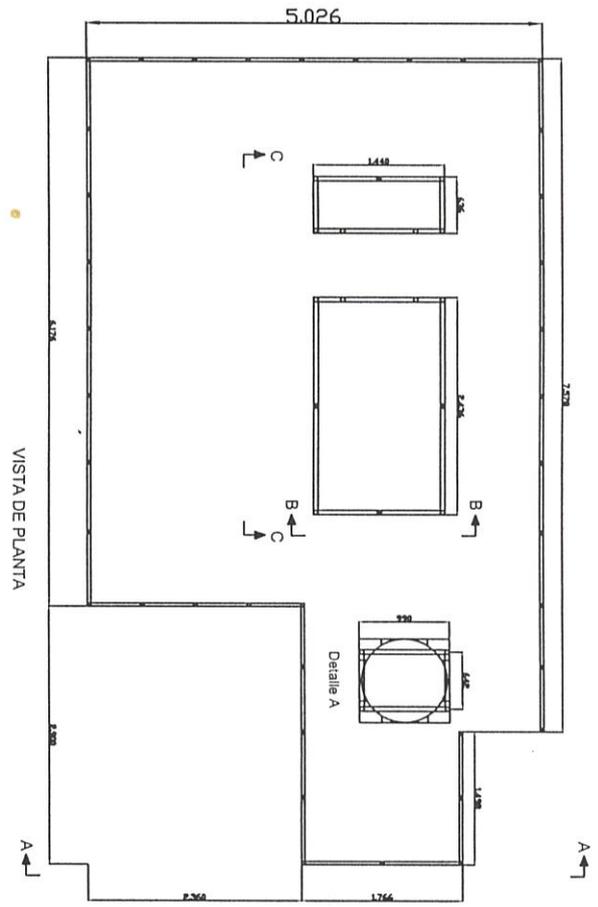
CORTE A-A



PROYECTO:		PLANTA PARA POLVO ADITIVO DE DETERGENTE	
ESCALA:	1:75	CONTIENE:	ESTRUCTURA PRINCIPAL
		MATERIALES:	ACERO ESTRUCTURAL A-36 ACERO INOXIDABLE A-304
PLANO No.:		FECHA:	NOMBRE:
2		Dibujó: 17/12/04	E. GARCIA
		Revisó: 17/12/04	Ing. HELDERNO



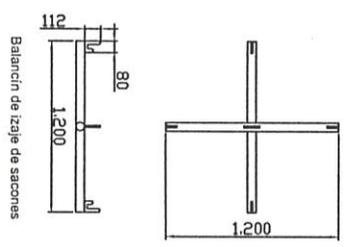
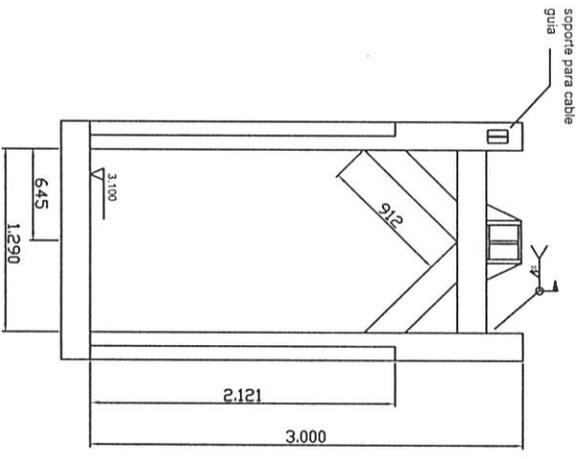
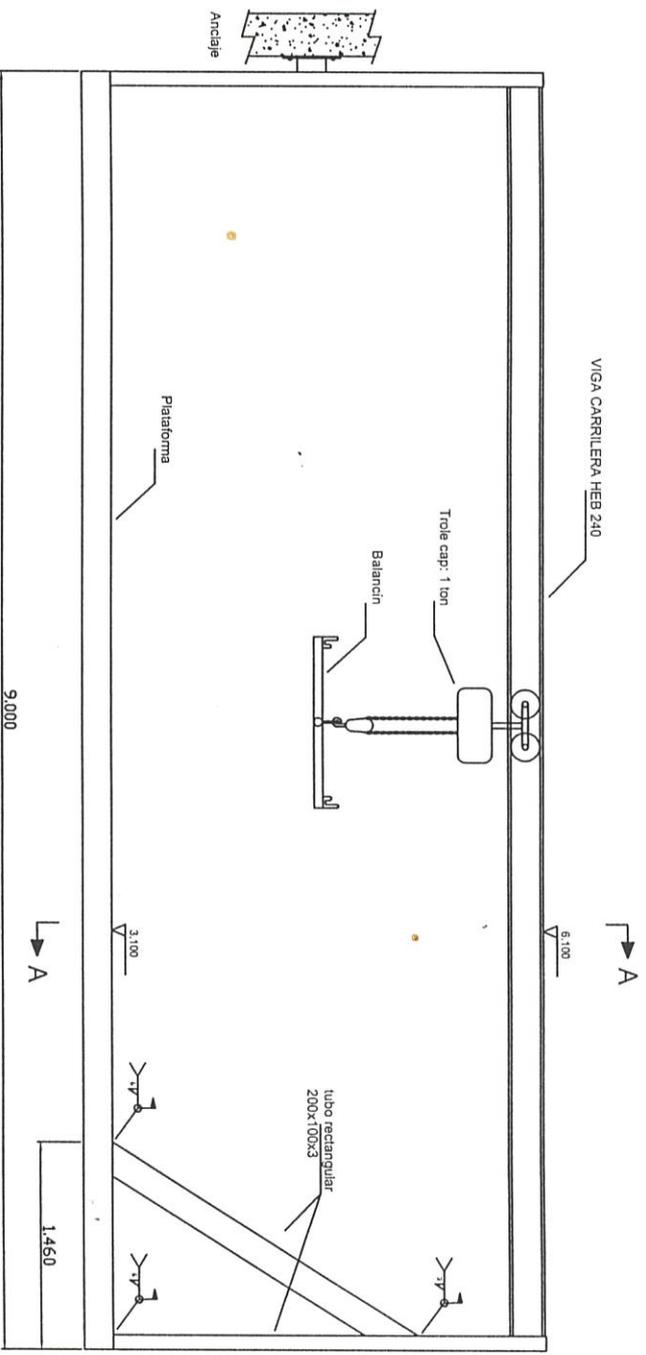
PROYECTO: FIMCP - ESPOL		FECHA: 17/12/04	
PLANTA PARA POLVO ADITIVO DE DETERGENTE		NOMBRE: R. GARCIA	
ESCALA: 1:40		REVISO: 17/12/04	
CONTIENE: ESCALERA		Ing. INGENIERO	
MATERIALES: ACERO ESTRUCTURAL A-36		PLANO No.: 3	
MASA (Kg):		MASA (Kg):	



DETALLE A

PROYECTO: FIMCP - ESPOL PLANTA PARA POLVO ADITIVO DE DETERGENTE		PLANO No.: <h1 style="font-size: 48px; margin: 0;">4</h1>	
ESCALA: 1:80	CONTIENE: PASAMANOS PERIMETRAL	FECHA: 17/12/04	NOMBRE: R. GARCIA
MATERIALES: ACERO ESTRUCTURAL A-36		Revisó: 17/12/04	Ing. IBERDUBO
		MASA (Kg):	





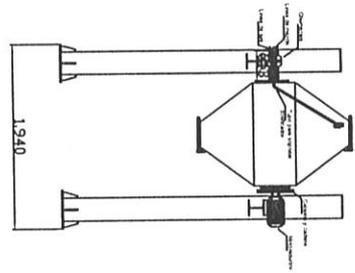
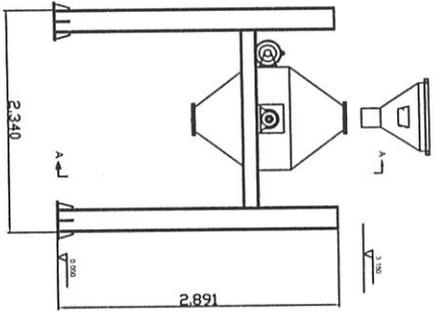
VISTA FRONTAL

CORTE A-A

PROYECTO: PLANTA PARA POLVO ADITIVO DE DETERGENTE		FIMCP - ESPOL		FECHA: 17/12/04	NOMBRE: R. GARCIA
ESCALA: 1:50	CONTIENE: PUENTE GRUA			REVISO: 17/12/04	Ing. MECANICO
MATERIALES: ACERO ESTRUCTURAL A-36				PLANO No.: 5	
				MASA (Kg):	



TOLVA DE ALIMENTACION PARA MEZCLADOR

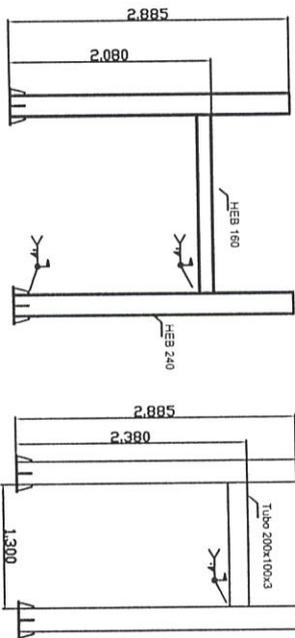


SISTEMA DE MEZCLA

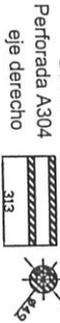
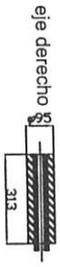
ESCALA: 1:75

CORTE A-A

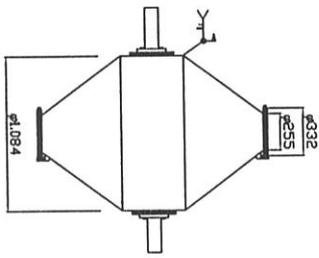
SOPORTE PARA MEZCLADOR



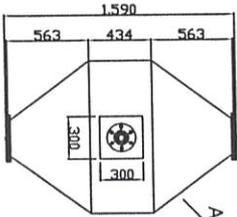
ESCALA: 1:75



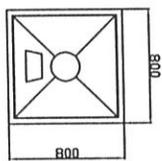
ESCALA: 1:25



ESCALA: 1:50

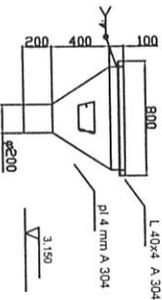


A304 Espesor 4 mm



ESCALA: 1:50

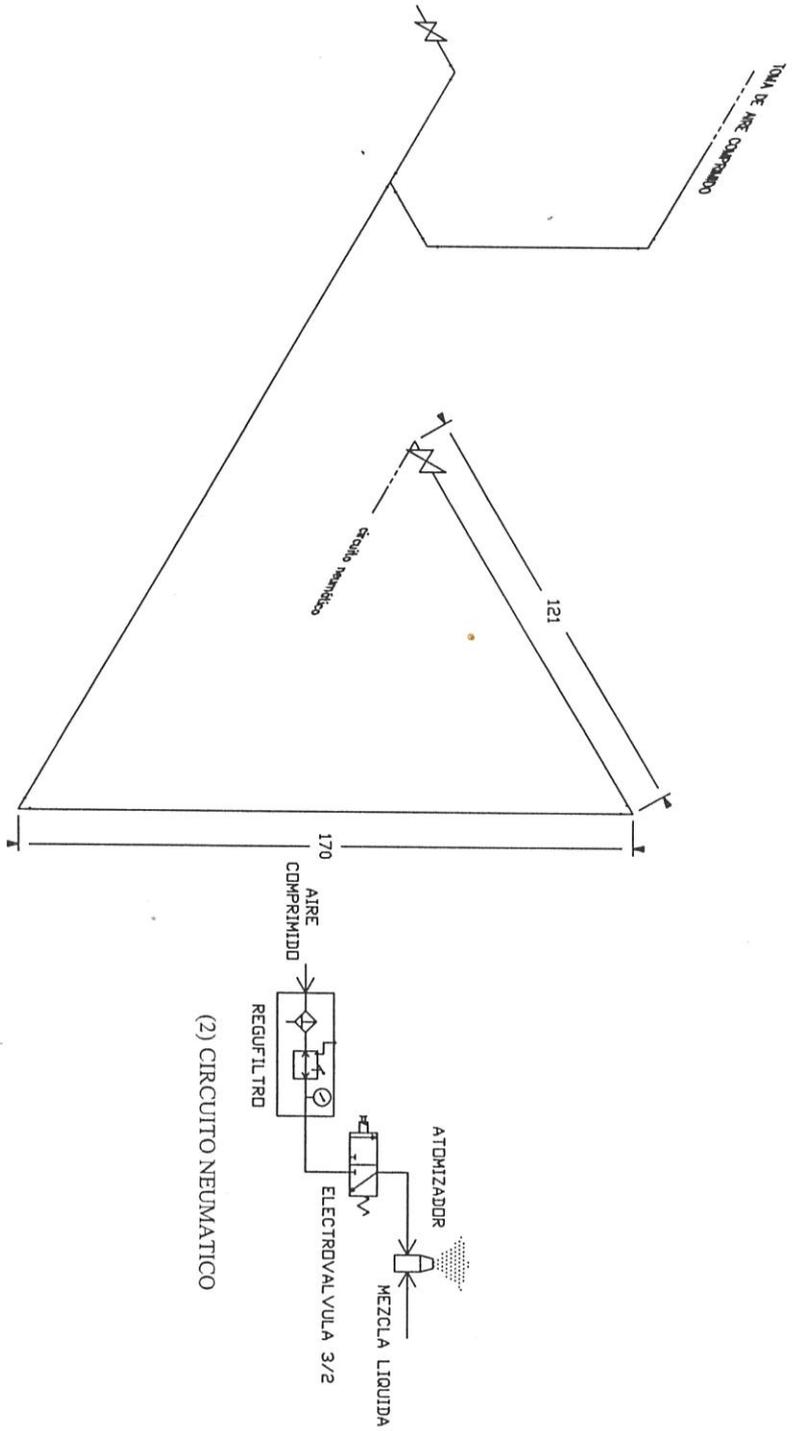
TOLVA DE ALIMENTACION PARA MEZCLADOR



PROYECTO:		PLANTA PARA POLVO ADITIVO DE DETERGENTE	
ESCALA:	INDICADAS	CONTIENE:	SISTEMA DE MEZCLA
MATERIALES:		ACERO ESTRUCTURAL A-36 ACERO INOXIDABLE A-304	
MASA (K.G.):		6	

6





(2) CIRCUITO NEUMATICO

PROYECTO: PLANTA PARA POLVO ADITIVO DE DETERGENTE		PLANO No.: <h1 style="text-align: center;">8</h1>	
ESCALA: 1:20	CONTIENE: CIRCUITO NEUMATICO	FECHA: Dibujo: 17 12 04 Revisó: 17 12 04	NOMBRE: E. GARFIA Ing. JEFE DE AREA
MATERIALES: (1) Tubo \varnothing 1/2" galvanizados (2) Suministrado por el cliente.		MASA (Kg):	



BIBLIOGRAFIA

1. AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION, Manual de Estructuras de Acero, Séptima Edición, 1979
2. AVALLONE A. EUGENE, Manual del Ingeniero Mecánico, Novena Edición, Mc Graw Hill, Colombia. 1998.
3. BOHMAN IVAN, Catálogo General de Aceros, Iván Bohman, 2000.
4. CONSEJO EUROPEO DE LA INDUSTRIA QUIMICA, Instrucciones para la Manipulación y Distribución de Propilenglico SP/USP, CEFIC, 1999.
5. MEGYESY F. EUGENE, Pressure Vessel Handbook, Novena Edición, Publishing. Inc. Tulsa 1992.
6. MUNSON B and YOUNG D., Fundamentos de Mecánica de Fluidos, Primera Edición en Español, John Wiley & Sons y Limusa, 1999.
7. SHIGLEY JOSEPH, Diseño en Ingeniería Mecánica, Cuarta Edición en Español, Mc Graw Hill, México DF. 1995.

8. SKF, Catálogo General, Junio 2003.

9. THE AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS, Code ASME VIII Division 1 Pressure Vessel, Edición 2001, New York.

10. <http://www.chemicorp.com.py/propilenglicol.htm>

11. <http://www.cefic.org>.