



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA.

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS
NATURALES NO RENOVABLES.

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA.

TEMA:

*“DISEÑO MECANICO Y SISTEMA AUTOMATIZADO
CONTRA INCENDIOS DE UN TANQUE ATMOSFERICO
DE TECHO CONICO DE 25000 BARRILES, PARA
ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS”*

**Tesis de Grado Previa a la
Obtención del Título de:
Ingeniero Electromecánico.**

AUTORES:

Oscar Leonardo Alvarado Rodríguez.
Julio Cesar Bustamante Gaona.

DIRECTOR:

Dr. (Phd) Miguel Ángel Caraballo Núñez

Loja – Ecuador.

2010

CERTIFICACIÓN

Dr. Phd. Miguel Ángel Caraballo Núñez

CERTIFICA

Haber dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente trabajo de tesis de grado, en su proceso de investigación, bajo el tema “***DISEÑO MECANICO Y SISTEMA AUTOMATIZADO CONTRA INCENDIOS DE UN TANQUE ATMOSFERICO DE TECHO CONICO DE 25000 BARRILES, PARA ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS***”, previa a la obtención del título de Ingeniero Electromecánico, realizado por los señores Egresados: Oscar Leonardo Alvarado Rodríguez y Julio Cesar Bustamante Gaona la misma que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, por lo que autorizo su presentación y posterior sustentación y defensa.

Dr. Phd. Miguel Ángel Caraballo Núñez.
DIRECTOR DEL PROYECTO

DECLARACIÓN

Oscar Leonardo Alvarado Rodríguez, Julio César Bustamante Gaona, autores del presente trabajo, certificamos la propiedad intelectual a favor de la Universidad Nacional de Loja, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Oscar Leonardo Alvarado Rodríguez

Julio César Bustamante Gaona

AGRADECIMIENTO

Primeramente al ser supremo que en todo momento de mi vida ha estado junto a mi Dios , a mis queridos padres Marino y Mercedes quienes desde pequeño me enseñaron el camino del bien y me apoyaron para que consiga mi meta ser un profesional ,brindándome toda su ayuda incondicionalmente, a mis queridos Hermanos: Luis , Tommy y Jazmín por todo su amor y comprensión, a mi querida esposa Rudy por haber estado conmigo siempre y haberme dado el ser mas lindo de este mundo, mi hija **Doménica** ya que gracias a todos ellos he conseguido la meta trazada, a una persona en especial a mi hermano el Ing. Luis Bustamante por su incalculable ayuda, comprensión y respeto, a mis amigos: Oscar Alvarado , Jimmy Mora , Hermes Rodríguez , Xavier Flores, por su extraordinaria y leal amistad incondicional, a todos mis profesores, en especial al Dr. Miguel Ángel Caraballo , por su amistad y su acertada dirección,

Julio Cesar

A Dios por haberme dado las fuerzas y fortaleza para culminar con éxito nuestros estudios, a mis amados padres Bolívar y Carmita, a mis hermanos: Pepe, Diana, Ana y a mi familia en general por haberme guiado y apoyado para forjarme como profesional de bien, al Dr. Miguel Ángel Caraballo director de tesis, y especialmente al Ing. Luis Bustamante por su apoyo incondicional por haber colaborado en la realización de este proyecto de tesis, a mis amigos: Julio Bustamante, José Carriona, Jimmy Mora, Hermes Rodríguez, Gustavo Jaramillo, Juan Ordoñez, Xavier Flores ...etc., por su extraordinaria y leal amistad y apoyo absoluto.

Oscar Leonardo

DEDICATORIA

Dedicamos el presente trabajo de diploma a todas nuestras familias en general, y de manera especial a nuestros padres, que gracias a su esfuerzo, paciencia, dedicación y apoyo incondicional, logramos culminar con nuestros estudios superiores.

A la Universidad Nacional De Loja que nos permitió adquirir conocimientos para elevar nuestra cultura general, tanto académica como profesional, para lograr alcanzar grandes metas que nos formen como buenos profesionales para servir a nuestra sociedad.

Los Autores

INTRODUCCIÓN.

En la actualidad, los distintos países dependen del petróleo y sus productos; la estructura física y la forma de vida de las aglomeraciones periféricas que rodean las grandes ciudades son posibles gracias a un suministro de petróleo relativamente abundante y barato. Sin embargo, en los últimos años ha descendido la disponibilidad mundial de esta materia, y su costo relativo ha aumentado.

En la provincia de Sucumbíos donde se encuentra el Complejo Industrial Shushufindi, es donde se desarrolla actividades hidrocarburíferas nacionales, estuvieron caracterizadas por privilegios y concesiones a varias compañías extranjeras, una de ellas ANGLO ECUADORIAN OILFIELDS LIMITED (Compañía Británica, 1927 a 1972) dedicándose a la exploración, explotación y refinación del petróleo, periodo en el cual se construyen las Refinerías (1958), Las concesiones caducaron en 1972 y desde 1973 los campos se revirtieron al estado, a través de CEPE.

En las filiales, debido a las cantidades de petróleo que se explota y derivados que se producen, cada uno de los cuales posee diferentes características y propiedades, se ve en la necesidad de **diseñar y construir recipientes** adecuados para su almacenamiento, muchos de los cuales son tanques cilíndricos atmosféricos de acero soldados, con características de diseño que están en función de las cantidades y tipo de fluido a almacenarse.

Los trabajos de diseño de los tanques de almacenamiento, se lo realiza con la **modalidad de contratación de servicios a empresas particulares** (PETROANACONDA Cía. Ltda.), debido a que es un trabajo minucioso y largo, tiempo que se podría utilizar para seguir realizando mejoras en la Empresa Estatal, esto hace que las Filiales no tenga un referente técnico, que compare los resultados presentados por dichas empresas, de tal forma que se pueda hacer observaciones si las tuvieran.

La inclusión de la computación como apoyo para el proceso de diseño, ha desembocado en el desarrollo de programas especializados, que ayudan a los ingenieros a optimizar el tiempo dedicado a esta labor, que es el propósito de este trabajo: DISEÑO MECÁNICO Y SISTEMA AUTOMATIZADO CONTRAINCENDIOS DE UN TANQUE DE TECHO CÓNICO DE 25000 BARRILES, PARA ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS, haciendo que las unidades de proyecto y técnica de este distrito puedan realizar el diseño y comparar resultados técnicos presentados por las empresas particulares, tolerando un margen mínimo de los resultados estimados.

Las condiciones, restricciones, recomendaciones y cálculos correspondientes al diseño del tanque de acero soldado para almacenamiento de petróleo, están normadas por el Instituto Americano del Petróleo API, que corresponde al estándar API 650, también existen estándares y manuales que ayudan al diseño como la AISC, API 653, y otras que se indican conforme se desarrolla el proyecto.

La alta dependencia del almacenamiento tanto para el crudo bruto como para sus derivados, ha motivado que organismos e institutos, realicen normas o estándares, las mismas que son leyes y principios para el diseño, fabricación, mantenimiento, inspección técnica, de estos recipientes de almacenamiento. La norma encargada de la construcción de Tanques de Almacenamiento es API 650. WELDED STEEL TANKS FOR OIL STORAGE, TANQUES SOLDADOS DE ACERO PARA ALMACENAMIENTO DE PETRÓLEO, DEL INSTITUTO AMERICANO DEL PETRÓLEO.

En el presente trabajo de investigación se ha considerado como problemática objeto de estudio lo siguiente:

“Limitaciones en cuanto a la aplicación de los procesos tecnológicos de manufactura y de conceptos científico – técnicos por parte de las empresas nacionales ecuatorianas, relativos al diseño, construcción, mantenimiento, inspección técnica de tanques atmosféricos para el almacenamiento de

hidrocarburos, mediante normas y estándares aprobadas por el Instituto Americano del Petróleo API y la Falta de un sistema automatizado contra incendios en dichas empresas”

OBJETIVOS:

Objetivo General:

“Desarrollo del Diseño mecánico y sistema automatizado contraincendios de un tanque atmosférico de techo cónico de 25000 barriles, para almacenamiento de hidrocarburos.”

Objetivos Específicos:

- Sistematizar la información técnica y bibliográfica necesaria para elaborar una propuesta metodológica que permita la realización de este proyecto.
- Aplicar el Estándar API 650 y otras, correspondientes a diseño y procesos de construcción y automatización del sistema contraincendios de Tanques Atmosféricos de Techo Cónico para Almacenamiento de Hidrocarburos.
- Elaborar procesos de automatización para el sistema contraincendios de tanques de almacenamiento de techo cónico.
- Disponer de una guía básica y específica del diseño de tanques de almacenamiento, para la ejecución de proyectos que actualmente se desarrollan a nivel mundial
- Socializar la Información.

RESUMEN

El almacenamiento constituye un elemento de sumo valor en la explotación de los servicios de hidrocarburos ya que actúa como un pulmón entre producción y/o transporte para absorber las variaciones de consumo.

En el Capítulo I, REVISION DE LITERATURA. Se realiza un resumen, de la identidad e historia del Complejo Industrial Shushufindi, sus capacidades de producción y almacenamiento, sus subestaciones de refinación, distribución de sus derivados. La estructuración empresarial, el listado de Tanques de Almacenamiento disponibles, **Cónicos** y Flotantes. El estudio Software Simatic S7-200 para la programación del sistema contra incendios.

En el capítulo II, MATERIALES Y METODOS. Se realiza, una descripción de los materiales utilizados del diseño del tanque, de acuerdo a la especificación del Estándar API 650, , el tipo de juntas a utilizar, tanto para el fondo, cuerpo, techo, accesorios del tanque, se realizó la programación del Software Simatic S7-200 para la automatización del sistema contra incendios.

En el Capítulo III RESULTADOS. Se realizó los cálculos del diseño del tanque atmosférico de techo cónico, y la simulación del Software Simatic S7-200 para su respectiva comprobación y funcionamiento.

En el Capítulo IV DISCUSIÓN. Para proceder con la validación de los resultados entregados por el proyecto de tesis, se analizaron por medio de dos fuentes de información. Utilizando el estándar API 650 y las memorias empleadas por Refinería Shushufindi, se realizó un análisis entre el Software LOGO y SIMATIC S7-200 siendo este último el más idóneo y utilizado en el presente proyecto.

El Capítulo V, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. Son el resultado de un arduo trabajo en conjunto de sus autores, lleno de conocimiento, experiencias y exigencias personales, para satisfacer los objetivos propuestos.

SUMMARY

The storage constitutes an element of extreme value in the operation of the services of hydrocarbons since it acts as a lung between production and transport to absorb the consumption variations.

In Chapter I, REVISION OF LITERATURE. A summary is realized, of the identity and history of the Industrial Complex Shushufindi, its capacities of production and storage, its substations of refinement, distribution of its derivatives. The enterprise structuring, the listing of Storage caves available, Conical and Floating. The study Software Simatic S7-200 for the programming of the system against fires.

In chapter II, MATERIALS AND METHODS. It is realized, a description of the used materials of the design of the tank, according to the specification of Standard API 650, the type of meetings to use, as much for the bottom, body, ceiling, accessories of the tank, I am realized the programming of Software Simatic S7-200 for the automatization of the system against fires.

In Chapter III RESULTS. I am realized the calculations of the design of the atmospheric tank of conical ceiling, and the simulation of Software Simatic S7-200 for its respective verification and operation.

In Chapter IV DISCUSSION. In order to come with the validation of the results given by the thesis project, they were analyzed by means of two sources of intelligence. Using standard API the 650 and memories used by Shushufindi Refinery, I am realized an analysis between Software LOGO and SIMATIC last S7-200 being this most suitable one and used in the present project.

Chapter V, CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS. They are the result of an arduous work altogether of its authors, personal plenty of knowledge, experiences and exigencies, to satisfy the proposed objectives.

INDICE

CAPITULO I	1
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	1
1.1 COMPLEJO INDUSTRIAL SHUSHUFINDI.....	1
1.1.1 IMPORTANCIA DEL ALMACENAMIENTO.....	3
1.1.2 TIPOS DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO.....	4
1.1.2.1 Almacenamiento a temperatura ambiente y presión atmosférica.....	5
1.1.2.2 Almacenamiento bajo presión a temperatura ambiente	5
1.1.2.3 Según su capacidad de movilizarse, pueden ser:	6
1.1.2.4 Según la orientación de sus ejes de simetría pueden ser:	7
1.1.2.5 Según la temperatura que debe mantenerse el fluido almacenado.....	7
1.1.3 TIPOS DE TANQUES ATMOSFÉRICOS TIPO API 650.	8
1.1.3.1 Tanques de Techo Fijo.....	8
1.1.3.2 Tanques de Techo Flotante.....	9
1.1.4 NORMAS ESTÁNDARES Y CÓDIGOS USADOS.....	10
1.1.4.1 Aplicación del Estándar API.	10
1.1.4.2 El Código UBC.	13
1.1.4.3 AISC (Instituto Americano de Construcción de Acero).....	13
1.2 SOLDADURA EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO.	13
1.2.1 JUNTAS VERTICALES DEL CUERPO.	13
1.2.2 JUNTAS HORIZONTALES.	14
1.2.3 SOLDADURA DEL FONDO.....	14
1.2.4 JUNTAS DE LA PLACA ANULAR DEL FONDO.....	15
1.2.5 JUNTA DEL CUERPO-FONDO.....	16
1.2.6 JUNTAS PARA ANILLOS ANULARES.....	17
1.3 SISTEMA CONTRA INCENDIOS.	18
1.3.1 INTRODUCCIÓN.....	18
1.3.2 QUE ES UN SISTEMA AUTOMATIZADO.....	18
1.3.3 FUNDAMENTOS DEL CONTROL AUTOMATICO INDUSTRIAL....	18
1.3.3.1 Que es un Control Automatico.	19

1.3.3.2	El Lazo Realimentado.	19
1.3.4	TIPOS DE SEÑAL	21
1.3.4.1	Señal Analógica.	21
1.3.4.2	Señal Digital.	21
1.3.5.	CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE.....	22
1.3.5.1	Modo de Funcionamiento.....	22
1.3.5.2	Ciclo de Funcionamiento.....	22
1.3.5.3	Proceso Inicial.	22
1.3.5.4	Ciclo de Operación.....	23
1.3.5.5	Ejecución del Programa.	23
1.3.6.	MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA	24
1.3.6.1	Introducción.....	24
1.3.6.2	Motor síncrono.	25
1.3.6.3	Motor de Inducción.....	25
1.3.6.4	Arranque.....	25
1.3.7.	AUTOMATISMOS POR CONTACTOR RELÉS Y PROTECCIONES	26
1.3.7.1	Fusibles.....	26
1.3.7.2	Interruptor.....	26
1.3.7.3	Contactores	27
1.3.7.4	UPS.....	28
1.3.7.5	Actuadores	28
1.3.7.6	Motores a Paso	30
1.3.7.7	Válvula.....	31
1.3.7.7.1	Válvula de control	31
1.3.7.7.2	Partes de la Válvula de control	31
1.3.7.7.3	Válvulas de Mariposal	31

CAPITULO II	33
2. MATERIALES Y METODOS.....	33
2.1 MATERIALES.....	33
2.1.1 MATERIALES PARA EL CUERPO DEL TANQUE.....	34
2.1.2 MATERIALES PARA LAMINAS DEL TECHO, ESTRUCTURA METALICA SOPORTANTE, TUBERIA, BRIDAS, PERNOS Y ELECTRODOS.....	35
2.2 DISEÑO MECÁNICO DEL CUERPO, FONDO Y TECHO DEL TANQUE.....	37
2.2.1 CONDICIONES DEL DISEÑO DEL TANQUE 25000 BLS.	36
2.2.2 MÉTODO DE PUNTO FIJO O DE UN PIE.	39
2.2.3 DISEÑO MECÁNICO DEL FONDO DEL TANQUE Y ANILLO ANULAR.....	40
2.2.3.1 Selección del espesor y ancho de las láminas del fondo del tanque.....	41
2.2.3.2 Diseño de la placa anular.....	41
2.2.4 DISEÑO MECÁNICO DEL TECHO DEL TANQUE.....	43
2.2.5 SELECCIÓN DE ACCESORIOS PARA TANQUES.	43
2.2.5.1 Manhole para el cuerpo.....	45
2.2.5.2 Manhole para el techo.....	52
2.2.5.4 Boquillas y bridas para el techo del tanque.....	58
2.2.5.5 Acceso de limpieza tipo lápida o caja o compuerta de sedimentos (puerta de limpieza de nivel).	59
2.2.5.6 Sumidero para extraccion de agua o tina de lodos.....	62
2.2.5.7 Escaleras – pasamanos.....	63
2.3 ANGULO CIRCUNFERENCIAL PARA CARGAS DE VIENTO.....	64
2.3.1 ANILLO SUPERIOR O ANGULO TOPE.....	64
2.4 DISEÑO Y SELECCIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL TECHO CÓNICO.....	66
2.4.1 NECESIDAD, RESTRICCIONES Y DEFINICIÓN DE PARÁMETROS.....	68

2.4.2	DEFINICIÓN DEL TIPO DE ESTRUCTURA.....	68
2.4.2.1	Estudio y diseño de alternativas.....	68
2.4.2.2	Análisis de cargas.....	74
2.4.3	DISEÑO DE CORREAS.....	75
2.4.3.1	Definición Geométrica.....	75
2.4.3.1.1	Definición del número de correas interiores-intermedias para alternativas con columna central y varias columnas exteriores.	76
2.4.4	DISEÑO DE VIGAS.....	84
2.4.5	DISEÑO DE LAS COLUMNAS.....	86
2.4.5.1	Diseño de columnas compuestas por dos canales o Columnas Armadas.....	89
2.4.6	DISEÑO DE LAS BASES.....	90
2.4.7	DISEÑO DE LAS CARTELAS.....	91
2.4.7.1	Definición geométrica de las cartelas.....	92
2.4.7.1	Procedimiento de diseño de Cartelas.....	95
2.4.8	DISEÑO DEL DISCO CENTRAL.....	95
2.4.8.1	Procedimiento de cálculo del disco.....	96
2.4.8.1.1	Determinación del radio exterior de la placa R_d	96
2.4.8.1.2	Determinación del radio interior de la placa r_d	97
2.4.8.1.3	Determinación del espesor de la placa.....	97
2.5	SISTEMA CONTRAINCENDIOS.....	98
2.5.1	EVOLUCIÓN TECNICA.....	100
2.5.2	DESCRIPCIÓN.....	100
2.5.2.1	Medidas de protección pasiva.....	101
2.5.2.2	Medidas de protección activa.....	101
2.5.2.2.1	<i>Sistemas Manuales: Bocas de incendio equipadas (BIE) y los hidrantes.....</i>	102
2.5.2.2.2	<i>Sistemas Automáticos: Sprinklers (rociadores), cortinas de agua o sistemas de agua pulverizada.....</i>	102
2.5.3	SISTEMA SCADA.....	103
2.5.4	RECEPCIÓN DE PRODUCTOS.....	104
2.5.5	INSTALACION DEL SISTEMA CONTRAINCENDIOS.....	105
2.5.5.1	Descripción y Procedimientos de Operación del Sistema.....	106

2.5.5.2	Cuarto de Control	107
2.5.5.3	Sistema de Espuma	108
2.5.6	PRUEBAS.....	108
2.5.7	CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA CONTRAINCENDIOS.	108
2.5.7.1	Determinación de los requerimientos de agua para enfriamiento y de espuma	109
2.5.7.2	Caudales de Aplicación de agua	109
2.5.7.3	Requerimientos de espuma.....	110
2.5.7.4	Requerimientos de concentrado de espuma	110
2.5.7.5	Determinación del equipo requerido.....	110
2.5.8	PARAMETROS A AUTOMATIZAR	111
2.5.9	DIAGRAMA UNIFILAR	111
2.5.9.1	Descripción del Diagrama Unifilar y Selección del Equipamiento de Campo	113
2.5.10	FUNCIONAMIENTO	113
2.5.11	PROGRAMACIÓN	114
3.	RESULTADOS.....	124
3.1	DATOS GENERALES DEL DISEÑO Y CONDICIONES.....	124
3.2	CALCULO DE LOS ESPESORES DEL CUERPO.....	125
3.2.1	CÁLCULO PARA EL PRIMER ANILLO.	125
3.2.2	CÁLCULO PARA EL SEGUNDO ANILLO.	125
3.2.3	CÁLCULO PARA EL TERCER ANILLO.	126
3.2.4	CÁLCULO PARA EL CUARTO ANILLO.	126
3.3	SELECCIÓN DEL ESPESOR Y ANCHO DE LAS LÁMINAS DEL FONDO DEL TANQUE.	127
3.3.1	CALCULO DEL ESPESOR DEL FONDO DEL TANQUE.	127
3.4	SELECCIÓN DEL ESPESOR Y ANCHO DE LAS LÁMINAS DEL TECHO DEL TANQUE.	129
3.4.1	CALCULO DEL ESPESOR DEL TECHO DEL TANQUE.	130
3.5	SELECCIÓN DE ACCESORIOS DEL TANQUE.....	131
3.5.1	MANHOLE PARA EL CUERPO.....	131

Selección del diámetro de manhole para el cuerpo.	131
Selección para manhole del cuerpo de 24 pulgadas (609.6 mm.)	131
3.5.1.1 Comprobación de espesor de la placa principal de accesorios de acceso	132
3.5.2 MANHOLE PARA EL TECHO.....	136
Selección para manhole del techo de 24 pulgadas (609.6 mm.).....	137
3.5.3 BOQUILLAS Y BRIDAS PARA EL CUERPO DEL TANQUE.....	137
Selección de Boquillas - Bridas para Cuerpo del Tanque.....	137
Selección para Boquillas – Bridas de Entrada de 8 Pulgadas	137
Selección para Boquillas – Bridas de Salida de 6 Pulgadas	138
3.5.4 BOQUILLAS Y BRIDAS PARA EL TECHO DEL TANQUE	139
Selección de Boquillas - Bridas para el Techo del Tanque.....	139
Selección para Boquillas – Bridas del Techo de 8 Pulgadas	139
3.5.5 PUERTA DE LIMPIEZA O COMPUERTA DE SEDIMENTOS.....	139
Selección Para Accesorio de 24 X 24 in ²	140
3.5.6 SUMIDERO PARA EXTRACCIÓN DE AGUA	140
Selección para Sumidero o Tina de Lodos 4 Pulgadas de Diámetro de Tubos.....	140
3.5.7 ESCALERAS – PASAMANOS.....	141
3.6 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA SOPORTANTE PARA TANQUE DE TECHO CÓNICO, CON ALTURA NOMINAL H = 24 PIES, CAPACIDAD C= 25000 BARRILES, DIAMETRO D= 88 PIES.	141
3.6.1 DETERMINACIÓN DEL ANGULO A; RADIO INSCRITO RI; RADIO CIRCUNSCRITO RC.	142
Determinación de los ángulos.	142
3.6.2 DIMENSIONAMIENTO, SELECCIÓN Y CANTIDAD DE CORREAS.	142
3.6.2.1 Para Correas Interiores.	142
3.6.2.2 Para Correas Exteriores.....	145
3.6.3 Dimensionamiento, Selección y Cantidad de Vigas.....	148
3.6.3.1 Para Vigas Interiores.....	148
3.6.4 DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE COLUMNAS.	150
3.6.4.1 Para Columnas Armadas (Compuestas por Dos Canales). ..	150

3.6.5	SELECCIÓN DE BASE PARA COLUMNAS.....	151
3.6.5.1	Diseño y Selección de Cartelas (Unión Estructura Pared). ...	151
3.6.6	DISEÑO DEL DISCO CENTRAL.	153
3.6.6.1	Determinación del Radio Exterior de la Placa	153
3.6.6.2	Determinación del Radio Interior de la Placa	154
3.6.6.3	Determinación del Espesor de la placa.	154
3.6.7	ANILLO O VIGA DE RIGIDEZ.	155
3.7	MEMORIA DE CÁLCULO DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS.....	155
3.7.1	ESCENARIO ANALIZADO.	155
3.7.2	MODELACIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE LA RED	156
3.7.3	RESULTADOS.....	157
3.7.4	SELECCIÓN DE BOMBAS PRINCIPALES DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO BOMBA DIESEL Y BOMBA ELECTRICA.....	157
3.7.4.1	Calculo del cabezal para el sistema automatizado contra incendios de rociadores de agua.	158
3.7.4.2	Selección de la bomba.	159
3.7.5	SELECCIÓN DE LA BOMBA JOCKEY.....	161
3.7.6	SIMULACIÓN DEL SOTFWARE SIMATIC S7-200.	165
3.8	VALORACIÓN TÉCNICA ECONÓMICA.....	168
3.8.1	Elaboracion de Rubros y Analisis de Precios Unitarios.	168
3.8.2	Metodología para el Cálculo del Costo.	170
3.8.2.1	Presupuesto Referencial, Construcción y Montaje Mecánico del Tanque.....	170
3.8.2.2	Calculo del costo de la Mano de Obra.....	174
3.8.2.3	Calculo del Costo Total del Tanque.	175
3.8.3	Impacto Medio Ambiental.	175
3.8.4	Medidas de Seguridad e Higiene.....	177
4.	DISCUSIÓN	180
	ANÁLISIS DE RESULTADOS.	180
4.1	PRUEBA CON EL ANEXO K DEL API 650.	180
4.2	PRUEBA CON MEMORIA DEL COMPLEJO INDUSTRIAL SHUSHUFINDI	182

4.3	COMPARACIÓN DEL SOFTWARE SIMATIC S7-200 CON EL SOFTWARE LOGOS.....	184
4.4	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	185
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	187
5.1	CONCLUSIONES.....	187
5.2	RECOMENDACIONES.....	189
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	190

CAPITULO I

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

1.1 COMPLEJO INDUSTRIAL SHUSHUFINDI.

Compañía Ecuatoriana fundada para atender el sector petrolero e industrial del país y proyectado también a servir clientes en el extranjero. Está ubicado en la Provincia de Sucumbíos en la región Oriental del País, está formado por:

- Refinería Amazonas.
- Planta de gas de Shushufindi.

La Refinería Amazonas arrancó en 1987 con una capacidad de 10.000 BPD, en 1995 se duplicó su capacidad a 20.000 BPD. Está formada por dos Unidades gemelas de destilación atmosférica.

La Planta de gas y petróleo de Shushufindi se diseñó para aprovechar el gas natural asociado al Crudo extraído en los campos y producir GLP y gasolina natural. Su máxima carga es de 25 millones de pies cúbicos estándar de gas asociado, tiene capacidad para producir hasta 500 Tm/día de GLP y 2800 BPD de gasolina, la misma que se encuentra conformada por un equipo de profesionales en el área de ingeniería, Diseño, Hidráulica, Eléctrica, Mecánica, Sistema Scada, Control con PLC'S relacionados con la Ingeniería de Sistemas Contra Incendios (Fig.1.1- Fig.1.2)¹.

Además desarrolla su Ingeniería con modelos 3D, contando con el acceso a las librerías digitales de la mayoría de fabricantes de equipos así como también elementos desarrollados en esta empresa tales como tuberías (piping), válvulas, instrumentos, tableros, soportería.

¹ PETROECUADOR. *El petróleo en Ecuador*. Quito junio 2004.



Figura 1. 1 /1. 2 Ubicación Geográfica del Complejo Industrial Shushufindi.

La empresa se divide en:

- Unidades de: Producción que es la encargada de procesar el petróleo, es decir, obtener los combustibles y solventes, almacenar en los respectivos tanques y entregar a Petrocomercial para que sean comercializados en el mercado nacional e internacional (exportaciones).
- Unidades de Apoyo como Técnica y Servicios, que son las responsables del buen funcionamiento de las plantas y de las utilidades (vapor, agua dulce, energía eléctrica, aire, etc.)
- Unidad de Contratos y Compras, es la unidad donde se realiza todo el trámite para los concursos de compras y contratos de obra cierta.
- Unidad administrativa, encargada de los empleados directos y personal que se contrata para los varios servicios y necesidades de refinería.²

El petróleo que se alimenta al Complejo Industrial Shushufindi, procede en un 100% de los campos del oriente ecuatoriano.

² PETROECUADOR. *El Complejo Industrial Shushufindi y Planta cautivo*. Editorial Galarza. Guayaquil. Enero 1997.

1.1.1 IMPORTANCIA DEL ALMACENAMIENTO.

El almacenamiento proporciona a la industria una mejor planificación en las diferentes operaciones que se realizan tales como: distribución, reservas, inventarios, transporte, tratamiento, refinación, etc. Con mayor exigencia, la industria petrolera, que requiere de recipientes con características particulares para almacenar una gran variedad de productos como son: crudo y sus derivados, butano, propano, gas licuado de petróleo, solventes, agua, etc. En la figura 1.2. Vista área del campo de tanques del Complejo Industrial Shushufindi.

El almacenaje de líquidos tales como petróleo, nafta, fuel oil, diesel oil, kerosene u otros derivados petroquímicos que se pueden conservar a presión y temperatura ambiente, se efectúa normalmente en tanques cilíndricos de fondo plano, techo fijo, o flotante, a fin de evitar la acumulación de gases inflamables dentro de los mismos.



Figura 1. 3 Tanques de Almacenamiento de Petróleo en Complejo Industrial Shushufindi. ³

³ Tanques de Almacenamiento Complejo Industrial Shushufindi. EPN. Quito-Ecuador.1991.

1.1.2 TIPOS DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO.

Generalmente el primer paso en el diseño de cualquier recipiente de almacenamiento, es la determinación del tipo de tanque a utilizar, los principales factores que influyen esta decisión son: la función y localización del tanque, la naturaleza del fluido, la temperatura y presión de operación, y el volumen necesario de almacenaje o la capacidad para procesamiento. La figura 1.4, muestra la clasificación de tanques de almacenamiento.

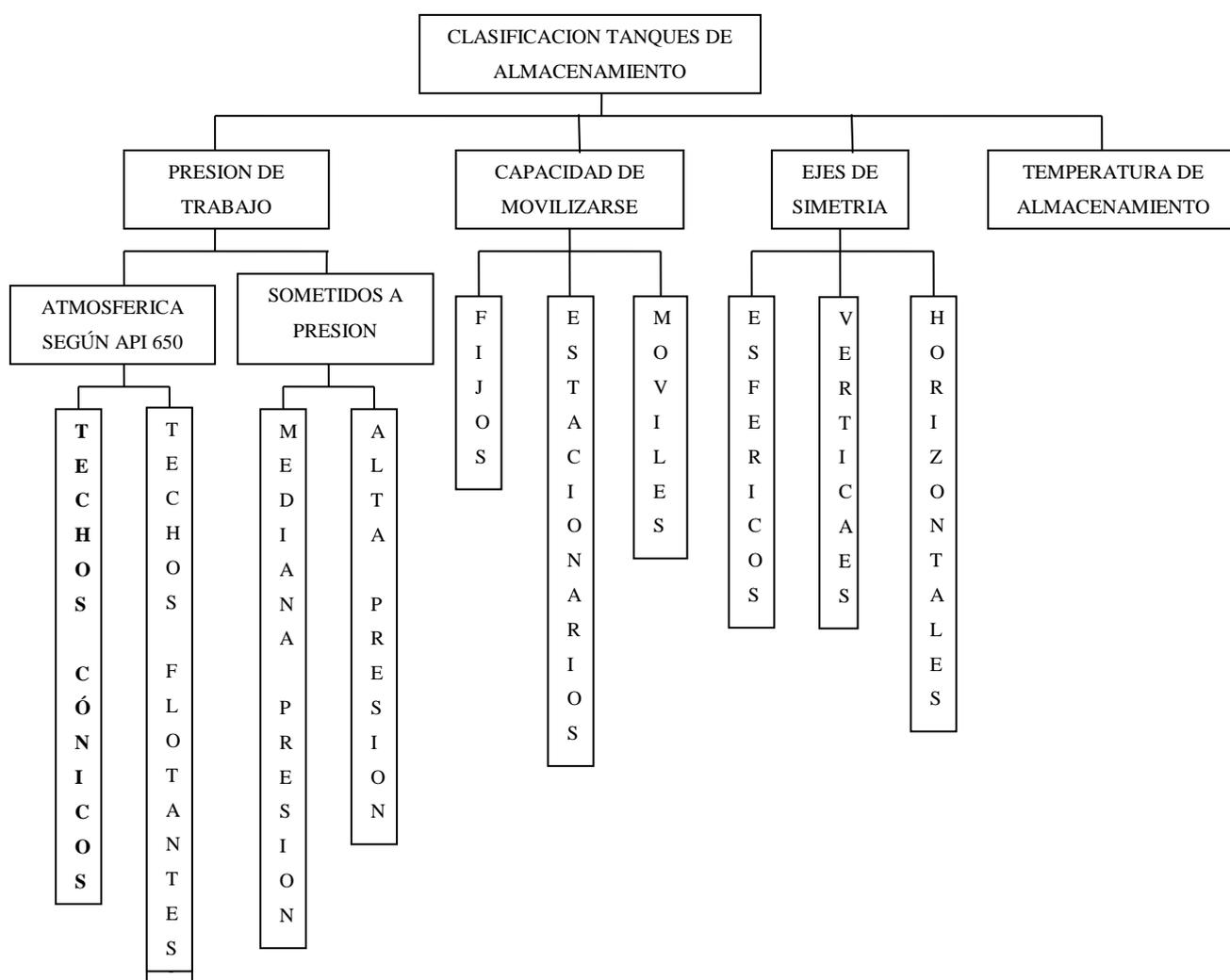


Figura1. 1 Clasificación de los Tanques de Almacenamiento.⁴

⁴ Primer Seminario Nacional de Tanques de Almacenamiento. EPN. Quito-Ecuador.1991.

En le presente proyecto se tratará exclusivamente de los tanques atmosféricos de techo cónico, debido a que se emplean para contener productos no volátiles o de bajo punto de inflamación como son: diesel, **petroleo crudo**, etc.

1.1.2.1 Almacenamiento a temperatura ambiente y presión atmosférica.

La presión de operación máxima en este tipo de tanques, es la presión atmosférica. Cuando se almacene petróleo o productos derivados se requerirá de protección del producto contra agentes externos (lluvia, basuras, granizo, etc.), esto se logra con la implementación de un techo. Los principales tipos de tanques atmosféricos son:

- Tanques sin techo,
- Tanque con techo flotante (FRT: Floating Roof Tank),
- **Tanque con techo cónico** (CRT: Cone Roof Tank),
- Tanque con techo Domo (DRT: Dome Roof Tank),
- Tanque con techo flotante interno (IFRT: Internal Floating Roof Tank),
- Tanque de techo flotante externo (EFRT: External Floating Roof Tank).

En el presente proyecto hemos adoptado por un tanque con techo cónico por ser economico, accesible y de facil montaje, ademas su producto de almacenamiento (Petroleo Crudo) es poco volatil y de bajo punto de inflamación siendo una de las características más importantes para el seleccionamiento del mismo, ya que estos son considerados en su mayoría tanques para almacenar productos de bajo punto de inflamación.

1.1.2.2 Almacenamiento bajo presión a temperatura ambiente

Dentro de este tipo de tanques para almacenamiento, los principales son:

- **Hemisferoides:** la presión del almacenamiento máxima en este tipo de recipientes es de 350 mbar (5.08 Psi),

- **Esferoides:** la presión de almacenamiento del producto es de hasta máximo 2 bar (29.01 Psi). Los tanques hemisferoides y esferoides son tanques que se utilizan para el almacenamiento de líquidos muy volátiles (líquidos con bajo flash point).
- **Esferas con presión alta:** por la presión alta de almacenamiento estos funcionan hasta 25 bares (362.59 Psi). Son considerados como recipientes, dentro de este grupo las Salchichas que son usadas para el almacenamiento de gases mantenidos a temperatura crítica y presión requerida. Su montaje en posición horizontal se hace sobre dos o más sillas de montaje y si es en posición vertical se hace sobre patas de apoyo, (figura 1.5).

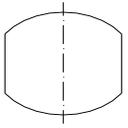
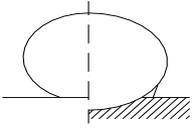
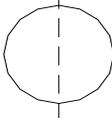
	 Hemisferoide	 Esferoide	 Esfera
Presión de almacenam.	+350 mbar (5.08 psi) -5 mbar (0.07 psi)	<= 2 bar (29.01 psi) -5 mbar (0.07 psi)	<= 25 bar (362.59 psi)
Producto a almacenar	Gasolina Super Pentano	Gasolina liviana	Gases licuados Gases comprimidos

Figura 1. 5. Aplicación de tanques con baja presión a temperatura ambiente.⁵

1.1.2.3 Según su capacidad de movilizarse, pueden ser:

- **Fijos** (los que están contruidos en un punto fijo y para poder trasladarlos es necesario desmontarlos).
- **Estacionarios** (son tanques, que pueden ser trasladados con la ayuda de un medio externo, grúas, camiones; sin embargo están diseñados para trabajar en condiciones estacionarias).

⁵ Primer Seminario Nacional de Tanques de Almacenamiento. EPN. Quito-Ecuador.1991.

- **Transportables** (tanques, que disponen de movilización propia o son fácilmente trasladables, están diseñados para el transporte de fluidos principalmente).

El tipo de tanque según su capacidad de movilización para el presente proyecto se opto por ser **Fijo**, ya que el volumen a almacenarse en dicho tanque (25000 barriles) lo requiere.

1.1.2.4 Según la orientación de sus ejes de simetría pueden ser:

- **Esféricos.**- si el recipiente tiene forma de una esfera.
- **Verticales.**- son principalmente cilíndricos y su eje de simetría es vertical que se apoyan sobre sillas o en una superficie plana
- **Horizontales.**- su eje de simetría es horizontal y normalmente se hayan apoyados sobre sillas.

El tipo de tanque Según la orientación de sus ejes es de tipo Vertical, ya que el tanque a estudiar es cilíndrico y se encuentra apoyada sobre una superficie plana.

1.1.2.5 Según la temperatura que debe mantenerse el fluido almacenado.

Almacenamiento con medio refrigerado a temperatura cercana a 0°C, la temperatura del líquido es reducida hasta conseguir una presión de almacenamiento cercana a los 5 bares (72.52 psi). Para mantener al producto estable se requiere que las paredes sean aisladas térmicamente. Este tipo de recipiente se utiliza para el almacenamiento principalmente de productos como amoníaco, propano y propileno.

Almacenamiento refrigerado al “Punto Normal de Ebullición” (PNE) hasta temperaturas de -60°C: este tanque opera con presiones atmosféricas de hasta máximo 150 mbar (2.18 psi). Las paredes dispondrán de aislamiento térmico. Al igual que en el caso anterior se requiere enfriar al producto hasta lograr que la presión del producto alcance a la presión atmosférica equivalente a su PNE.

Amoníaco, Gas licuado de petróleo y cloruro de vinilo son productos almacenados en este tipo de recipiente.

Tanques térmicos, son tanques que mantienen una temperatura adecuada dando mayor fluidez a productos de alta viscosidad para facilitar su transporte. Se recomienda que los productos sean mantenidos a una temperatura mayor a los 8 °C a la de su punto de escurrimiento o que la viscosidad cinemática sea mayor a 300 cts.

1.1.3 TIPOS DE TANQUES ATMOSFÉRICOS TIPO API 650.

El código API 650 considera dos tipos de tanques de almacenamiento a presión atmosférica, el primero contempla **tanques de techo fijo**, este tipo de tanque es fundamentalmente usado para productos poco volátiles tales como petróleo crudo o búnker, al segundo tipo pertenecen los **tanques de techo flotante**, este tipo de tanque como su nombre lo indica tiene un techo no soportado, el cual flota sobre el fluido almacenado, manteniendo un volumen y presión constante sobre la superficie del producto, con lo cual se minimizan los efectos de la respiración del tanque en los procesos de carga y descarga del mismo; reduciendo también la formación de vapores con sus consecuentes peligros de explosión.

1.1.3.1 Tanques de Techo Fijo.

Los tanques de techo fijo se diseñan típicamente para presiones internas bajas del espacio de vapor. Son diseñados en conformidad con el estándar API 650 con presiones menores a 2.5 Psi (129 mm Hg).

Estos tipos de tanques son muy utilizados sobre todo para el almacenamiento de **Petróleo Crudo** en los campos de producción, en ciertos procesos dentro de estos campos, y para el almacenamiento de productos poco volátiles en refinerías y estaciones de bombeo. (Figura 1.6)

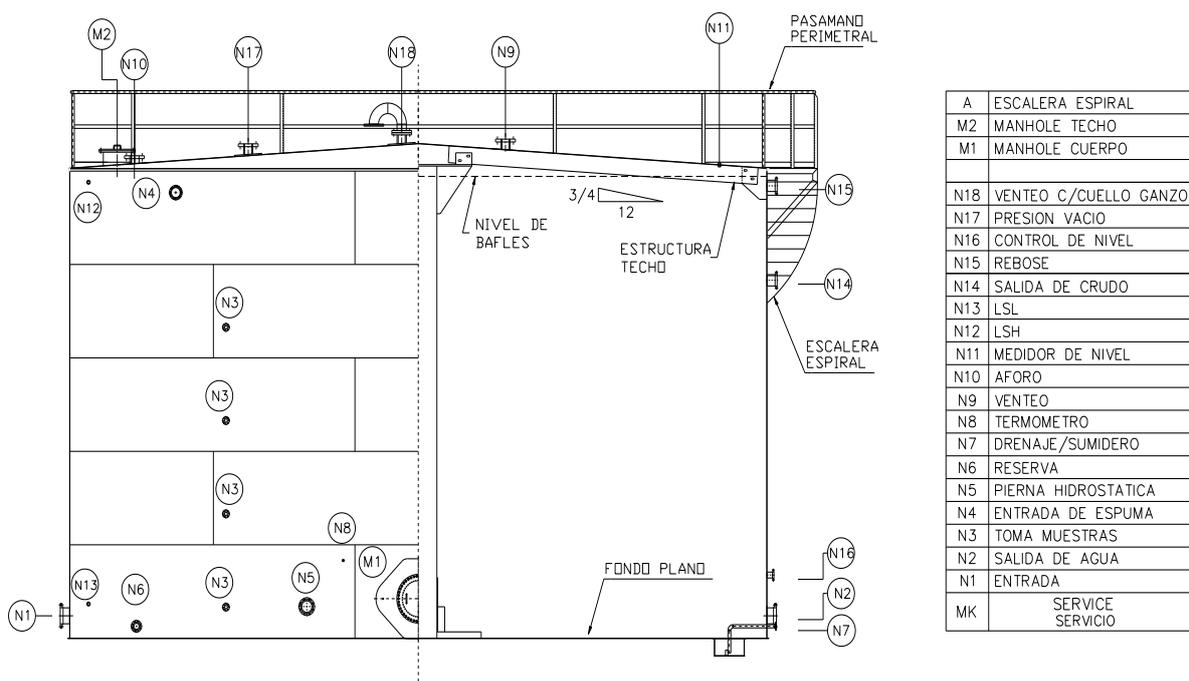


Figura 1. 6. Tanque Tipo de Techo Cónico.

1.1.3.2 Tanques de Techo Flotante.

Este tipo de tanque es bastante más costoso y complicado de construir y mantener. Su construcción se justifica, cuando se van a almacenar productos con un bajo punto de inflamación (flash point) y se desean reducir las pérdidas por evaporación (Figura 1.7). El sistema es sobre todo utilizado para el almacenamiento de combustibles de alto punto de destilación como la gasolina.

Existen tres tipos básicos de techos flotantes:

- **Tipo Bandeja.**
- **Tipo Pontón.** (Pontoon Type)
- **Tipo de cubierta doble.** (Double deck type)

Un sistema en boga, consiste en utilizar tanques de techo fijo con membranas internas flotantes, de esta forma se logran aprovechar las ventajas de ambos métodos, es importante mencionar que este método se debe de utilizar solo cuando los beneficios económicos de la reducción de evaporación justifiquen la inversión en las membranas flotantes, el principio para la flotación del techo es la suspensión de grandes flotadores llenos de aire (pontones).

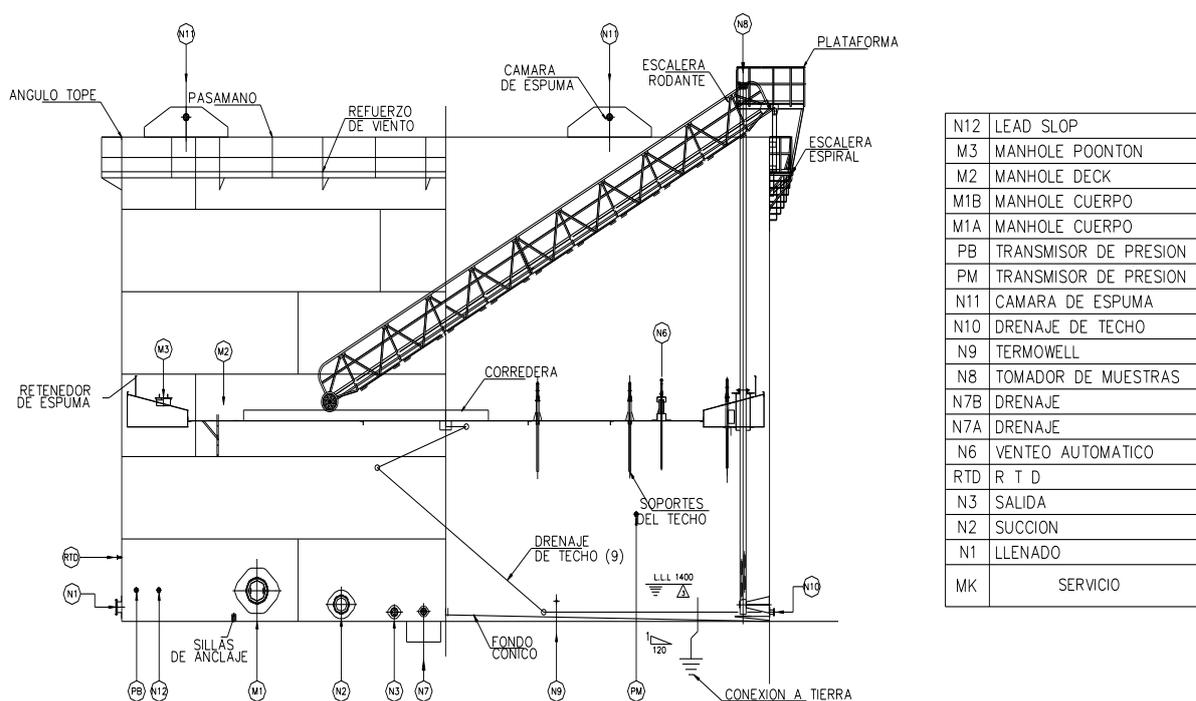


Figura 1. 7. Tanque Tipo de Techo flotante

1.1.4 NORMAS ESTÁNDARES Y CÓDIGOS USADOS.

1.1.4.1 Aplicación del Estándar API.

Como las siglas del código lo indican este es recopilado, publicado y actualizado por el Instituto Americano del Petróleo, API (American Institute of Petroleum), actualmente existen diez códigos desarrollados por el API relacionados con tanques de almacenamiento.

Tabla 1. 1. Códigos API relacionados con Tanques de almacenamiento.

12 B	Tanques empernados para el almacenamiento de líquidos de producción.
12 D	Tanques soldados en campo para el almacenamiento de líquidos de producción, este código cubre tanques con capacidades nominales desde 500 hasta 10000 bbl.
12 F	Tanques soldados en taller para el almacenamiento de líquidos de producción, este código cubre tanques con capacidades nominales desde 90 hasta 500 bbl.
12 P	Tanques Plásticos reforzados con fibra de vidrio
620	Diseño y construcción de grandes tanques de almacenamiento soldados para trabajar a bajas presiones (15 PSIG)
650	Tanques soldados de acero para el almacenamiento de petróleo
2000	Venteo de Tanques de almacenamiento atmosféricos y de baja presión, ya sean refrigerados o no refrigerados.
2015	Entrada y Limpieza segura de tanques de almacenamiento de petróleo
2551	Medición y calibración de tanques horizontales.
2610	Diseño, operación, mantenimiento e Inspección de estaciones de tanques y terminal

Sin embargo para fines del presente proyecto de titulación se va a mencionar el código API 650. El estándar API 650, son los procedimientos, que rigen el diseño, fabricación, erección, inspección y soldadura, para tanques de almacenamiento de petróleo, está conformado por 8 secciones más 18 apéndices los cuales son:

➤ **SECCIONES**

- Sección 1. Alcance del código.
- Sección 2. Materiales
- Sección 3. Diseño.
- Sección 4. Procesos de fabricación.
- Sección 5. Procedimientos de montaje.
- Sección 6. Procedimientos de inspección.

- Sección 7. Procedimientos de soldadura y calificación de soldadores.
- Sección 8. Identificación de tanque.

➤ A P É N D I C E S

- Apéndice A. Diseño opcional para pequeños tanques.
- Apéndice B. Especificaciones de diseño y construcción de bases de tanques.
- Apéndice C. Diseño para almacenamiento de hidrocarburos con un punto de inflamación menor a 200°F
- Apéndice D. Relacionado con posibles consultas que se pueda hacer sobre aspectos técnicos.
- Apéndice E. Menciona los factores sísmicos que deben de ser considerados en el diseño de un tanque.
- Apéndice F. Diseño de tanques sometidos a pequeñas presiones.
- Apéndice G. Techos de aluminio soportados estructuralmente.
- Apéndice H. Techos flotantes internos.
- Apéndice I. Detección de fugas en la parte inferior de tanques y protección de fundaciones.
- Apéndice J. Ensamble en taller de tanques de almacenamiento.
- Apéndice K. Ejemplo de determinación del espesor de la lámina de un tanque por el método de punto variable.
- Apéndice L. Hojas de datos para tanques atmosféricos según el estándar API 650.
- Apéndice M. Requerimientos para tanques que operen a temperaturas entre 200°F y 500°F.
- Apéndice N. Condiciones para el uso de materiales que no hayan sido perfectamente identificados.
- Apéndice O. Recomendaciones para conexiones ubicadas en el fondo.

- Apéndice P. Cargas externas permisibles en las aberturas del cuerpo del tanque.
- Apéndice S. Tanques de acero inoxidable austenítico.

1.1.4.2 **El Código UBC.**

El código UBC, Código para la Regularización de la Construcción de 1997 (Uniform Building Code), provee requisitos mínimos a aplicarse en el cálculo y diseño de estructuras de edificaciones y estructuras distintas a las de edificación con el fin de resistir eventos de origen sísmico.

1.1.4.3 **AISC (Instituto Americano de Construcción de Acero).**

El Instituto Americano de Construcción de Acero, es el organismo que gobierna el plan de fabricación, erección, resistencia, materiales y estudio de cargas en todo lo referente al diseño de estructuras metálicas con acero. Tiene una notable aceptación en todo el mundo por lo que se ha convertido en uno de los principales fuente de consulta en el momento del diseño.

La información presentada en esta publicación se ha preparado de acuerdo con los principios de la ingeniería reconocidos y certificados, la misma que debe usarse cuando lo amerite, pero debe tomarse en cuenta que el manual permite seleccionar, pero no da la respuesta exacta de lo que se pretende calcular, por lo cual queda a criterio del diseñador.

1.2 **SOLDADURA EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO.**

1.2.1 JUNTAS VERTICALES DEL CUERPO.

A) Las juntas verticales deberán ser de penetración y fusión completa, lo cual se podrá lograr con soldadura doble, de tal forma que se obtenga la misma

calidad del metal depositado en el interior y el exterior de las partes soldadas para cumplir con los requerimientos del procedimiento de soldaduras.

B) Las juntas verticales no deberán ser colineales, pero deben ser paralelas entre sí en una distancia mínima de 5 veces el espesor de la placa (5t).

1.2.2 JUNTAS HORIZONTALES.

A) Las juntas horizontales, deberán ser de penetración y fusión completa, excepto la que se realiza entre el ángulo de coronamiento y el cuerpo, la cual puede ser unida por doble soldadura a traslape, cumplimiento con el procedimiento de soldadura.

B) A menos que otra cosa sea especificada, la junta a tope con o sin bisel entre las placas del cuerpo, deberán tener una línea de centros o fibra media común.

1.2.3 SOLDADURA DEL FONDO.

A) Soldaduras a Traslape.- Las placas del fondo deberán ser rectangulares y estar escuadradas. El traslape tendrá un ancho de, por lo menos, 32mm. (1-1/4 pulg.) Para todas las juntas: las uniones de dos o tres placas, como máximo que estén soldadas, guardarán una distancia mínima de 305mm. (1 pie) con respecto a cualquier otra junta y/o a la pared del tanque. Cuando se use placa anular, la distancia mínima a cualquier cordón de soldadura del interior del tanque o del fondo, será de 610mm. (2 pie).

Las placas del fondo serán soldadas con un filete continuo a lo largo de toda la unión. A menos que se use un anillo anular, las placas del fondo llevarán bayonetas para un mejor asiento de la placa del cuerpo que son apoyadas sobre el fondo de acuerdo a la Figura 1.8.

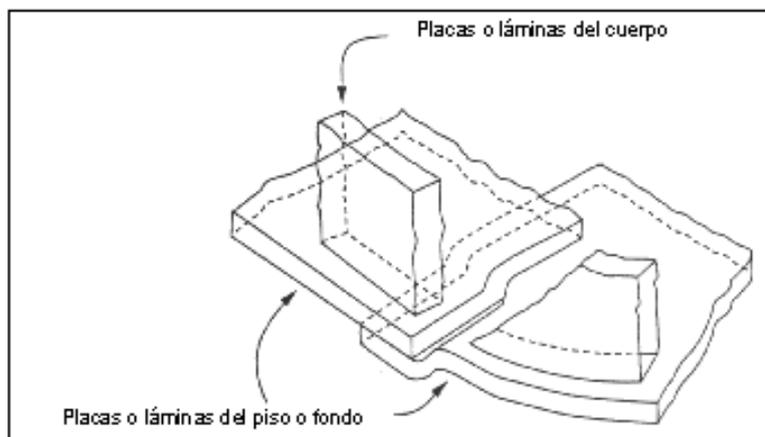


Figura 1.8. Conformado y traslape en el fondo del tanque.⁶

B) Soldaduras a Tope.- Las placas del fondo deberán tener sus cantos preparados para recibir el cordón de soldadura, ya sea escuadrando éstas o con biseles en "V". Si se utilizan biseles en "V", la raíz de la abertura no deberá ser mayor a 6.3 mm. (1/4 pulg). Las placas del fondo deberán tener punteada una placa de respaldo de 3.2 mm. (1/8 pulg) de espesor o mayor que la abertura entre placas, pudiéndose usar un separador para conservar el espacio entre las placas. Cuando se realicen juntas entre tres placas en el fondo del tanque, éstas deberán conservar una distancia mínima de 305 mm. (1 pie) entre sí y/o con respecto a la pared del tanque.

1.2.4 JUNTAS DE LA PLACA ANULAR DEL FONDO.

La junta radial del fondo de la placa anular deberá ser soldada con las mismas características expuestas en el punto "B" del párrafo anterior y tener penetración y fusión completa. El material de la placa anular será de las mismas características que el material del fondo. (Figura 1.9).

⁶ API STANDAR 650 Welded Steel Tanks for Oil Storage. Décima Edición, Adenda 1.Marzo 2000. Pág. 3-3

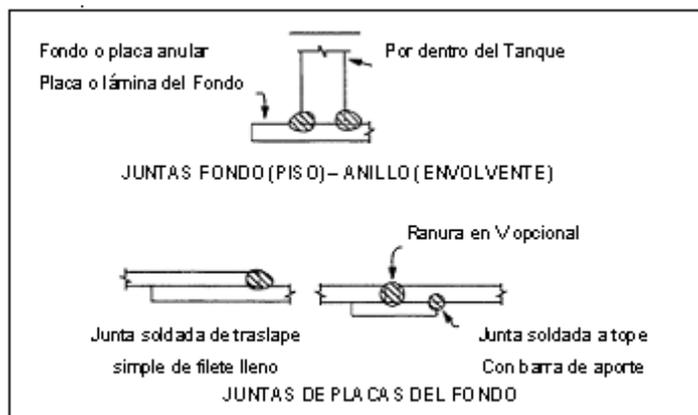


Figura 1.9. Juntas traslapada, a tope y unión cuerpo-fondo del tanque⁷

1.2.5 JUNTA DEL CUERPO-FONDO.

A) Para espesores de placa del fondo o de placas anulares que sean de 12.7mm. (1/2 pulg.) o menores son incluir corrosión, la unión entre el fondo y el canto de las placas del cuerpo tendrá que ser hecha con un filete continuo de soldadura que descansa de ambos lados de la placa del cuerpo.

El tamaño de cada cordón, sin tomar en cuenta la corrosión permisible, no será mayor que 12.7mm. (1/2") y no menor que el espesor nominal de la más delgada de las placas a unir, o menor que los siguientes valores:

Tabla 1.2. Dimensión mínima del filete. (API ESTÁNDAR 650 Pg. 3-8)

ESPESOR NOMINAL DE LAS LÁMINAS DEL CUERPO		TAMAÑO MÍNIMO DEL FILETE DE SOLDADURA	
milímetros	pulgadas	milímetros	pulgadas
5	0.1875	5	3/16
> 5 a 20	> 0.1875 a 0.75	6	1/4
> 20 a 32	> 0.75 a 1.25	8	5/16
>32a 45	>1.25 a 1.75	10	3/8

⁷ API STANDARD 650 Welded Steel Tanks for Oil Storage. Décima Edición, Adenda 1.Marzo 2000. Pág. 3-3

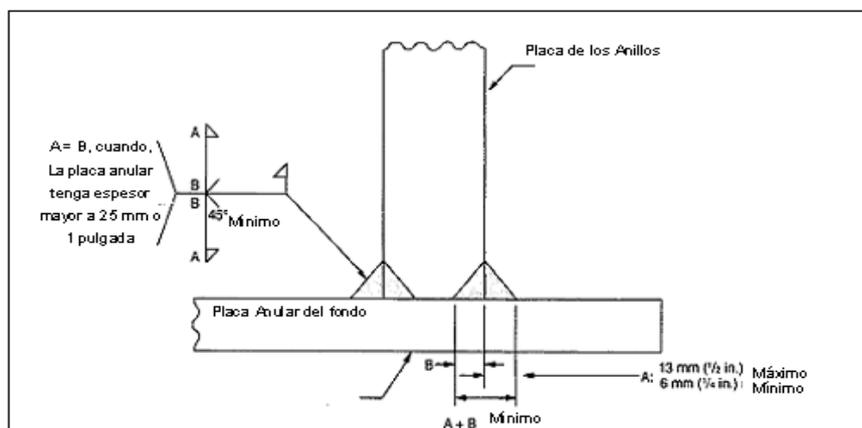
B) Para placas anulares de un espesor mayor de 12.7 mm. (1/2 pulg), la junta soldada deberá ser de una dimensión tal que la pierna del filete o la profundidad del bisel más la pierna del filete de una soldadura combinada sean del mismo espesor que la placa anular.

C) El filete entre cuerpo y fondo para materiales en los grupos IV, IVA, V ó VI debe realizarse con un mínimo de dos cordones de soldadura.

1.2.6 JUNTAS PARA ANILLOS ANULARES.

A) Las soldaduras para unir secciones anulares que conformen todo el anillo tendrán penetración y fusión completa.

B) Se usarán soldaduras continuas para todas las juntas que por su localización puedan ser objeto de corrosión por exceso de humedad o que puedan causar oxidaciones en la pared del tanque. (Figura.1.10).



Notas:

1. A = Soldadura de filete limitada hasta un máximo de 13 mm (1/2 pulgada).
2. A + B = Espesor delgado para placas del fondo o anillo anular.
3. La soldadura de ranura B puede exceder a la soldadura de filete, cuando el espesor de la placa anular es mayor que 25 mm o 1 pulgada.

Figura 1.10. Juntas para Anillos Anulares.⁸

⁸ API STANDAR 650 Welded Steel Tanks for Oil Storage. Décima Edición, Adenda 1.Marzo 2000. Pág. 3-3

1.3 Sistema contra Incendios

1.3.1 Introducción

En este apartado se describen los requerimientos técnicos utilizados para el diseño del sistema automatizado contra incendios.

Las principales normas y códigos utilizados como referencia para el diseño del sistema como son: sensores de temperatura, alarmas y extinción de incendio, son las de la National Fire Protection Association (NFPA). Entre ellas se puede citar:

14 Standards for Installation of Standpipe and Hose System

20 Standards for Installation of Centrifugal Fire Pumps

72 Standards for the Installation, Maintenance and Use of Protective Signaling Systems

72 Standards on Automatic Fire Detectors

1.3.2 ¿Que es un sistema automatizado?

La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos.

Un sistema automatizado consta de dos partes principales:

- Parte de Mando
- Parte Operativa

1.3.3 Fundamentos del control automático industrial.

El control automático de procesos es parte del progreso industrial desarrollado durante lo que ahora se conoce como la segunda revolución industrial. El uso intensivo de la ciencia de control automático es producto de una evolución que es consecuencia del uso difundido de las técnicas de medición y control. Su estudio intensivo ha contribuido al reconocimiento universal de sus ventajas.

El control automático de procesos se usa fundamental, porque reduce el costo de los procesos industriales, lo que compensa con creces la inversión en equipo de control.

1.3.3.1 ¿Qué es el control automático?

El control automático es el mantenimiento de un valor deseado dentro de una cantidad o condición, midiendo el valor existente, comparándolo con el valor deseado, y utilizando la diferencia para proceder a reducirla. En consecuencia, el control automático exige un lazo cerrado de acción y reacción que funcione sin intervención humana.

El elemento más importante de cualquier sistema de control automático es lazo de control realimentado básico.

El control automático se puede clasificar en:

Sistemas de lazo abierto y a lazo cerrado. La distinción la determina la acción de control, que es la que activa al sistema para producir la salida

- Un sistema de control de lazo abierto es aquel en el cual la acción de control es independiente de la salida.
- Un sistema de control de lazo cerrado es aquel en el que la acción de control es en cierto modo dependiente de la salida.

1.3.3.2 El lazo realimentado

El lazo de control realimentado simple (Figura 1.11) sirve para ilustrar los cuatro elementos principales de cualquier lazo de control.

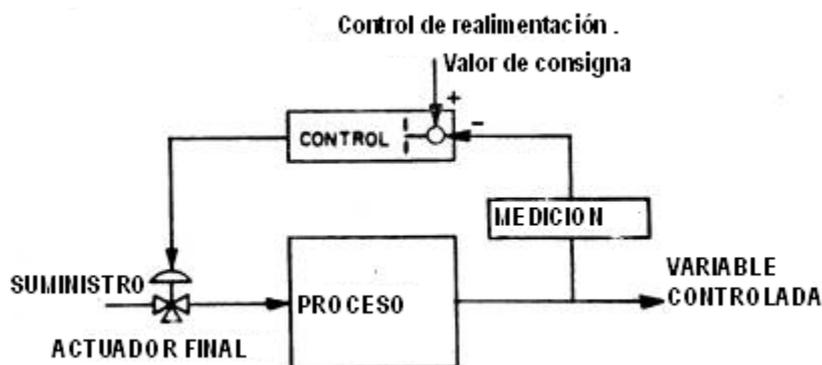


Figura 1.11. Lazo de Control Automático⁹

⁹ "Señal analógica y digital" [CD-ROM] V.2.0. Cáp. VIII. Esquemas eléctricos básicos 32-33 p.

Características de la realimentación.

Los rasgos más importantes que la presencia de realimentación imparte a un sistema son:

- a) Aumento de la exactitud. Por ejemplo, la habilidad para reproducir la entrada fielmente.
- b) Reducción de la sensibilidad de la salida, correspondiente a una determinada entrada, ante variaciones en las características del sistema
- c) Efectos reducidos de la no linealidad y de la distorsión.
- d) Aumento del intervalo de frecuencias (de la entrada) en el cual el sistema responde satisfactoriamente (aumento del ancho de banda)
- e) Tendencia a la oscilación o a la inestabilidad.

El actuador final.

Por cada proceso debe haber un actuador final, que regule el suministro de energía o material al proceso y cambie la señal de medición. Más a menudo éste es algún tipo de válvula, pero puede ser además una correa o regulador de velocidad de motor, posicionador, etc.

El controlador automático.

El último elemento del lazo es el controlador automático, su trabajo es controlar la medición. "Controlar" significa mantener la medición dentro de límites aceptables. Todos los controladores automáticos usan las mismas respuestas generales, a pesar de que los mecanismos internos y las definiciones dadas para estas respuestas pueden ser ligeramente diferentes de un fabricante al otro.

Un concepto básico es que para que el control realimentado automático exista, es que el lazo de realimentación esté cerrado. Esto significa que la información debe ser continuamente transmitida dentro del lazo. El controlador debe poder mover a la válvula, la válvula debe poder afectar a la medición, y la señal de medición debe ser reportada al controlador. Si la conexión se rompe en cualquier punto, se dice que el lazo está abierto. Tan pronto como el lazo se abre, como ejemplo, cuando el controlador automático es colocado en modo manual, la unidad automática del controlador queda imposibilitada de mover la válvula. Así las

señales desde el controlador en respuesta a las condiciones cambiantes de la medición no afectan a la válvula y el control automático no existe.

1.3.4 Tipos de señal

1.3.4.1 Señal analógica

Una señal analógica es aquella función matemática continua en la que es variable su amplitud y periodo (representando un dato de información) en función del tiempo. Algunas magnitudes físicas comúnmente portadoras de una señal de este tipo son eléctricas como la intensidad, la tensión y la potencia, pero también pueden ser hidráulicas como la presión, térmicas como la temperatura, mecánicas, etc.

1.3.4.2 Señal digital

Se dice que una señal es digital cuando las magnitudes de la misma se representan mediante valores discretos en lugar de variables continuas. Por ejemplo, el interruptor de la luz sólo puede tomar dos valores o estados: abierto o cerrado, o la misma lámpara: encendida o apagada.

Los sistemas digitales, como por ejemplo el ordenador, usan lógica de dos estados representados por dos niveles de tensión eléctrica, uno alto, H y otro bajo, L (de *High* y *Low*, respectivamente, en inglés). Por abstracción, dichos estados se sustituyen por ceros y unos, lo que facilita la aplicación de la lógica y la aritmética binaria. Si el nivel alto se representa por 1 y el bajo por 0, se habla de lógica positiva y en caso contrario de lógica negativa.

En la figura 1.12 se muestra una señal digital donde se identifican los niveles y los flancos.

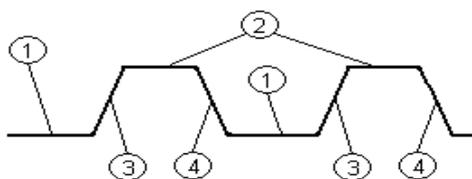


Figura 1.12. Señal digital: 1) Nivel bajo, 2) Nivel alto, 3) Flanco de subida y 4) Flanco de bajada¹⁰

¹⁰ "Señal analógica y digital" [CD-ROM] V.2.0. Cáp. VIII. Esquemas eléctricos básicos 42-43 p.

1.3.5 Controlador lógico programable

1.3.5.1 Modo de funcionamiento

Program

El PLC está en reposo y puede recibir o enviar el programa a un periférico.

Monitor

El PLC ejecuta el programa que tiene en memoria.

Run

El PLC ejecuta el programa que tiene en memoria permitiendo el cambio de valores en los registros del mismo¹¹.

1.3.5.2 Ciclo de funcionamiento

El funcionamiento del autómatas es, salvo el proceso inicial que sigue a un Reset, de tipo secuencial y cíclico, es decir, las operaciones tienen lugar una tras otra, y se van repitiendo continuamente mientras el autómatas esté bajo tensión.

El ciclo de funcionamiento se divide en dos partes llamados *Proceso Inicial* y *Ciclo de Operación*.

1.3.5.3 Proceso inicial

Como se muestra en la figura, antes de entrar en el ciclo de operación el autómatas realiza una serie de acciones comunes, que tratan fundamentalmente de inicializar los estados del mismo y chequear el hardware. Estas rutinas de chequeo, incluidas en el programa monitor ROM, comprueban:

- El bus de conexiones de las unidades de E/S.
- El nivel de la batería, si esta existe.
- La conexión de las memorias internas del sistema.
- El módulo de memoria exterior conectado, si existe.
- Si se encontrara algún error en el chequeo, se activaría el LED de error y quedaría registrado el código del error.

Comprobadas las conexiones, se inicializan las variables internas:

¹¹ MANUAL USUARIO SIMATIC S7-200 CPU 224. CAPITULO I 10-11p.

- Se ponen a OFF las posiciones de memoria interna (excepto las mantenidas o protegidas contra pérdidas de tensión)
- Se borran todas las posiciones de memoria imagen E/S.
- Se borran todos los contadores y temporizadores (excepto los mantenidos o protegidos contra pérdidas de tensión).
- Transcurrido el *Proceso Inicial* y si no han aparecido errores el autómata entra en el *Ciclo de Operación*.

1.3.5.4 Ciclo de operación

Este ciclo puede considerarse dividido en tres bloques dichos bloques son:

Proceso Común

- Ejecución del programa
- Servicio a periféricos

Proceso común: En este primer bloque se realizan los chequeos cíclicos de conexiones y de memoria de programa, protegiendo el sistema contra:

- Errores de hardware (conexiones E/S, ausencia de memoria de programa, etc.).
- Errores de sintaxis (programa imposible de ejecutar).

El chequeo cíclico de conexiones comprueba los siguientes puntos:

- Niveles de tensión de alimentación.
- Estado de la batería si existe.
- Buses de conexión con las interfaces.

El chequeo de la memoria de programa comprueba la integridad de la misma y los posibles errores de sintaxis y gramática:

- Mantenimiento de los datos, comprobados en el "checksum".
- Existencia de la instrucción END de fin de programa.
- Estructura de saltos y anidamiento de bloque correctas.
- Códigos de instrucciones correctas.

1.3.5.5 Ejecución del programa:

En este segundo bloque se consultan los estados de las entradas y de las salidas y se elaboran las órdenes de mando o de salida a partir de ellos.

El tiempo de ejecución de este bloque de operaciones es la suma del:

- Tiempo de acceso a interfaces de E/S.
- Tiempo de escrutación de programa.
- Y a su vez esto depende, respectivamente de:
 - Número y ubicación de las interfaces de E/S.
 - Longitud del programa y tipo de CPU que lo procesa.

Servicio a periféricos:

Este tercer y último bloque es únicamente atendido si hay pendiente algún intercambio con el exterior. En caso de haberlo, el CPU le dedica un tiempo limitado, de 1 a 2ms, en atender el intercambio de datos. Si este tiempo no fuera suficiente, el servicio queda interrumpido hasta el siguiente ciclo.

Tiempo de ejecución y control en tiempo real

El tiempo total que el autómata emplea para realizar un ciclo de operación se llama tiempo de ejecución de *ciclo de operación* o más sencillamente tiempo de ciclo "Scan time".

- Dicho tiempo depende de:
 - El número de E/S involucradas.
 - La longitud del programa usuario.
 - El número y tipo de periféricos conectados al autómata.

Los tiempos totales de ciclos son entonces la suma de tiempos empleados en realizar las distintas operaciones del ciclo.

- Auto diagnóstico (Proceso común)
- Actualización de E/S (Ejecución del programa)
- Ejecución de programa. (Ejecución del programa)
- Servicio a periféricos. (Servicio a periféricos)

1.3.6 Motores de Corriente Alterna

1.3.6.1 Introducción

Se diseñan dos tipos básicos de motores para funcionar con corriente alterna polifásica: los motores síncronos y los motores de inducción.

1.3.6.2 Motor síncrono

Es en esencia un alternador trifásico que funciona a la inversa. Los imanes del campo se montan sobre un rotor y se excitan mediante corriente continua, y las bobinas de la armadura están divididas en tres partes y alimentadas con corriente alterna trifásica. La variación de las tres ondas de corriente en la armadura provoca una reacción magnética variable con los polos de los imanes del campo, y hace que el campo gire a una velocidad constante, que se determina por la frecuencia de la corriente en la línea de potencia de corriente alterna. .

1.3.6.3 Motor de Inducción

De caja de ardilla que se usa con alimentación trifásica. La armadura de este tipo de motor consiste en tres bobinas fijas y es similar a la del motor síncrono. El elemento rotatorio consiste en un núcleo, en el que se incluye una serie de conductores de gran capacidad colocados en círculo alrededor del árbol y paralelos a él. Cuando no tienen núcleo, los conductores del rotor se parecen en su forma a las jaulas cilíndricas que se usaban para las ardillas. El flujo de la corriente trifásica dentro de las bobinas de la armadura fija genera un campo magnético rotatorio, y éste induce una corriente en los conductores de la jaula. La reacción magnética entre el campo rotatorio y los conductores del rotor que transportan la corriente hace que éste gire.

1.3.6.4 Arranque.

Un motor arranca de forma directa, cuando se aplica a sus bornes, de forma directa, la tensión a que debe trabajar. Así por ejemplo, si a un motor con bobinado de 220/380V se le aplica a sus bornes 220V, el motor habrá recibido directamente la tensión de servicio.

Suponiendo que el motor arranca en carga, el bobinado tiende a absorber una intensidad de corriente muy superior a la que señala su placa de características, llegando hasta ocho veces su intensidad nominal ($8I_n$).

Como se puede apreciarse, este aumento de corriente en el periodo de arranque hace que las líneas incrementen considerablemente su carga y como consecuencia directa, caída de tensión.

Si en lugar de un solo motor, son muchos los que arrancan y paran de forma intermitente, se tendrá un problema importante cuando se trata de motores de media y gran potencia. En este caso habrá que reducir a otras formas de arranque que reduzcan la intensidad de la corriente absorbida en el periodo de arranque.

1.3.7 Automatismos por Contactor Relés y Protecciones.

1.3.7.1 Fusibles.

Dispositivo de seguridad utilizado para proteger un circuito eléctrico de un exceso de corriente. Su componente esencial es, habitualmente, un hilo o una banda de metal que se derrite a una determinada temperatura. El fusible está diseñado para que la banda de metal pueda colocarse fácilmente en el circuito eléctrico. Si la corriente del circuito excede un valor predeterminado, el metal fusible se derrite y se rompe o abre el circuito. Los dispositivos utilizados para detonar explosivos también se llaman fusibles.

1.3.7.2 Interruptor.

Los interruptores (Figura 1.13) son de dos tipos, normalmente abiertos y normalmente cerrados, sus símbolos son los siguientes.



Figura 1.13 Símbolo de interruptores normalmente abierto y cerrado respectivamente¹².

Interruptor Magnetotérmico

Un interruptor magnetotérmico, o disyuntor magnetotérmico (Figura 1.14), es un dispositivo capaz de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando ésta sobre pasa ciertos valores máximos. Su funcionamiento se basa en dos de los efectos producidos por la circulación de corriente eléctrica en un circuito: el

¹² Jordi Mayné, ingeniero de aplicaciones 2003. 21-22. 65 p.

magnético y el térmico (efecto Joule). El dispositivo consta, por tanto, de dos partes, un electroimán y una lámina bimetálica, conectadas en serie y por las que circula la corriente que va hacia la carga.

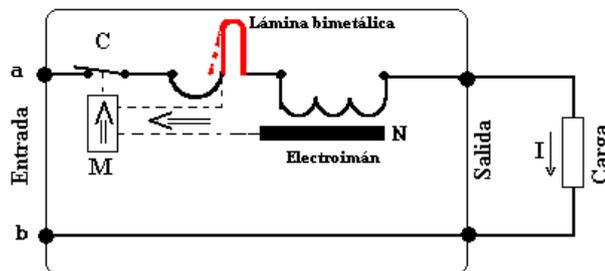


Figura 1.14 Interruptor Magnetotérmico

Relés.

El relé o relevador (del inglés "relay") es un dispositivo electromecánico, que funciona como un interruptor controlado por un Circuito eléctrico en el que, por medio de un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes. Los contactos de un relé pueden ser Normalmente Abiertos (NO, por sus siglas en inglés), Normalmente Cerrados (NC) o de conmutación.

- Los contactos Normalmente Abiertos conectan el circuito cuando el relé es activado; el circuito se desconecta cuando el relé está inactivo. Este tipo de contactos son ideales para aplicaciones en las que se requiere conmutar fuentes de poder de alta intensidad para dispositivos remotos.
- Los contactos Normalmente Cerrados desconectan el circuito cuando el relé es activado; el circuito se conecta cuando el relé está inactivo. Estos contactos se utilizan para aplicaciones en las que se requiere que el circuito permanezca cerrado hasta que el relé sea activado.
- Los contactos de conmutación controlan dos circuitos: un contacto Normalmente Abierto y uno Normalmente Cerrado con una terminal común.

1.3.7.3 Contactores.

Un contactor es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, cuando no recibe

acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción. Este tipo de funcionamiento se llama de "todo o nada".

Su función es concentrar y aumentar el flujo magnético que genera la bobina - colocada en la columna central del núcleo - para atraer con mayor eficiencia la armadura. Se construye con una serie de láminas delgadas, de acero al silicio con la finalidad de reducir al máximo las corrientes parásitas, aisladas entre sí pero unidas fuertemente por remaches. El magnetismo remanente se elimina completamente por medio de la inserción de un material paramagnético, complementando al pequeño entrehierro.

1.3.7.4 UPS

Se puede plantear en este punto una definición de UPS, una traducción literal del término aceptado mundialmente,

UPS (Uninterruptible Power Supply)¹³. seria, Fuente de poder ininterrumpido. Es un equipo o dispositivo capaz de suministrar potencia o energía frente a alguna interrupción de lo que sería el suministro normal de la misma.

Además puede agregar otras funciones que terminan mejorando el suministro de energía eléctrica a los equipos sofisticados o de alto riesgo eléctrico que tiene conectados a ella. Entre las cosas que agrega puede contarse un estabilizador de la energía eléctrica entrante, aislación de la fuente de energía de eléctrica normal, filtrado de la energía entrante, corrección de la forma de onda, corrección de la frecuencia de línea, protección a periféricos de las CPU o incluso sus partes, como placas de red o módems, monitoreo de la energía de línea, para optimizar la protección, etc. Puede darse que el agregado de funciones genere distintos tipos o topología de construcción de estos equipos.

1.3.7.5 Actuadores

Los actuadores son dispositivos capaces de generar una fuerza a partir de líquidos, de energía eléctrica y gaseosa. El actuador recibe la orden de un

¹³ MANUAL USUARIO SIMATIC S7-200 CPU 224. CAPITULO I 23-24p.

regulador o controlador y da una salida necesaria para activar a un elemento final de control como lo son las válvulas.

Existen tres tipos de actuadores:

- Hidráulicos
- Neumáticos
- Eléctricos

Los actuadores hidráulicos, neumáticos eléctricos son usados para manejar aparatos mecatrónicos. Por lo general, los actuadores hidráulicos se emplean cuando lo que se necesita es potencia, y los neumáticos son simples posicionamientos. Sin embargo, los hidráulicos requieren demasiado equipo para suministro de energía, así como de mantenimiento periódico. Por otro lado, las aplicaciones de los modelos neumáticos también son limitadas desde el punto de vista de precisión y mantenimiento.

Actuadores Eléctricos.

La estructura de un actuador eléctrico es simple en comparación con la de los actuadores hidráulicos y neumáticos, ya que sólo se requieren de energía eléctrica como fuente de poder. Como se utilizan cables eléctricos para transmitir electricidad y las señales, es altamente versátil y prácticamente no hay restricciones respecto a la distancia entre la fuente de poder y el actuador.

Existe una gran cantidad de modelos y es fácil utilizarlos con motores eléctricos estandarizados según la aplicación. En la mayoría de los casos es necesario utilizar reductores, debido a que los motores son de operación continua.

Utilización de un pistón eléctrico para el accionamiento de una válvula pequeña.

La forma más sencilla para el accionamiento con un pistón, sería la instalación de una palanca solidaria a una bisagra adherida a una superficie paralela al eje del pistón de accionamiento y a las entradas roscadas (Figura 1.15).

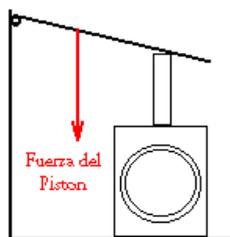


Figura 1.15 Fuerza del Pistón

El pistón eléctrico puede ser accionado por una corriente, con lo cual para su accionamiento, solo hará falta utilizar un simple relé. En caso que se decidiera alimentarlo con corriente continua, la corriente deberá ser del mismo valor pudiendo ser activado por una salida a transistor de un PLC.

Accionamiento con Alambres Musculares

Los Alambres Musculares, también son actuadores. Tienen una apariencia semejante a la de un pelo, con la gran diferencia que al activarlos con corriente eléctrica estos se contraen generando fuerzas desde los 20 a los 2000 gramos, dependiendo de su diámetro.

También podrían implementarse montajes más sencillos, como el de un alambre en V invertida que posea los dos terminales del alambre solidarios a un chasis montado por debajo de la base de la válvula, de tal manera que el vértice de la V invertida este sobre el mecanismo de cierre de la válvula (Figura 1.16).

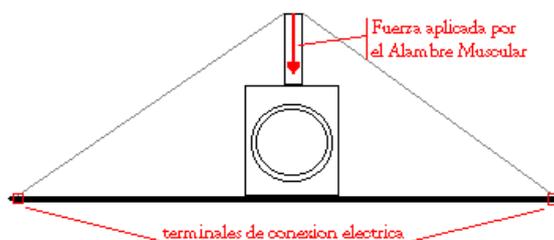


Figura 1.16. Fuerza Aplicada por el Alambre Muscular

1.3.7.6 Motores a paso

Es un dispositivo electromecánico que convierte pulsos eléctricos en movimientos mecánicos distintos. El eje de un motor a pasos gira con incrementos discretos a paso del paso cuando pulsos eléctricos son aplicados en la secuencia apropiada.

Existen tres tipos básicos de motores a Pasos. Ellos son:

Reductancia variable

Imán permanente

Híbrido

1.3.7.7 Válvula

Una válvula se puede definir como un aparato mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación (paso) de líquidos o gases mediante una

pieza movable que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos.

Las válvulas son unos de los instrumentos de control más esenciales en la industria. Debido a su diseño y materiales, las válvulas pueden abrir y cerrar, conectar y desconectar, regular, modular o aislar una enorme serie de líquidos y gases, desde los más simples hasta los más corrosivos o tóxicos. Sus tamaños van desde una fracción de pulgada hasta 30 ft (9 m) o más de diámetro. Pueden trabajar con presiones que van desde el vacío hasta mas de 20000 lb/in² (140 Mpa) y temperaturas desde las criogénicas hasta 1500 °F (815 °C). En algunas instalaciones se requiere un sellado absoluto; en otras, las fugas o escurrimientos no tienen importancia.

La palabra flujo expresa el movimiento de un fluido, pero también significa para nosotros la cantidad total de fluido que ha pasado por una sección de terminada de un conducto. Caudal es el flujo por unidad de tiempo; es decir, la cantidad de fluido que circula por una sección determinada del conducto en la unidad de tiempo.

1.3.7.7.1 Válvula de control.

La válvula automática de control generalmente constituye el último elemento en un lazo de control instalado en la línea de proceso y se comporta como un orificio cuya sección de paso varia continuamente con la finalidad de controlar un caudal en una forma determinada.

1.3.7.7.2 Partes de la válvula de control.

Las válvulas de control constan básicamente de dos partes que son: la parte motriz o actuador y el cuerpo.

1.3.7.7.3 Válvulas de mariposa

La válvula de mariposa es de $\frac{1}{4}$ de vuelta y controla la circulación por medio de un disco circular, con el eje de su orificio en ángulos rectos con el sentido de la circulación (Figura 1.17).



Figura 1.17. Válvula de mariposa.

Recomendada para:

- Servicio con apertura total o cierre total.
- Servicio con estrangulación.
- Para accionamiento frecuente.
- Cuando se requiere corte positivo para gases o líquidos.
- Cuando solo se permite un mínimo de fluido atrapado en la tubería.
- Para baja caída de presión a través de la válvula.

Aplicaciones

Servicio general, líquidos, gases, pastas semilíquidas, líquidos con sólidos en suspensión.

Ventajas

- Ligera de peso, compacta, bajo costo.
- Requiere poco mantenimiento.
- Numero mínimo de piezas móviles.
- No tiene bolas o cavidades.
- Alta capacidad.
- Circulación en línea recta.
- Se limpia por si sola.

Desventajas

- Alta torsión (par) para accionarla.
- Capacidad limitada para caída de presión.
- Propensa a la cavitación.

CAPITULO II

2. MATERIALES Y METODOS.

2.1 MATERIALES.

En la sección 2 MATERIALES del estándar API 650, se describen las especificaciones de los materiales, sujetas a modificaciones y limitaciones indicadas, en el caso de usar materiales cuyas especificaciones no se encuentren bien identificadas, dichos materiales deben satisfacer las pruebas indicadas en el apéndice N en sus diferentes ítems. (Estándar API 650 2.1.1 2.1.2).

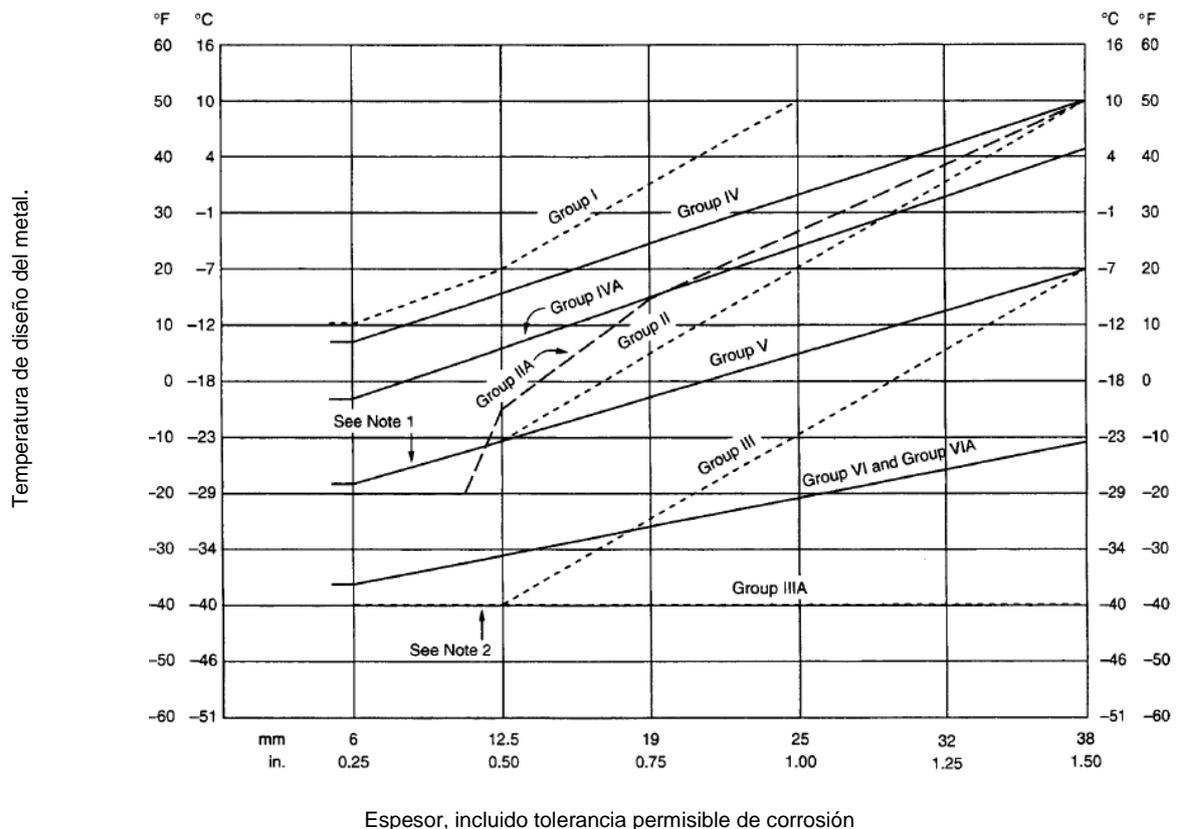
Se establece en el estándar, 6 grupos de materiales base API. Los aceros para láminas desde el grupo I hasta IIIA son normalmente los más usados. Los aceros de los grupos API IV a VI se utilizarán, siempre y cuando:

- Se mantenga todo el criterio de diseño original para la más baja resistencia de entre los aceros de los grupos I hasta IIIA
- Obtener previamente por escrito la aprobación del comprador para su uso, (se requiere de la aprobación ya que el costo de la plancha es alto),
- Asegurarse de que todos los requerimientos para el diseño, fabricación, montaje e inspección, para el material a ser sustituido reúnan las especificaciones para el más bajo esfuerzo de entre los aceros de los grupos I hasta IIIA. Estas especificaciones (deben incluir pero no son limitantes) son: Propiedades del material y métodos de proceso de producción, Niveles de esfuerzo aceptable, dureza, Procedimientos de soldadura, Alivio de esfuerzos térmicos, ensayos no destructivos. (Estándar API 650 2.1.3)

2.1.1 MATERIALES PARA EL CUERPO DEL TANQUE.

La mínima temperatura de diseño permisible o la temperatura del sitio en donde se va a instalar el tanque es el criterio para la selección de los materiales que se va a usar para la construcción del cuerpo o paredes, como primera instancia, para ello se usa la figura. 2.1.

Para seleccionar el grupo API, se utiliza la figura se ingresa con la temperatura del metal especificado previamente por el comprador, que de acuerdo con . (Estándar API 650 2.2.9.3) se asumirá en 8 °C (15 °F) sobre la temperatura ambiente más baja en un día pésimo. En nuestro país por sus características ambientales es apropiado el uso de los materiales base del **Grupo API I**. Estos son: especificaciones para aceros **ASTM 283 grado C**, A 285 grado C, A 131 grado A, A 36.



Notas:

1. Las líneas de los grupos II y V coinciden para espesores menores que 12.5 mm (1/2 pulg)
2. Las líneas de los grupos III y IIIA coinciden para espesores menores que 12.5 mm (1/2 pulg)
3. Usar el Grupo IIIA y Grupo VIA, para tubería y perfiles de ala ancha

Figura 2. 1. Clasificación de Materiales. API 650

Para el mejor diseño, cálculo y manufactura de tanques de almacenamiento es importante seleccionar el material adecuado dentro de la variedad de aceros que existen en el mercado, para el presente proyecto se optó por el acero ASTM 283 grado C por ser este material el más socorrido, porque se puede emplear tanto para perfiles estructurales como para la pared, techo, fondo y accesorios del tanque.

La Tabla 2.1. Indica las laminas de acero ASTM A283 - Gr C recomendadas para la fabricación de tanques de almacenamiento y recipientes a presión que se pueden encontrar con facilidad.

Tabla 2. 1. Acero ASTM A283 - Gr C (unidades Inglesas)

ESPEJOR(IN.)	6X40 IN.	8X40 IN.
3/16		x
1/4	x	x
5/16	x	x
3/8	x	x
7/16	x	x
1/2	x	x
5/8	x	x
3/4		x

2.1.2 MATERIALES PARA LÁMINAS DEL TECHO, ESTRUCTURA METALICA SOPORTANTE, TUBERIA, BRIDAS, PERNOS Y ELECTRODOS

Las láminas para los techos, deben de estar de acuerdo con las características de los aceros en las especificaciones ASTM A 570M / A 570, Grado 33. (Estándar API 650 2.3)

Para la selección de perfiles estructurales deben de estar de acuerdo con las características de los aceros en las especificaciones:

- ASTM A 283 C
- ASTM A 36
- ASTM A 131M/A 131
- CSA G40.21-M, Grados 260W, 300W, 350W, 260WT, 300WT, y 350WT.
- ISO 630, Grados Fe 42 y Fe 44, Calidades B, C y D.
- Aceros Estructurales listados en AISC.
- Acero Estructural producido de acuerdo con estándares nacionales reconocidos y que cumplan con los requerimientos de la Tabla 2.2. siempre y cuando el cliente esté de acuerdo

El código menciona que todos los perfiles estructurales deben ser fabricados por algún proceso de alto horno, horno eléctrico o proceso básico de oxígeno; acero recubierto de cobre puede ser aceptado cuando el cliente lo apruebe.

Tabla 2. 2. Grados aceptables de Material.

PROPIEDADES MECÁNICAS.					
Grado	Esfuerzo último			Esfuerzo a la fluencia	Espesor máximo
	Mínimo		Máximo		
	Kgf/mm²	Ksi.	Ksi	Ksi	Pulgadas
37	37	52	70	30	0.5
41	41	58	74	34	1.5
44	44	62	78	36	1.5
COMPOSICIÓN QUÍMICA.					
Grado	Porcentaje máximo de carbón.		Porcentaje máximo de fósforo u azufre.		
	Caliente	Terminado	Caliente	Terminado	
37	0.20	0.24	0.05	0.06	
41	0.23	0.27	0.05	0.06	
44	0.25	0.29	0.05	0.06	

Los materiales para la tubería deben de estar de acuerdo con las características de los aceros en las especificaciones: ASTM A 105M/A 105, ASTM A 181M/A 181, ASTM A 350M/A350 Grado LF1 y LF2. (Estándar API 650 2.5).

La selección de materiales para bridas deben estar de acuerdo con las características de los aceros en las especificaciones: ASME B16.5. Puede ser usada lámina metálica para bridas y bocas pero debe de tener propiedades mejores o iguales a aquellas requeridas por ASME B16.5. (Estándar API 650 2.6).

El material para Pernos debe estar de acuerdo con las características de los aceros en las especificaciones ASTM A 307 o A 193M/A 193. Se utiliza solo para propósitos estructurales el acero A 325M/ A 325. (Estándar API 650 2.7).

De acuerdo con el ítem 2.8 del API 650, la selección de los electrodos, debe hacerse según la resistencia a la tensión mínima del material, de la siguiente manera:

Si la resistencia a la tensión mínima del material a soldar es menor que 80 Ksi., se deben usar electrodos para soldadura manual al arco eléctrico de las serie E60XX y E70XX establecidos en la última edición del AWS A5.1 Especificación de Electrodo para Acero al Carbono con Soldadura al Arco Metálico Protegido - "Specification for Carbon Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding".

2.2 DISEÑO MECÁNICO DEL CUERPO, FONDO Y TECHO DEL TANQUE.

2.2.1 CONDICIONES DEL DISEÑO DEL TANQUE 25000 BLS.

El cuerpo, envolvente o cáscara del tanque se va formando con la unión de anillos de diferente espesor hasta lograr la altura requerida, y los anillos se van construyendo, adhiriendo laminas roladas de igual espesor hasta alcanzar el diámetro del tanque.

Existen condiciones y restricciones que son propias para el diseño, para el presente proyecto de tesis se trabajará con los siguientes parámetros:

- La altura de un anillo será igual para las restantes.
- Altura del Tanque $H= 7314.6$ mm (24 pies), Diámetro = 26724.7 mm (88 Pies) y Capacidad = 25000 Barriles.
- Método de diseño para espesores del cuerpo será Punto Fijo o un Pie por ser el diámetro del tanque menor a 60 m (200 pies).
- Ancho de la placa a utilizar será de 1830mm (6 pies o 72 pulgadas).
- Temperatura del metal, basado en la temperatura ambiente, $T_{\text{máx}}$ de operación 90°C .
- Gravedad específica del líquido a almacenarse $G= 1$, por ser crudo.
- Sobre espesor de corrosión admisible puede ser de hasta **1/16** de pulgada o cero.
- Materiales para las placas será A283M Grado C. Esfuerzo de Diseño (S_d)= 20000 Psi. Esfuerzo de Prueba Hidrostática (S_t) = 22500 Psi.

Los espesores de las placas para la conformación de los anillos no deben ser menores a los indicados en la tabla 2.3. (Estándar API 650 3.6.1.1.)

Tabla 2.3. Mínimo espesor de láminas para los diferentes diámetros.

DIÁMETRO NOMINAL DEL TANQUE		ESPESOR NOMINAL DE PLANCHA	
Metros	Pies	mm.	In.
<15	< 50	5	3/16
De 15 a < 36	De 50 a < 120	6	¼
De 36 a 60	De 120 a 200	8	5/16
> 60	> 200	10	3/8

Existen dos métodos utilizados para el cálculo de espesores de las láminas que conforman los diferentes anillos, **Método De Punto De Diseño Variable y el Método de Punto Fijo o De Un Pie “One Foot”**, el cual se escogió para la realización del presente proyecto debido al diámetro que presenta nuestro tanque (88 pies).

- **Método de punto fijo o un pie** que se lo utiliza cuando el comprador lo solicita o también para tanques cuyo diámetro sea menor al 60m (200ft), como referencia, Industria Acero de los Andes utiliza este método para tanques cuyo diámetro no exceda los 36m (120ft). El método Un Pie “One Foot”, calcula el espesor en puntos de diseño, es decir, que se encuentran a Un pie sobre el borde inferior de cada anillo que conforma el cuerpo. Al ser un método más general proporcionará espesores mayores y no optimiza como lo hace el otro método
- **Método de punto variable**, este procedimiento proporciona una reducción en el espesor de las placas que conforman los anillos, como consecuencia de esto se tiene una disminución en el peso total del material, pero el mayor potencial de este método es que se puede utilizara para el calculo de tanques con diámetros mayores a 60m (200ft), teniendo como limitación el espesor máximo de la láminas que existen en el mercado. Este método calcula espesores de plancha en puntos de diseño en donde los esfuerzos calculados (esfuerzos circunferenciales aproximados) son de relativa proximidad al esfuerzo circunferencial real de la carcasa, por tal motivo es un método de aproximación por tanteo.

2.2.2 MÉTODO DE PUNTO FIJO O DE UN PIE.

Con este método se calcula el espesor requerido de la pared del tanque, por condiciones de diseño y de prueba hidrostática, considerando una sección transversal ubicada a 304.8 mm. (1 pie) por debajo de la unión de cada anillo.

El espesor de la plancha que conforma el primer anillo será el mayor valor calculado de entre las ecuaciones 2.1 y 2.2 la cual se expresa en la metodología en unidades Inglesas, donde el resultado final será expresado en Unidades del Sistema Internacional. (S.I.)

$$t_d = \frac{2.6 * D * (H - 1)G}{S_d} + CA \quad (2. 1)$$

$$t_t = \frac{2.6 * D * (H - 1)}{S_t} \quad (2. 2)$$

Donde:

- **t_d** : Espesor de diseño del cuerpo en in,
- **t_t** : Espesor del cuerpo en prueba hidrostática, en in,
- **D**: Diámetro nominal del tanque, en ft,
- **H**: Nivel de líquido de diseño, en ft. (Altura desde la base del anillo del fondo, al nivel de diseño del líquido especificado por el comprador)
- **G**: Gravedad específica de diseño del líquido a ser almacenado especificada por el comprador.
- **CA**: Corrosión admisible, en in., especificada por el comprador (ver 3.3.2 en API 650),
- **S_d**: Esfuerzo admisible para la condición de diseño, en psi.
- **S_t**: Esfuerzo admisible para la condición de prueba hidrostática, en psi.

Obtenido el valor de t_d y t_t , se escogerá, el de valor mayor, y este será el espesor del primer anillo (parte inferior del tanque). El cálculo de los espesores de las láminas que conforman segundo anillo y restantes se lo realiza con las mismas ecuaciones ya sea para la condición de diseño o prueba hidrostática, pero tomando en cuenta que las nuevas alturas a utilizarse, que son la altura del tanque menos la altura del total de los anillos ya calculados.

2.2.3 DISEÑO MECÁNICO DEL FONDO DEL TANQUE Y ANILLO ANULAR.

La presión aplicada sobre un fluido contenido en un recipiente se transmite por igual en todas direcciones y a todas las partes del recipiente, siempre que se puedan despreciar las diferencias de presión debidas al peso del fluido y a la profundidad.

En el punto 3.4. Del API 650, restringe que todas las láminas del fondo deben tener un **Espesor Nominal de 6 mm (1/4 in) libre del espesor de corrosión**, el **Ancho Nominal de las láminas debe ser de 1800 mm (72 in)**. Por lo general el material para el fondo será el mismo que el utilizado para el primer anillo, el primer anillo del cuerpo del tanque debe proyectarse a 25.4 mm (1 in) como mínimo desde el filo del fondo del tanque.

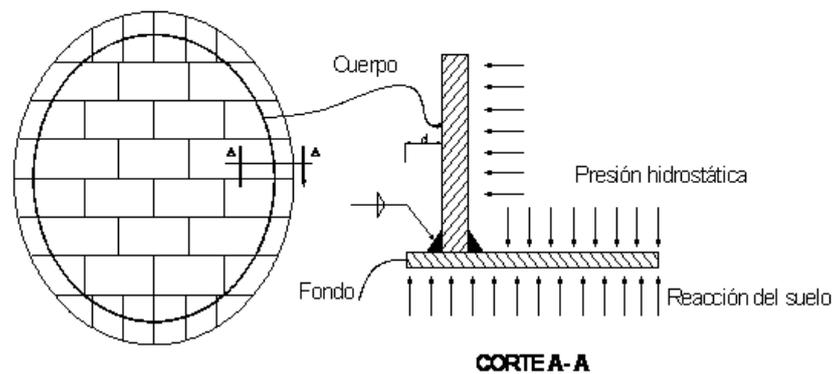


Figura 2.2. Unión cuerpo-fondo del tanque.

2.2.3.1 Selección del espesor y ancho de las láminas del fondo del tanque.

Para la selección de las laminas del fondo del tanque deben tener un espesor nominal de 6mm (1/4") libre del espesor de corrosión, dependiendo del usuario este espesor tendrá un valor de cero o (1/16 in).

$$e = 1/4" + CA \quad \rightarrow \quad e = 1/4" + 1/16" = 5/16"$$

El espesor de las láminas del fondo del tanque es de 5/16" (8 mm), con un ancho nominal de 72 in (1800mm) con una longitud comercial que esté disponible en el mercado y el material para el fondo será el mismo que el utilizado para el primer anillo. (Figura 2.2).

2.2.3.2 Diseño de la placa anular.

En los códigos europeos, el uso de la plancha anular es obligatorio para todos los tanques independientemente de su capacidad de almacenamiento.

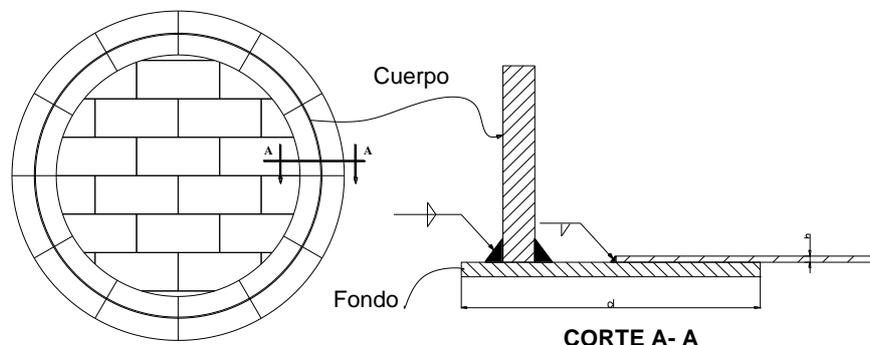


Figura 2.3. Arreglo de planchas para placa anular

Este anillo se proyecta sobre el ancho radial, 24 pulg., hacia el interior y 2 pulg., hacia el exterior del cuerpo como mínimo (Figura 2.3). Este ancho radial se calcula con la siguiente ecuación:

$$Wb = \frac{390 * t_b}{(H * G)^{0.5}} \quad (2.3)$$

Donde:

- W_b : Ancho radial, en pulgadas,
- t_b : Espesor de la placa anular, en pulg.
- H: Nivel de líquido máximo de diseño, en pies,
- G: Gravedad específica de diseño a ser almacenado.

Tabla 2.4. Selección de espesor de plancha para anillo anular¹⁴.

ESPESOR NOMINAL DE PLANCHA DEL PRIMER ANILLO (PULG.)	ESFUERZO EN PRUEBA HIDROSTÁTICA DEL PRIMERA ANILLO (LBF./PULG. ²)			
	≤ 27,000	≤ 30,000	≤ 33,000	≤ 36,000
$t \leq 0.75$	1/4	1/4	9/32	11/32
$0.75 < t \leq 1.00$	1/4	9/32	3/8	7/16
$1.00 < t \leq 1.25$	1/4	11/32	15/32	9/16
$1.25 < t \leq 1.50$	5/16	7/16	9/16	11/16
$1.50 < t \leq 1.75$	11/32	1/2	5/8	3/4

¹⁴ API STANDAR 650 Welded Steel Tanks for Oil Storage. Décima Edición, Adenda 1.Marzo 2000. Pág. 3..6.

2.2.4 DISEÑO MECÁNICO DEL TECHO DEL TANQUE.

El diseño mecánico del techo del tanque, independientemente de la forma o el método de soporte, los techos son diseñados para soportar una **Carga Viva DE por lo menos, 1.76 Kg/cm² (25lb/pie²)**. Más la carga muerta ocasionada por el mismo.

Las placas del techo tendrán un **Espesor Mínimo Nominal de 4.7 mm. (3/16 pulg)**. Un espesor mayor puede ser requerido para el caso de techos auto soportados; la corrosión permisible puede ser incluida al espesor calculado a menos que el usuario especifique su exclusión, lo que es válido también a los techos soportados.

Todos los miembros estructurales internos y externos de **Techos Soportados tendrán un Espesor Mínimo Nominal de 4.32 mm (0.17 pulg)** en cualquier componente de estos. La inclusión de corrosión de la corrosión permisible será acordada entre el usuario y el fabricante.

2.2.5 SELECCIÓN DE ACCESORIOS PARA TANQUES.

Un tanque de almacenamiento no solo consiste en las paredes, piso, techo, y estructura para el techo, sino también de elementos que podrían ser secundarios debido a que su costo en relación a las partes y estructura indicadas anteriormente es inferior, pero que son de gran importancia ya que estos accesorios ayudan a la funcionalidad y manteneabilidad del tanque, así se tiene, el llenado y vaciado del mismo, a través de la colocación de boquillas en las que se unen las diferentes líneas de combustible, control de la presión interna a través de las boquillas para válvulas de venteo, inspección visual en el interior del tanque para detectar averías con la colocación de manholes en el cuerpo y techo del tanque, el ingreso de equipos y herramientas para dar mantenimiento mediante los accesos de limpieza o compuerta de sedimentos, desalojo de agua, lodos que

se precipitan en el interior de un tanque lleno con el uso de los sumideros, gradas y pasamanos.

En relación a las partes y estructura indicadas anteriormente es inferior, pero que son de gran importancia ya que estos accesorios ayudan a la funcionalidad y manteneabilidad del tanque.

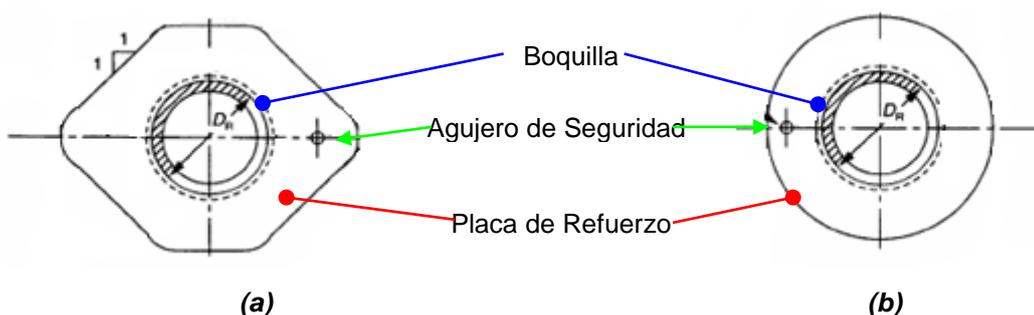
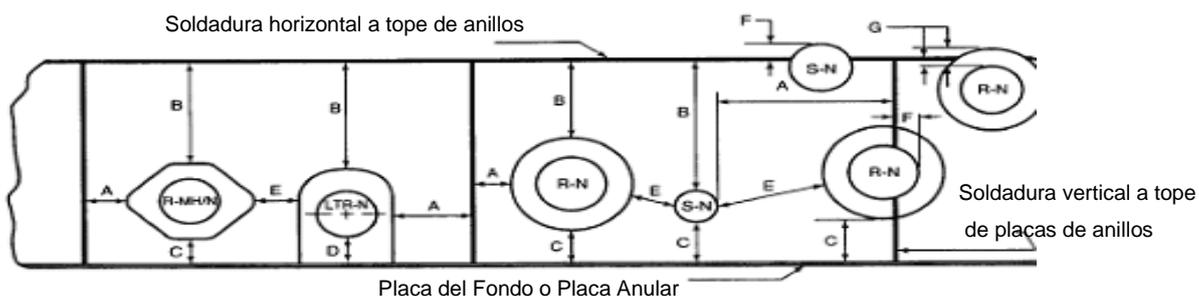


Figura 2.4. Accesorios del Tanque. Boquillas y Placas de Refuerzo.

(a) Placa tipo Diamante. (b) Placa tipo Circular.

Estos accesorios necesitan unirse con otros elementos, tal como es la línea de entrada y salida de combustible, válvulas de venteo y para ello se usan bridas de sujeción, o simplemente ciertos accesorios necesitan asegurarse con tapas como sucede en los manholes y accesos de limpieza.



Notas:

- R-MN/H = Abertura Reforzada (manhole o boquilla con placa de refuerzo de tipo diamante).
- LTR-N = Abertura Reforzada Baja a nivel del piso (boquillas con placa de refuerzo de tipo de lápida):
- R-N = Abertura Reforzada (manhole o boquilla con placa de refuerzo de tipo circular insertada en el espesor de la placa).
- S-N = Abertura No Reforzada (manhole o boquilla insertada dentro de la placa de anillo, por alternativa de cuello).

Figura 2.5. Descripción y geometría de aberturas.¹⁵

¹⁵ API STANDAR 650 Welded Steel Tanks for Oil Storage. Décima Edición, Adenda 1.Marzo 2000. Pág. 3-49, figura 3-22.

Los principales accesorios para una función óptima del tanque se los puede clasificar en los siguientes:

- **Manhole del Cuerpo.**- para inspección y acceso del personal.
- **Manhole del Techo.**- para inspección y acceso del personal.
- **Boquillas de Entrada.**- accesorio por donde ingresa el líquido a almacenarse.
- **Boquillas de Salida.**- accesorio por donde sale el líquido a refinarse o a venderse como un derivado de petróleo.
- **Puertas de limpieza a nivel (clean out).**- accesorio por donde se realiza la extracción de sustancias residuales.
- **Sumidero o Tina de lodos** - Accesorio por donde se vaciará, los residuos de agua y/o el residuo de petróleo que no puede ser desalojado.
- **Plataformas, pasadizo, escalinatas.**- accesorios que permiten subir hasta el techo del tanque para realizar inspección.

2.2.5.1 Manhole para el cuerpo.

Los manholes son accesorios que permiten, el ingreso del personal para realizar inspección, mantenimiento, se puede realizar por medio del manhole del cuerpo o del techo.

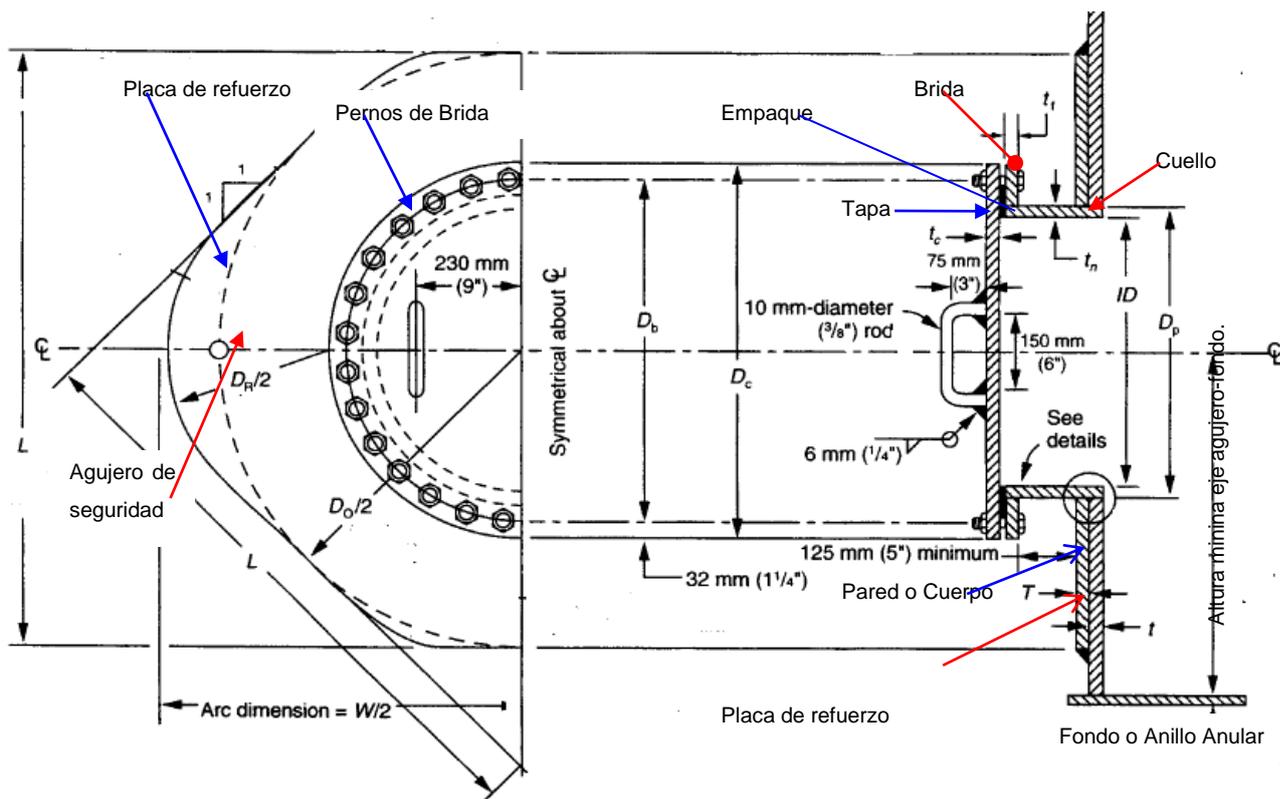


Figura 2.6. Manhole del Cuerpo.¹⁶

Partes del manhole:

- Abertura de Manhole
- Cuello de Manhole
- Brida de Manhole
- Placa de refuerzo
- Empaque
- Agujero de seguridad
- Tapa de Manhole
- Pernos de Brida

Notas:

- D_p o OD = Diámetro exterior del boquilla o del cuello.
- ID = Diámetro del manhole
- D_c = Diámetro de la tapa del manhole
- D_b = Diámetro del eje de los agujeros para los espárragos
- D_o = Diámetro exterior de la placa de refuerzo
- D_R = Diámetro Interior de la placa de refuerzo
- t_f = Espesor de la brida
- t_c = Espesor de la tapa del manhole
- t_n = Espesor del cuello (neck)
- t_n = Espesor de boquilla (nozzle)
- t = Espesor del anillo del cuerpo del tanque
- T = Espesor de la placa de refuerzo

¹⁶ API STANDAR 650 Welded Steel Tanks for Oil Storage. Décima Edición, Adenda 1. Marzo 2000. Pág. 3-14, figura 3-4A

- $W =$ Ancho de la placa de refuerzo

De acuerdo con el Estandar API 650¹⁷, recomienda para la construcción de manholes, **utilizar un diámetro de 24 pulgadas**, y es el que se utiliza en el presente proyecto de titulación, aunque se aclara que el diámetro del manhole será seleccionado en mutuo acuerdo entre el fabricante y el cliente.

API 650, considera los siguientes puntos para la construcción de manholes.

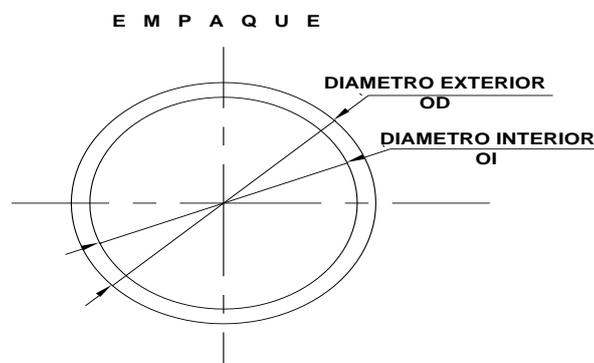
Figura 2.6

1. Pernos y agujeros.

- ✓ Para manholes de 20 y 24 pulgadas, se utilizarán 28 pernos de 3/4 de pulgada de diámetro y para agujeros una perforación de 7/8 de pulgada de diámetro.
- ✓ Para manholes de 30 y 36 pulgadas, se utilizarán 42 pernos de 3/4 de pulgada de diámetro y para agujeros una perforación de 7/8 de pulgada de diámetro.

2. Empaques.

- ✓ Manhole de 20" de diámetro, Empaque de: 25 3/8" OD X 20" ID X 1/8" espesor.
- ✓ Manhole de 24 "de diámetro, Empaque de: 29 3/8" OD X 24" ID X 1/8" espesor.
- ✓ Manhole de 30 "de diámetro, Empaque de: 35 3/8" OD X 30" ID X 1/8" espesor.
- ✓ Manhole de 36" de diámetro, Empaque de: 41 3/8" OD X 36" ID X 1/8" espesor.



¹⁷ API STANDAR 650 Welded Steel Tanks for Oil Storage. Décima Edición, Adenda 1.Marzo 2000. Pág. 3-14, figura 3-4A

Figura 2.7. Empaque del Manhole. OD; Diámetro Exterior; ID, Diámetro Interior

3. Altura Mínima desde base del tanque hasta centro del agujero del manhole

- ✓ Manhole de 20" de diámetro: 30" de altura.
- ✓ Manhole de 24 "de diámetro: 30" de altura.
- ✓ Manhole de 30" de diámetro: 36" de altura.
- ✓ Manhole de 36 "de diámetro: 42" de altura.

Los cuellos pertenecientes a los manholes y boquillas están soldados al cuerpo del tanque por medio de una junta a filete y cubre todo el perímetro con completa penetración puede unirse en un solo lado o en ambos como se muestra en la figura 2.8.

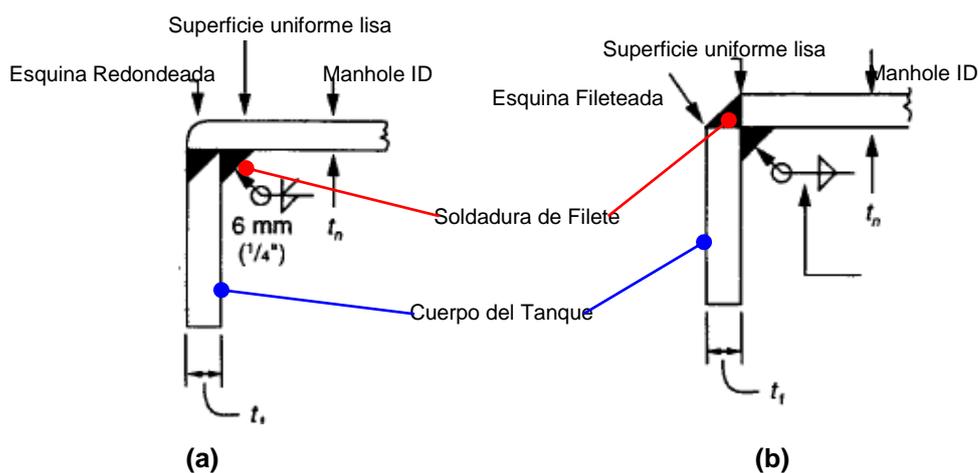


Figura 2.8. Unión cuello manhole-cuerpo del tanque.¹⁷

(a) Soldadura a filete Montada. (b) Soldadura a filete en esquina.

El procedimiento para la selección de las dimensiones empieza primero determinando en diámetro del manhole que se encuentran establecidos en la estándar API 650 hay que tomar en cuenta que es el sitio de entrada y salida del personal de inspección técnica y mantenimiento por lo tanto este debe tener un tamaño considerado de entre las opciones que se presentan en la tablas 2.5-2.9

Tabla 2.5. Espesor de la tapa t_c y brida t_f . (Fuente API 650. Tabla 3-3 .Pág. 3-12)

COLUMNA 1	COLUMNA 2	COLUMNA 3	COLUMNA 4	COLUMNA 5	COLUMNA 6	COLUMNA 7	COLUMNA 8	COLUMNA 9	COLUMNA 10
Máxima Altura Nivel Líquido H (ft)	Presión Equivalente (PSI)	Máximo Espesor de la placa de la tapa t_c				Mínimo Espesor de la brida empernada t_f			
		20 in Manhole	24 in Manhole	30 in Manhole	36 in Manhole	20 in Manhole	24 in Manhole	30 in Manhole	36 in Manhole
21	9.1	5/16	3/8	7/16	1/2	1/4	1/4	5/16	3/8
27	11.7	3/8	7/16	1/2	9/16	1/4	5/16	3/8	7/16
32	13.9	3/8	7/16	9/16	5/8	1/4	5/16	7/16	1/2
40	17.4	7/16	1/2	5/8	11/16	5/16	3/8	1/2	9/16
45	19.5	1/2	9/16	5/8	3/4	3/8	7/16	1/2	5/8
54	23.4	1/2	9/16	11/16	13/16	3/8	7/16	9/16	11/16
65	28.2	9/16	5/8	3/4	7/8	7/16	1/2	5/8	3/4
75	32.5	5/8	11/16	13/16	15/16	1/2	9/16	11/16	13/16

Notas para el uso de la tabla:

- Primero ingresar con el valor del nivel de líquido máximo
- Seleccionar diámetro de manhole acordado entre fabricante-cliente (fila 3^{ra} 20, 24, 30, 36 in)
- Con los datos anteriores se selecciona la presión equivalente y los espesores para la tapa t_c y brida t_f del manhole.
- La presión equivalente está basada en la carga de agua.

Tabla 2.6. Espesor del cuello del manhole del cuerpo t_n . (API 650 Tabla 3-4.)

ESPESORES DEL CUERPO Y PLACA DE REFUERZO DEL MANHOLE T Y T	MÍNIMO ESPESOR PARA CUELLO IN. T_n			
	Para diámetro manhole 20 in	Para diámetro manhole 24 in	Para diámetro manhole 30 in	Para diámetro manhole 36 in
3/16	3/16	3/16	3/16	3/16
1/4	1/4	1/4	1/4	1/4
5/16	1/4	1/4	5/16	5/16
3/8	1/4	1/4	5/16	3/8
7/16	1/4	1/4	5/16	3/8
1/2	1/4	1/4	5/16	3/8
9/16	1/4	1/4	5/16	3/8
5/8	1/4	1/4	5/16	3/8
11/16	1/4	1/4	5/16	3/8
3/4	1/4	1/4	5/16	3/8
13/16	5/16	1/4	5/16	3/8
7/8	3/8	5/16	5/16	3/8
15/16	7/16	7/16	7/16	7/16
1	7/16	7/16	7/16	7/16
1 1/16	7/16	7/16	7/16	7/16
1 1/8	1/2	1/2	1/2	1/2
1 3/16	9/16	9/16	9/16	9/16
1 1/4	5/8	9/16	9/16	9/16
1 5/16	5/8	5/8	5/8	5/8
1 3/8	11/16	5/8	5/8	5/8
1 7/16	11/16	11/16	11/16	11/16
1 1/2	3/4	3/4	3/4	3/4

Notas para el uso de la tabla:

- Conocer el valor del espesor del primer anillo (donde se instalará el manhole), y buscar este valor en la columna espesor del cuerpo t , generalmente el espesor de la placa de refuerzo es el mismo del primer anillo.
- Con el diámetro del manhole seleccionado anteriormente, intersecar esta columna con la fila del espesor del anillo y se obtendrá el mínimo espesor del cuello del manhole t_n .

Tabla 2.7. Diámetro de eje del círculo de agujeros D_b y Diámetro de la tapa de manhole D_c (Fuente API 650.Tabla 3-5 Pág. 3-13).

COLUMNA 1 DIAMETRO DE MANHOLE (IN) ID	COLUMNA2 DIAMETRO DEL CIRCULO DE LOS AGUJEROS (IN) D_B	COLUMNA 3 DIAMETRO DE LA TAPA MANHOLE (IN) D_C
20	26 1/4	28 3/4
24	30 1/4	32 3/4
30	36 1/4	38 3/4
36	42 1/4	44 3/4

Notas para el uso de la tabla:

- Con el diámetro del manhole seleccionado anteriormente, buscar en la columna 2 el diámetro del círculo de los agujeros (donde se realizará las perforaciones para pernos de la brida), y de la columna 3 el diámetro de la tapa del manhole (cubre la brida).

La tabla 2.8. Dimensiones de Boquillas del cuerpo, se utiliza para calcular tanto para las dimensiones de boquillas, como para las dimensiones restantes del manhole.

En la columna 3. Espesor nominal pared del tubo de la boquilla t_n , solo se tomará en cuenta para las boquillas, mientras que si se necesita para el cuello del manhole, se obviara la columna 3 y el t_n de cuello será el calculado en la tabla 2.6. Espesor del cuello, las siguientes columnas de la tabla si se tomarán en cuenta para la construcción del manhole.

Tabla 2.8. Dimensiones de las boquillas del cuerpo (in). (API 650 Tabla 3-6.).

COLUMNA 1	COLUMNA 2	COLUMNA 3	COLUMNA 4	COLUMNA 5	COLUMNA 6	COLUMNA 7	COLUMNA 8	COLUMNA 9
NPS Diámetro de la Boquilla O Cuello de Manhole	Diámetro Exterior del Tubo D _P	Espesor Nominal de la pared del tubo de la boquilla t _n	Diámetro de la Placa de Refuerzo D _R	Longitud del lado de placa refuerzo o diámetro L=D _o	Ancho de la Placa de refuerzo W	Mínima distancia desde el cuerpo a la cara de la boquilla J	Mínima distancia del fondo del tanque al centro de la boquilla	
							Tipo Regular H _N	Tipo Baja C
Boquilla sin roscar -Brida.								
48	48	e	48 1/8	96 3/4	117	16	52	48 3/8
46	46	e	46 1/8	92 3/4	112	16	50	46 3/8
44	44	e	44 1/8	88 3/4	107 1/4	15	48	44 3/8
42	42	e	42 1/8	84 3/4	102 1/2	15	46	42 3/8
40	40	e	40 1/8	80 3/4	97 3/4	15	44	40 3/8
34	34	e	34 1/8	68 3/4	83 1/4	13	38	34 3/8
32	32	e	32 1/8	64 3/4	78 1/2	13	36	32 3/8
30	30	e	30 1/8	60 3/4	73 1/2	12	34	30 3/8
28	28	e	28 1/8	56 3/4	68 3/4	12	32	28 3/8
26	26	e	26 1/8	52 3/4	64	12	30	26 3/8
24	24	0.5	24 1/8	49 1/2	60	12	28	24 3/4
22	22	0.5	22 1/8	45 1/2	55 1/4	11	26	22 3/4
20	20	0.5	20 1/8	41 1/2	50 1/2	11	24	20 3/4
18	18	0.5	18 1/8	37 1/2	45 3/4	10	22	18 3/4
16	16	0.5	16 1/8	33 1/2	40 3/4	10	20	16 3/4
14	14	0.5	14 1/8	29 1/2	36	10	18	14 3/4
12	12 3/4	0.5	12 7/8	27	33	9	17	13 1/2
10	10 3/4	0.5	10 7/8	23	28 1/4	9	15	11 1/2
8	8 5/8	0.5	8 3/4	19	23 1/4	8	13	9 1/2
6	6 5/8	0.432	6 3/4	15 3/4	19 1/2	8	11	7 7/8
4	4 1/2	0.337	4 5/8	12	15 1/4	7	9	6
3	3 1/2	0.3	3 5/8	10 1/2	13 1/2	7	8	5 1/4
2	2 3/8	0.218	2 1/2	-	-	6	7	i
1 1/2	1.9	0.2	2	-	-	6	6	i

Notas para el uso de la tabla:

- Ingresar con el diámetro de la boquilla o diámetro del cuello, según corresponda, en la columna 1, cabe notar que el diámetro de boquilla es el mismo diámetro exterior del tubo, para que exista acople, análogamente si fuese el diámetro del cuello, sería igual al diámetro del tubo, por tal razón los valores de la columna 1 son casi iguales a los de la columna 2.
- Si se utiliza boquillas roscadas -brida (son roscadas y también soldadas), el espesor de la boquilla será el que mejor se acople al diseño, pero no pueden ser menores de 0.2 in ni mayores de 0.5 in de espesor.
- Para los valores de espesor de boquilla o cuello (**e**), desde diámetros de 26 a 48 in, se seleccionará de acuerdo a la tabla 1.18, el valor de la columna 2, ingresando con el valor del espesor del primer anillo (desde el fondo).

En la tabla 2.9. Dimensiones para las boquillas del cuerpo: tubos, placas y tamaño del filete de soldadura, se presenta los valores del mínimo espesor de la boquilla

en función del espesor del espesor de la placa del primer anillo o de la placa de refuerzo.

Tabla 2.9. Dimensiones para las boquillas del cuerpo: tubos, placas y tamaño del filete de soldadura (in). (Fuente API 650 Tabla 3-7.Pág. 3-19).

COLUMNA 1	COLUMNA 2	COLUMNA 3	COLUMNA 4	COLUMNA5	COLUMNA6
Espesores del cuerpo y placa de refuerzo del manhole t y T	Mínimo espesor tubo de la boquilla t_n	Valor añadido al diámetro de boquilla para obtener Máximo diámetro de la placa del cuerpo D_p	Tamaño del filete de soldadura B	Tamaño de filete soldadura A	
				Boquillas mas 2 pulgadas	Boquillas mas 2; 1 1/2; 1 3/4 de pulgadas
3/16	1/2	5/8	3/16	1/4	1/4
1/4	1/2	5/8	1/4	1/4	1/4
5/16	1/2	5/8	5/16	1/4	1/4
3/8	1/2	5/8	3/8	1/4	1/4
7/16	1/2	5/8	7/16	1/4	1/4
1/2	1/2	5/8	1/2	1/4	5/16
9/16	1/2	3/4	9/16	1/4	5/16
5/8	1/2	3/4	5/8	5/16	5/16
11/16	1/2	3/4	11/16	5/16	5/16
3/4	1/2	3/4	3/4	5/16	5/16
13/16	1/2	3/4	13/16	3/8	5/16
7/8	1/2	3/4	7/8	3/8	5/16
15/16	1/2	3/4	15/16	3/8	5/16
1	1/2	3/4	1	7/16	5/16
1 1/16	9/16	3/4	1 1/16	7/16	5/16
1 1/8	9/16	3/4	1 1/8	7/16	5/16
1 3/16	5/8	3/4	1 3/16	1/2	5/16
1 1/4	5/8	3/4	1 1/4	1/2	5/16
1 5/16	11/16	3/4	1 5/16	1/2	5/16
1 3/8	11/16	3/4	1 3/8	9/16	5/16
1 7/16	3/4	3/4	1 7/16	9/16	5/16
1 1/2	3/4	3/4	1 1/2	9/16	5/16
1 9/16	13/16	3/4	1 1/2	9/16	5/16
1 5/8	13/16	3/4	1 1/2	5/8	5/16
1 11/16	7/8	3/4	1 1/2	5/8	5/16
1 3/4	7/8	3/4	1 1/2	5/8	5/16

Notas para el uso de la tabla:

- El ingreso a la tabla es únicamente con el valor del espesor del primer anillo (desde el fondo), en la columna 1, y seleccionar el resto de datos necesarios para la construcción del manhole.

2.2.5.2 Manhole para el techo.

Los manholes para techos se utilizan también para el venteo del tanque, inspección técnica y el ingreso del personal, las características de los manholes para techos se encuentran en la figura 2.9, con el diámetro del manhole que se

requiere y con el uso de la tabla 2.10 se procede a la selección de las dimensiones.

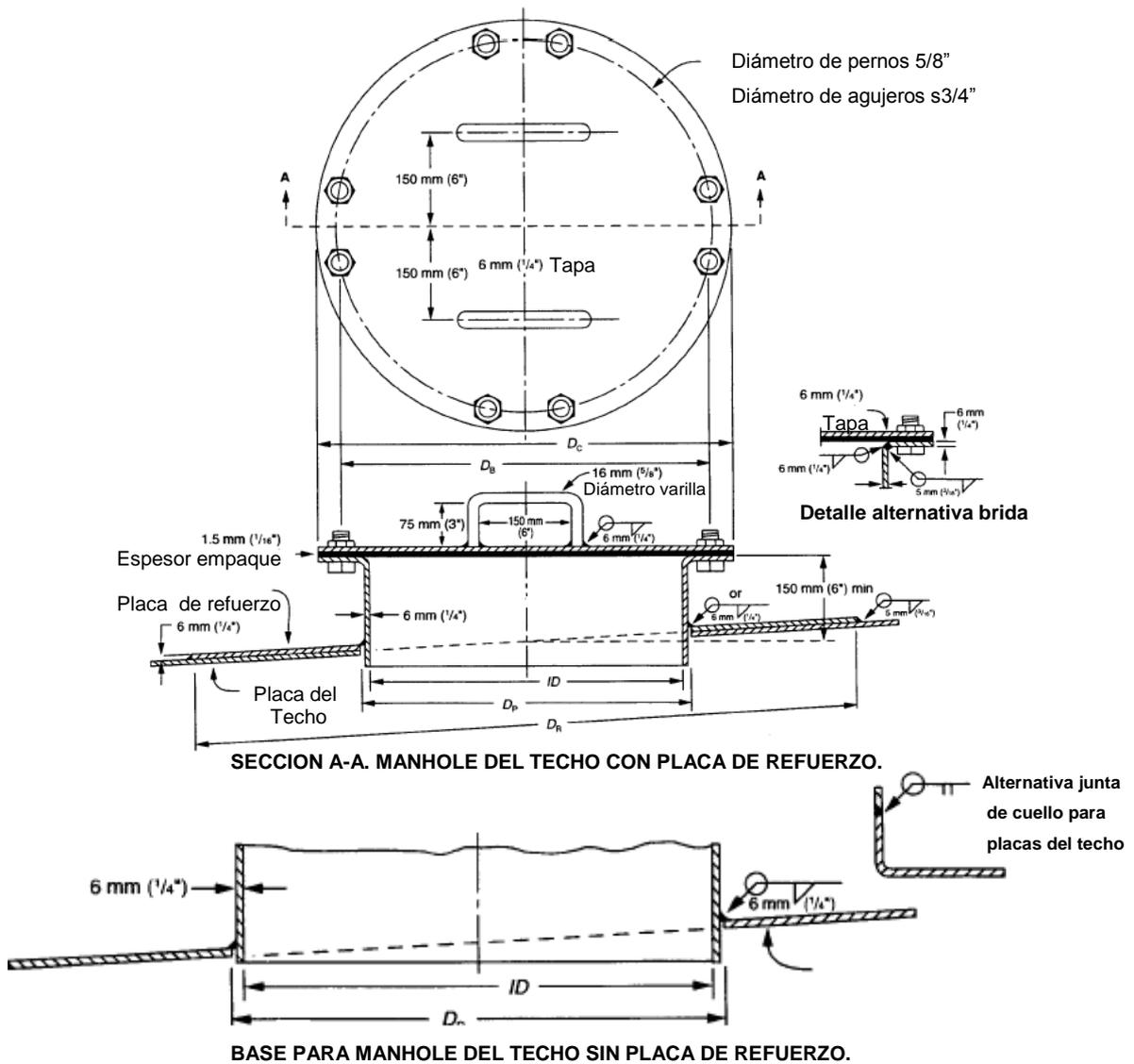


Figura 2.9. Manhole en el Techo del Tanque¹⁸

La selección del manhole para el techo es análoga que el manhole del cuerpo, para ello se utilizara la tabla 2.10, donde se selecciona el tamaño del manhole (agujero o abertura en el techo), el diámetro del cuello o boquilla, el diámetro del círculo de pernos, número de pernos, diámetro del empaque, diámetro de la placa de refuerzo interior y exterior.

¹⁸ API STANDAR 650 Welded Steel Tanks for Oil Storage. Décima Edición, Adenda 1.Marzo 2000. Pág. 3-35, figura 3-13

API 650, recomienda para la construcción de manholes, utilizar un diámetro de 24 pulgadas, y es el que se utiliza en el presente proyecto de titulación, aunque se aclara que el diámetro del manhole será seleccionado en mutuo acuerdo entre el fabricante y el cliente.

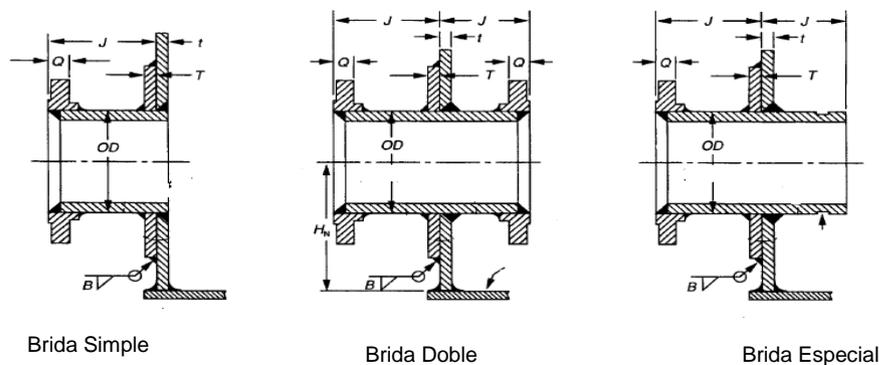
Tabla 2.10. : Dimensiones de manhole techos (in). (Fuente API650 .Tabla 3 -13. Pág. 3-36).

COLUMN A 1	COLUMN A 2	COLUMN A 3	COLUMN A 4	COLUMN A 5	COLUMN A 6	COLUMN A 7	COLUMN A 8	COLUMN A 9
Tamaño del Manhole	Diámetro del cuello ID	Diámetro de placa de cubierta D_c	Diámetro del círculo de pernos D_B	Número de Pernos	Diámetro del Empaque		Diámetro del agujero en la placa de refuerzo D_P	Diámetro exterior de la placa de refuerzo D_R
					Interior	Exterior		
20	20	26	23 1/2	16	20	26	20 5/8	42
24	24	30	27 1/2	20	24	30	24 5/8	46

Nota: Se selecciona un diámetro del manhole entre mutuo acuerdo fabricante-cliente, que puede ser 20 o 24 in, y selecciona sus correspondientes dimensiones.

2.2.5.3 Boquillas y bridas para cuerpo del tanque.

Las boquillas y bridas son accesorios que sirven para conectar al tanque con otros sistemas como las líneas de almacenamiento y despacho de combustible, para conectar las válvulas de venteo y sistema de drenaje. Las boquillas y bridas se clasifican en tres grupos: Tipo Regular, Tipo Baja y Tipo Empernada, estas a su vez también se subdividen como se muestra en la figura 2.10. Tipos de Boquillas y Bridas.



1.- BRIDA-BOQUILLA TIPO REGULAR.

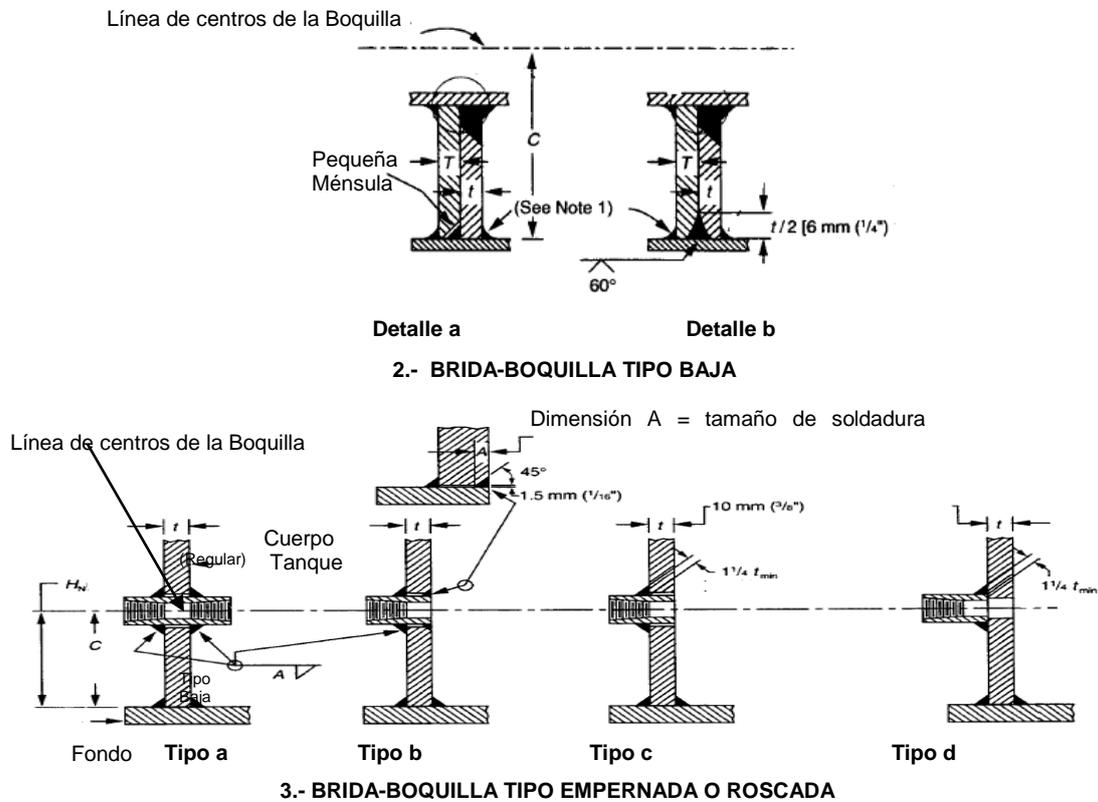


Figura 2.10. Tipo de Boquillas-Bridas¹⁹

El tipo de juntas soldadas utilizada para boquillas y bridas se muestra en la figura 2.11, las mismas que se clasifican en tres tipos: Soldadura de chaflán para brida-boquilla, Soldadura de chaflán para brida cúbica, Soldadura de cuello para brida.

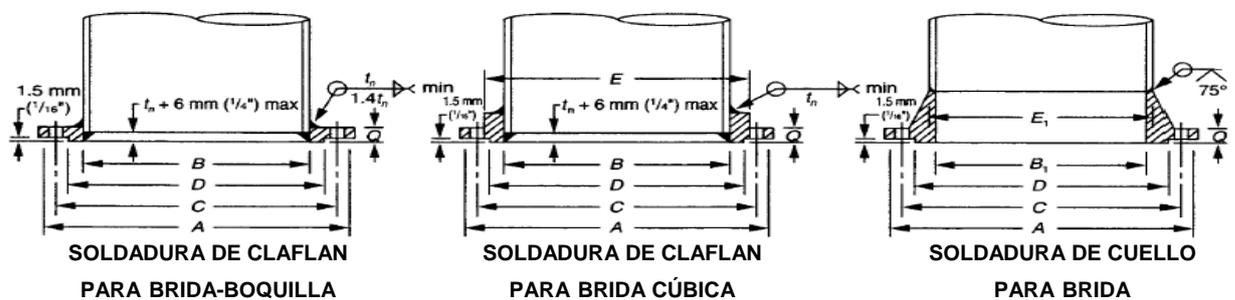


Figura 2.11. Tipo de soldadura para Bridas²⁰

¹⁹ API STANDAR 650 Welded Steel Tanks for Oil Storage. Décima Edición, Adenda 1.Marzo 2000. Pág. 3-16 y 3-17, Figura 3-5

²⁰ API STANDAR 650 Welded Steel Tanks for Oil Storage. Décima Edición, Adenda 1.Marzo 2000. Pág. 3-24, Figura 3-7.

El procedimiento para la selección de las dimensiones empieza primero determinando en diámetro de la boquilla que se requiere para las diferentes necesidades utilizando la figura 2.10. Tipo de Boquillas-Bridas, figura 2.6. Manhole del Cuerpo y con el uso de la tabla 2.8 Dimensiones de las boquillas del cuerpo (descrita en manhole del cuerpo), se utilizará para seleccionar las siguientes dimensiones:

- Diámetro exterior del tubo **D_P**.
- Espesor Nominal de la pared del tubo de la boquilla **t_n**
- Diámetro de la Placa de Refuerzo **D_R**
- Longitud del lado de placa refuerzo o diámetro **L=D_o**
- Ancho de la Placa de refuerzo **W**.
- Mínima distancia desde el cuerpo a la cara de la boquilla **J**.
- Mínima distancia del fondo del tanque al centro de la boquilla. la misma que puede ser regular **H_N** o Tipo Baja **C** o Roscada.

Seguidamente de la tabla 2.9. Dimensiones para las boquillas del cuerpo: tubos, placas y tamaño del filete de soldadura, con el espesor del primer anillo del tanque (desde el fondo) o el espesor de la placa de refuerzo seleccionada y las figuras 2.10. Tipo de Boquillas-Bridas y 2.11. Tipo de soldadura para Bridas se obtendrá las dimensiones siguientes:

- Mínimo espesor tubo de la boquilla **t_n**
- Valor añadido al diámetro de boquilla para obtener Máximo diámetro de la placa del cuerpo **D_p**
- Tamaño del filete de soldadura **B**
- Tamaño de filete soldadura **A**. Para Boquillas de mas 2 pulgadas de diámetro y Boquillas de diámetro igual a: 2; 1 ½; 1 ¾ de pulgadas

Los datos restantes para la selección de boquillas-bridas, se obtendrán de la Tabla 2.11 Dimensiones para bridas en boquillas y las figuras 2.10 Tipo de Boquillas-Bridas y 2.11 Tipo de soldadura para Bridas se obtendrá las dimensiones siguientes:

Tabla 2.11. Dimensiones para bridas en boquillas (Fuente API 650. Tabla 3-8 Pág. 3-20)

COLUMNA 1	COLUMNA 2	COLUMNA 3	COLUMNA 2	COLUMNA 5	COLUMNA 6	COLUMNA 7	COLUMNA 8	COLUMNA 9	COLUMNA 10	COLUMNA 11	COLUMNA 12
Tamaño de la Boquilla	Mínimo espesor del borde Q	Diámetro exterior del borde A	Diámetro de la cara superior D	Diámetro del círculo del perno C	Número de agujeros	Diámetro de los agujeros	Diámetro de los pernos	Diámetro Taladrado		Mínimo diámetro de punto cúbico de soldadura	
								Tipo Slip Diámetro exterior del tubo B	Soldadura Tipo Neck B1	Tipo Slip E	Soldadura Tipo Neck E1
48	2 3/4	59 1/2	53 1/2	56	44	1 5/8	1 1/2	0,25	a	b	c
46	2 11/6	57 1/2	51	53 3/4	40	1 5/8	1 1/2	0,25	a	b	c
44	2 5/8	55 1/4	49	51 3/4	40	1 5/8	1 1/2	0,25	a	b	c
42	2 5/8	53	47	49 1/2	36	1 5/8	1 1/2	0,25	a	b	c
40	2 1/2	50 3/4	44 1/4	47 1/4	36	1 5/8	1 1/2	0,25	a	b	c
38	2 3/8	48 3/4	42 1/4	45 1/4	32	1 5/8	1 1/2	0,25	a	b	c
36	2 3/8	46	40 1/4	42 3/4	32	1 5/8	1 1/2	0,25	a	b	c
34	2 5/16	43 3/4	37 3/4	40 1/2	32	1 5/8	1 1/2	0,25	a	b	c
32	2 1/4	41 3/4	35 3/4	38 1/2	28	1 3/8	1 1/2	0,25	a	b	c
30	2 1/8	38 3/4	33 3/4	36	28	1 3/8	1 1/4	0,25	a	b	c
28	2 1/16	36 1/2	31 1/4	34	28	1 3/8	1 1/4	0,25	a	b	c
26	2	34 1/4	29 1/4	31 3/4	24	1 3/8	1 1/4	0,25	a	b	c
24	1 7/8	32	27 1/4	29 1/2	20	1 3/8	1 1/4	0,19	a	b	c
22	1 13/16	29 1/2	25 1/4	27 1/4	20	1 3/8	1 1/4	0,19	a	b	c
20	1 11/16	27 1/2	23	25	20	1 1/4	1 1/8	0,19	a	b	c
18	1 9/16	25	21	22 3/4	16	1 1/4	1 1/8	0,19	a	b	c
16	1 7/16	23 1/2	18 1/2	21 1/4	16	1 1/8	1	0,19	a	b	c
14	1 3/8	21	16 1/4	18 3/4	12	1 1/8	1	0,19	a	b	c
12	1 1/4	19	15	17	12	1	7/8	0,13	a	b	c
10	1 3/16	16	12 3/4	14 1/4	12	1	7/8	0,13	a	b	c
8	1 1/8	13 1/2	10 5/8	11 3/4	8	7/8	3/4	0,1	a	b	c
6	1	11	8 1/2	9 1/2	8	7/8	3/4	0,1	a	b	c
4	15/16	9	6 3/16	7 1/2	8	3/4	5/8	0,06	a	b	c
3	15/16	7 1/2	5	6	4	3/4	5/8	0,06	a	b	c
2	3/4	6	3 5/8	4 3/4	4	3/4	5/8	0,07	a	b	c
1 1/2	11/16	5	2 7/8	3 7/8	4	5/8	1/2	0,07	a	b	c

Notas para el uso de la tabla

- a = diámetro interior de la tubería.
- b = diámetro exterior de la tubería + 2 t_n
- c = diámetro exterior de la tubería.
- Ingresar a la tabla con el diámetro de la boquilla y seleccionar las dimensiones correspondientes.

2.2.5.4 Boquillas y bridas para el techo del tanque.

Las boquillas para techos se utilizan para colocar las válvulas de venteo, tales como las focas de aforo, cuellos de ganso, las dimensiones de estas boquillas se encuentran en la figura 2.12, las boquillas-bridas para los techos se clasifican en regulares y roscadas (empernadas), con el diámetro de la boquilla que se requiere y con el uso de la tabla 2.12, se procede a la selección de las dimensiones.

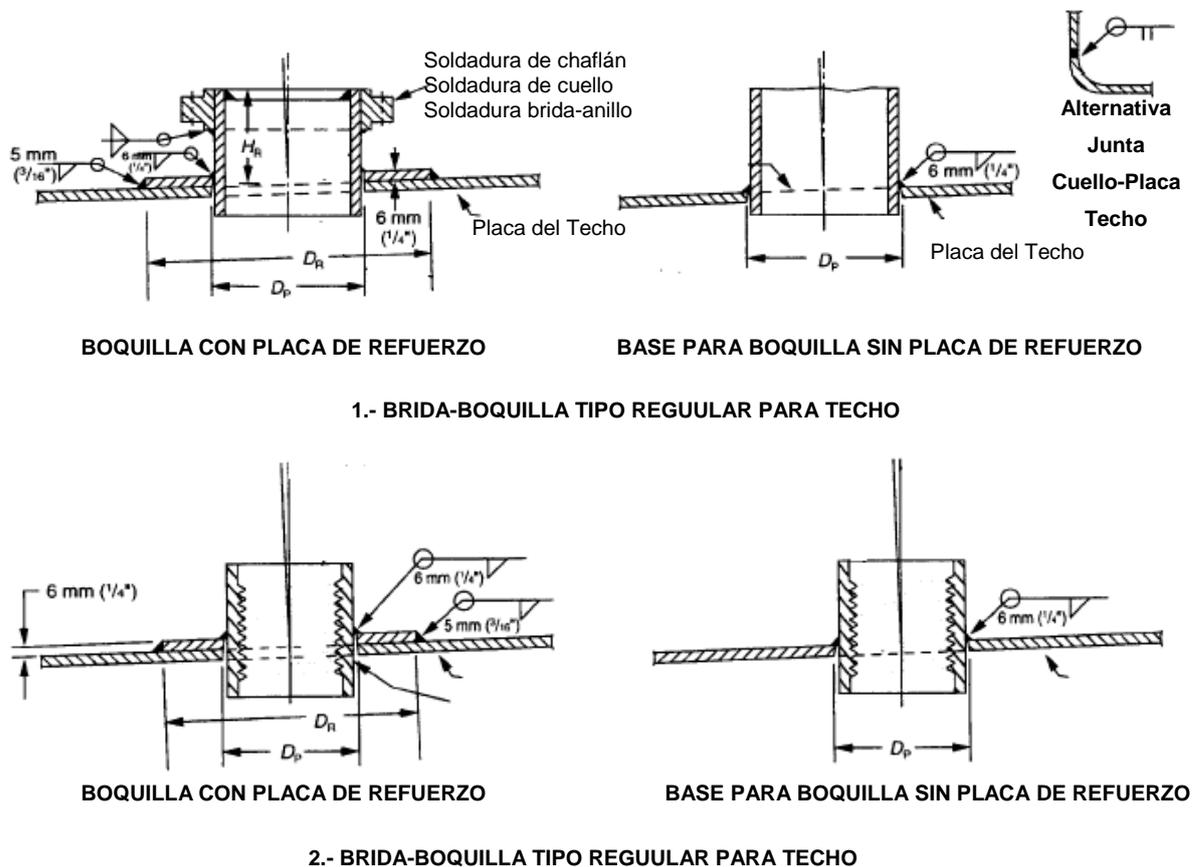


Figura 2.12. Tipos de Boquillas-Bridas para Techo.²¹

²¹ API STANDAR 650 Welded Steel Tanks for Oil Storage. Décima Edición, Adenda 1.Marzo 2000. Pág. 3-39; 3-41, Figura 3-16, 3-17.

Tabla 2.12. Dimensiones para boquillas-bridas en techo (Fuente API 650 Pág. 3-36).

BOQUILLAS DE TECHO					BOQUILLAS ROSCADAS DEL TECHO			
COLUMNA 1	COLUMNA 2	COLUMNA 3	COLUMNA 4	COLUMNA 5	COLUMNA 6	COLUMNA 7	COLUMNA 8	COLUMNA 9
Díametro de Boquilla	Diámetro Exterior del Cuello	Diámetro del agujero en la placa de refuerzo del techo D_P	Mínima Altura de Boquilla H_R	Diámetro exterior de la placa de refuerzo D_R	Boquilla NPS	Acoplado	Diámetro del agujero en la placa de refuerzo del techo D_P	Diámetro exterior de la placa de refuerzo D_R
1 1/2	2	6	5	1 1/2	3/4	1 7/16	4	3/4
2	2 1/2	6	7	2	1	1 23/32	4 1/2	1
3	3 5/8	6	9	3	1 1/2	2 11/32	5	1 1/2
4	4 5/8	6	11	4	2	3	7	2
6	6 3/4	6	15	6	3	4 1/8	9	3
8	8 7/8	6	18	8	4	5 11/32	11	4
10	11	8	22	10	6	7 17/32	15	6
12	13	8	24	12	8	9 7/8	18	8

Notas para el uso de la tabla

- Ingresar con el diámetro de la boquilla, seleccionar las dimensiones correspondientes.

2.2.5.5 Acceso de limpieza o compuerta de sedimentos (puerta de limpieza de nivel).

Los accesos de limpieza son accesorios que se utilizan para el ingreso de los equipos de mantenimiento y otros, también se usan para la limpieza de sedimentos, la abertura en el cuerpo del tanque es de forma rectangular en la base mientras que en las esquinas superiores debe tener un radio igual a un medio de la altura correspondiente a la abertura, comúnmente llamadas lápidas, cuando el cuerpo del tanque está construido con materiales del grupo I, II, IIIA o IIIA, el ancho o el alto de la abertura no debe exceder 1200 mm (48 in); cuando el cuerpo del tanque está construido con materiales del grupo IV, IVA, V o VI, la altura no debe exceder de 900 mm (36 in).

El área perteneciente al primer anillo del cuerpo del tanque en donde va instalado el acceso de limpieza es extraída o remplazada por una plancha de mayor espesor para ensamblarse con la placa de refuerzo y los otros

elementos del acceso de limpieza independientemente, para luego volverse a unir al cuerpo del tanque después de aliviar los esfuerzos térmicos tal como se describe en la estándar API 650 3.7.4.1

El espesor del área extraída, así como el espesor de la placa de refuerzo y el cuello del acceso de limpieza pueden ser igual o mayor al espesor del primer anillo del cuerpo del tanque tal como se muestra en la figura 2.13.

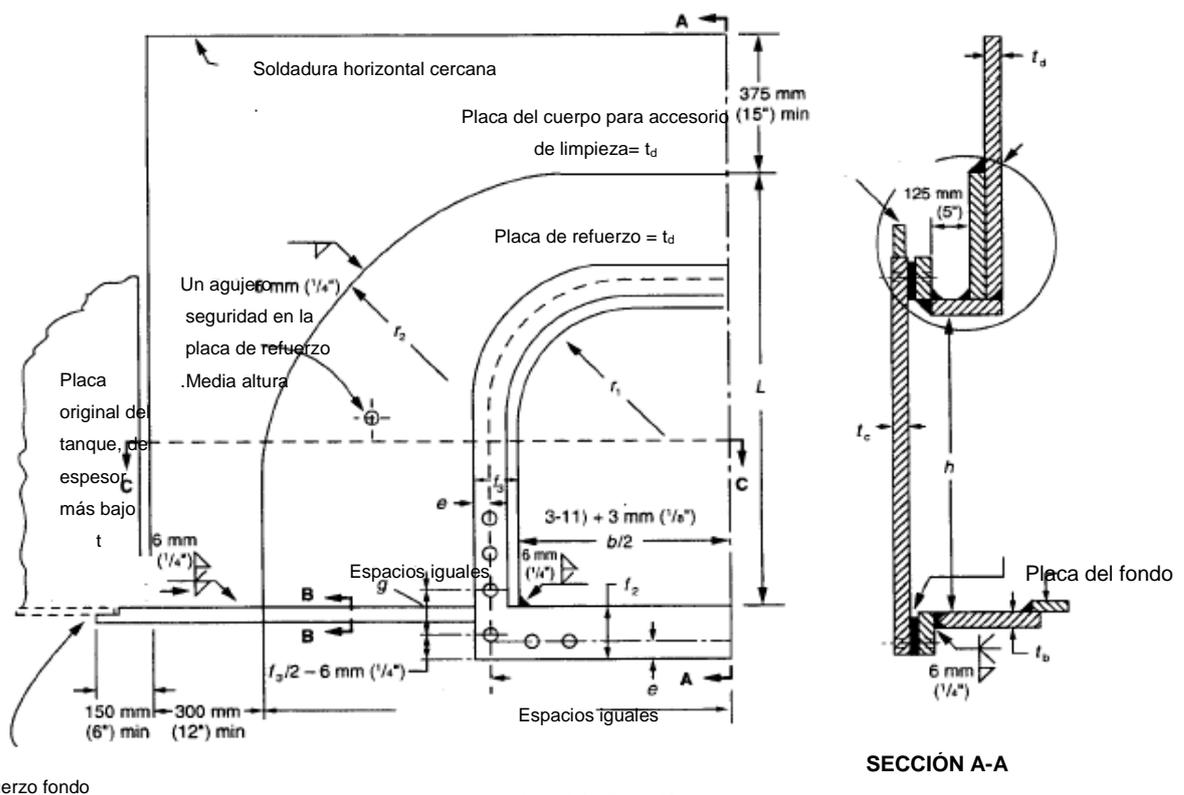


Figura 2.13. Accesorio de limpieza a nivel (lápida).²²

El procedimiento para la selección de las dimensiones empieza primero determinando el ancho y el alto del acceso de limpieza que se requiere para las diferentes necesidades, con el uso de la tabla 2.13, otro dato de entrada es la altura máxima del nivel del líquido, con estos datos el uso de las tablas 2.14, 2.15, se procede a la selección.

²² API STANDAR 650 Welded Steel Tanks for Oil Storage. Décima Edición, Adenda 1. Marzo 2000. Pág. 3-27. Figura 3-9.

Tabla 2.13. Dimensiones para el acceso de limpieza (Fuente API 650 Tabla3.9 Pág3-21)

COLUMNA 1	COLUMNA 2	COLUMNA 3	COLUMNA 4	COLUMNA 5	COLUMNA 6	COLUMNA 7	COLUMNA 8	COLUMNA 9	COLUMNA 10	COLUMNA 11
Altura de abertura h	Ancho de la abertura b	Arco del ancho del cuerpo reforzamiento de la placa w	Radio superior de abertura r1	Radio superior de la placa de reforzamiento del cuerpo r2	Distancia de los pernos e	Ancho de la brida (excepto el fondo) f3	Ancho del fondo de la brida f2	Espaciamiento de pernos especiales g	Número de pernos	Diámetro de los pernos
8	16	46	4	14	1 1/4	4	3 1/2	3 1/4	22	3/4
24	24	72	12	29	1 1/2	4	3 3/4	3 1/2	36	3/4
36	48	106	18	41	1 1/2	4 1/2	4 3/4	4 1/4	46	1
48	48	125	24	51 1/2	1 1/2	4 1/2	5	4 1/2	52	1

Tabla 2.14. Espesores de la placa de cubierta, pernos y reforzamiento del fondo para el acceso de limpieza. (Fuente API 650. Tabla3-12. Pág. 3-29)

COLUMNA 1	COLUMNA 2	COLUMNA 3	COLUMNA 4	COLUMNA 5	COLUMNA 6	COLUMNA 7	COLUMNA 8	COLUMNA 9	COLUMNA 10
Máxima Altura del Tanque H (ft)	Presión Equivalente (PSI)	TAMAÑO DE ABERTURA HXB (ALTURA X ANCHO)							
		8x16		24x24		36x48		48x48	
		Mínimo espesor de pernos y placa de cubierta tc	Mínimo espesor de la placa de refuerzo tb	Mínimo espesor de pernos y placa de cubierta tc	Mínimo espesor de la placa de refuerzo tb	Mínimo espesor de pernos y placa de cubierta tc	Mínimo espesor de la placa de refuerzo tb	Mínimo espesor de pernos y placa de cubierta tc	Mínimo espesor de la placa de refuerzo tb
20	8,7	3/8	1/2	3/8	1/2	5/8	13/16	5/8	7/8
34	14,7	3/8	1/2	1/2	1/2	3/4	1	13/16	1 1/8
41	17,8	3/8	1/2	1/2	9/16	7/8	1 1/8	7/8	1 3/16
53	23,0	3/8	1/2	9/16	5/8	15/16	1 1/4	1	1 5/16
60	26,0	7/16	1/2	5/8	11/16	1	1 5/16	1 1/8	1 3/8
64	27,8	7/16	1/2	5/8	11/16	1 1/16	1 3/8	1 1/8	1 7/16
72	31,2	7/16	1/2	11/16	1 1/8	1 1/8	1 7/16	1 3/16	1 1/2

NOTAS:

- Para abertura 8x16, tb máximo = 1 pulgada.
- Para abertura 24x24, tb máximo = 1 1/8 pulgada.
- Para abertura 36x48, tb máximo = 1 1/2 pulgada.
- Para abertura 48x48, tb máximo = 1 3/4 pulgada.

Tabla 2.15. Espesores y alturas de placas de refuerzo del cuerpo para accesorios de limpieza. (Fuente API 650. Tabla3-11. Pág. 3-26).²³

ESPESOR MÁS BAJO DEL ANILLO DEL CUERPO	MÁXIMA NIVEL DE LIQUIDO DE DISEÑO	ALTURA DE LA PLACA DE REFUERZO DEL TANQUE PARA TAMAÑOS DE ABERTURA HXB (ANCHO X LARGO) (IN).			
		8x16	24x24	36x48	48x48
Todos	<72	14	36	54	72

2.2.5.6 SUMIDERO PARA EXTRACCION DE AGUA O TINA DE LODOS.

El sumidero para la extracción de agua o cualquier sustancia líquida, que no puede ser desalojada, por la puerta de limpieza a nivel, la misma que debe estar conforme a la figura 2.14. y a la tabla 2.16, a menos que por otro el comprador especifique lo contrario.

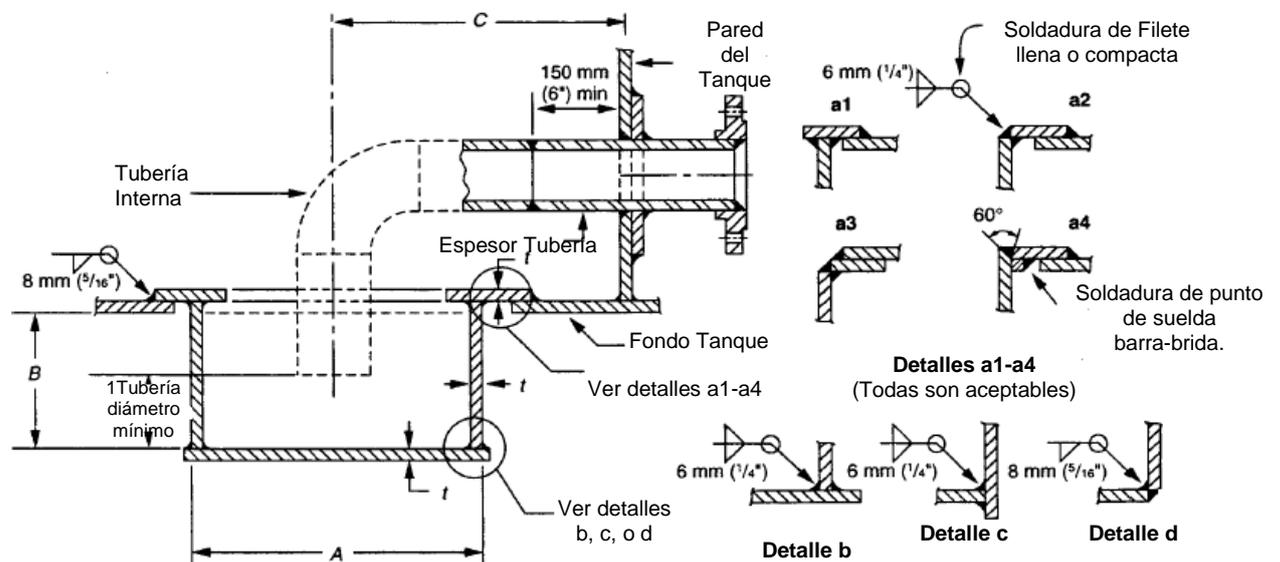


Figura 2.14. Sumidero para extracción de agua o tina de lodos²⁴

²³ API STANDAR 650 Welded Steel Tanks for Oil Storage. Décima Edición, Adenda 1.Marzo 2000. Pág. 3-24, Figura 4-7.

²⁴ API STANDAR 650 Welded Steel Tanks for Oil Storage. Décima Edición, Adenda 1.Marzo 2000. Pág. 3-18, Figura 3-42.

Tabla 2.16. Diámetro del sumidero.

TAMAÑO NOMINAL DEL TUBO (IN)	DIAMETRO DEL SUMIDERO (IN) A	PROFUNDIDAD DEL SUMIDERO (IN) B	DISTANCIA DESDE EL CENTRO AL CUERPO (FT) C	ESPESOR DE LA PLACA EN EL SUMIDERO (IN) T	MÍNIMO ESPESOR EL TUBO (IN)	MÍNIMO ESPESOR DEL CUELLO DE LA BOQUILLA (IN)
2	24	12	3 1/2	5/16	0.218	0.218
3	36	18	5	3/8	0.25	0.300
4	48	24	6 3/4	3/8	0.25	0.337
6	60	36	8 1/2	7/16	0.25	0.432

2.2.5.7 ESCALERAS – PASAMANOS.

Como requerimientos generales para la selección de las dimensiones de huella (ancho de grada), contrahuella (altura de separación entre gradas) y ángulo de elevación en escaleras y pasamanos se tiene: la estructura de las escaleras circulares deben estar completamente soportadas en el cuerpo del tanque, y todas las partes deben ser de metal, generalmente de acero estructural A 283° C, la mínima longitud de los escalones es de 610 mm (24 in), el mínimo ancho del escalón o huella (r) es 200 mm (8 in), la elevación entre cada escalón o contrahuella (R) no debe ser menor a 200 mm (8 in) ni mayor a 250 mm (10 in), con una huella de 200 mm (8in), la huella debe ser tipo reja o de material no deslizante, el ángulo máximo de elevación entre la horizontal y las escaleras es de 50°, la altura de la baranda del pasamano debe estar entre 760 a 860 mm (30 a 34 in), la distancia máxima entre los soportes de la baranda medido sobre la inclinación de ésta es de 2400 mm (96 in) y generalmente se ubican saltando dos escalones, la estructura completa debe ser capaz de soportar una carga concentrada en movimiento de 4450 N (1000 lb.), el pasamanos tiene que soportar una carga de 890 N (200 Lb.) aplicada en una dirección y en un punto sobre el perfil superior.

En la parte superior del tanque, en donde las láminas del techo se unen con el ángulo tope debe haber una baranda, a una altura de 1070 mm (42 in), los soportes de la baranda deben separarse una distancia máxima de 2400 mm (96 in), esta estructura debe ser capaz de soportar una carga de 890 N (200 Lb.) aplicada en una dirección y en un punto sobre el perfil superior. En la tabla

2.17, se encuentra una relación entre la huella, contrahuella, y ángulo de elevación

Tabla 2.17. Relación entre la huella, contrahuella, y ángulo de elevación.

2R +R = 610 MM (24 IN.)				2R +R = 660 MM (26 IN.)		
Altura de Separación R (in)	Ancho de Grada. r(in)	Ángulo		Ancho de Grada. r(in)	Ángulo	
		Grados	Minutos		Grados	Minutos
5 1/4	13 1/2	21	39	-	-	-
5 1/2	13	22	59	15	20	13
5 3/4	12 1/2	24	23	14 1/2	21	24
6	12	25	49	14	22	37
6 1/4	11 1/2	27	19	13 1/2	23	53
6 1/2	11	30	31	13	26	34
6 3/4	10 1/2	32	12	12 1/2	27	59
7	10	35	45	12	30	58
7 1/4	9 1/2	37	38	11 1/2	32	32
7 1/2	9	39	34	11	34	10
7 3/4	8 1/2	41	33	10 1/2	35	50
8	8	45	42	10	39	21
8 1/4	7 1/2	47	52	9 1/2	41	11
8 1/2	-	-	-	9	43	4
8 3/4	-	-	-	8 1/2	45	0
9	-	-	-	8	46	58

2.3 ANGULO CIRCUNFERENCIAL PARA CARGAS DE VIENTO

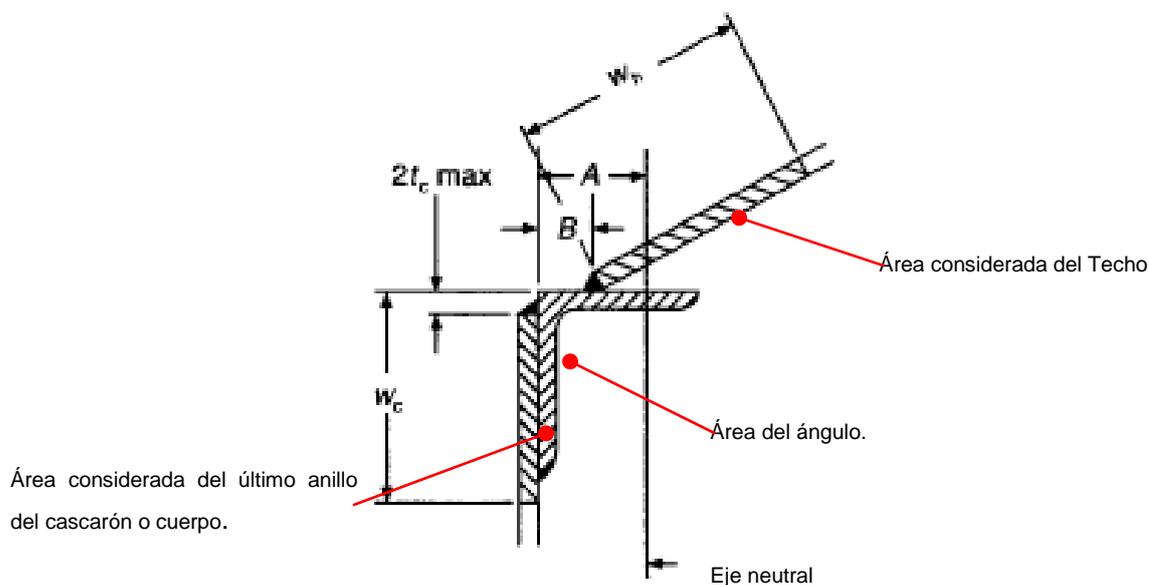
Como los tanques se encuentran en la superficie exterior o en una área abierta, expuestos a fenómenos naturales como vientos, huracanes, tormentas, etc., produciendo el efecto barlovento en la superficie del tanque, es importante mantener la redondez y estabilidad de éste, ya que puede deformarse debido a estas cargas, para solucionar este problema se aumenta el espesor de los anillos ya calculados, lo que involucra un aumento en el peso de los materiales y resulta una solución costosa. Otra solución es poner alrededor del perímetro externo ángulos de refuerzo en la parte superior y/o intermedia del tanque, ayudando a mantener la redondez, estabilidad y disminuyendo considerablemente el costo.

2.3.1 ANILLO SUPERIOR O ANGULO TOPE

Para el cálculo de los ángulos de tope para techos cónicos, hay que tomar en cuenta un porcentaje de las áreas transversales entre las laminas del techo, el

ultimo anillo del cuerpo del tanque y toda el área del ángulo tope, a ésta área se la conoce como el área de compresión de la unión cuerpo – techo.

Para la determinación de las dimensiones del ángulo tope apropiado, primero se determina las características geométricas que tendrá el área de compresión (A), usando los detalles constructivos especificados en el Anexo 4 Detalles permitidos por API 650 para anillos de compresión del proyecto presente de titulación o a la figura F-2 de la API 650, en la figura 2.15 se describe los componentes de una área de compresión.



Nota:

- A: distancia desde el filo del anillo hasta el eje neutral del ángulo.
- B: distancia desde el filo del anillo hasta el tope de la lámina del techo.
- W_c : máximo longitud considerada del cuerpo, se calcula con $W_c = 0.6 (R_c * t_s)^{0.5}$
- R_c : radio interior del tanque (radio nominal del tanque – espesor del último anillo).
- t_s : espesor del último anillo + placa de refuerzo, caso contrario $t_s = t_c$, t_c espesor del último anillo.
- W_h : : máximo longitud considerada del techo, se calcula con $W_h = 0.3 (R_2 * t_h)^{0.5}$
- $R_2 = R_c / \sin\theta$, donde θ es la pendiente del techo. R_2 es distancia perpendicular al techo hasta el eje neutral.
- t_h : espesor de las placas del techo

Figura 2.15. Detalle de junta de compresión: Techo-ángulo-cuerpo.

Esta diferencia es el área del ángulo tope, con este valor se busca en el manual de la AISC, tipo de perfil a usarse, si el área del ángulo tope es menor al área de ángulo tope indicado en la tabla 2.18, se debe seleccionar el tipo de ángulo tope de ésta tabla, que está en función del diámetro del tanque.

Tabla 2.18. Ángulos recomendados con respecto al diámetro para tanques con techo cónico soportado.

DIÁMETRO DEL TANQUE (PIES)	ÁNGULO RECOMENDADO (PULG)	SECCIÓN (PULG) ²
$D \leq 35$	2 x 2 x 3/16	0.751
$35 < D \leq 60$	2 x 2 x 1/4	0.938
$D > 60$	3 x 3 x 3/8	2.11

2.4 DISEÑO Y SELECCIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL TECHO CÓNICO.

Una estructura se llama a todo sistema de miembros unidos entre sí y construido para soportar con seguridad cargas a esta aplicadas²⁵. Los elementos básicos de una estructura ordinaria son suelos y cubierta (incluidos los elementos de apoyo horizontal), pilares y muros (soportes verticales) y el arriostramiento (elementos diagonales) o conexiones rígidas para dar estabilidad a la estructura.

El diseño estructural comienza en el momento que el diseñador se impone ciertas suposiciones sobre las cuales aplica los principios mecánicos teóricos buscando la mayor aproximación a la realidad, para que esta aproximación sea válida, las consideraciones previas deben ser correctas, así como el análisis científico debe estar basado en la teoría de estructuras y de la mecánica estructural.

El diseño de las estructuras metálicas tiene como uno de sus objetivos el dimensionamientos de cada uno de los componentes de la estructura, usando las respectivas ecuaciones que permitan verificar que las tensiones y las deformaciones no superen valores establecidos como permisibles.

Se debe asimismo puntualizar que dimensionar es bastante menos que diseñar, esta última amplia y compleja, abarca desde un estudio de pre

²⁵ BRESLER/LIN/SCALZI. Diseño de Estructuras de Acero. 4ª reimpresión. Limusa, México, 1979. pág 2.

factibilidad en donde se analiza el mercado, las restricciones de carácter tecnológico, económico-financieras, luego de lo cual se definen las especificaciones de la estructura.

Un procedimiento generalmente aceptado por fabricantes de tanques, para el diseño de estructuras, es el que se describe a continuación (Figura 2.16):

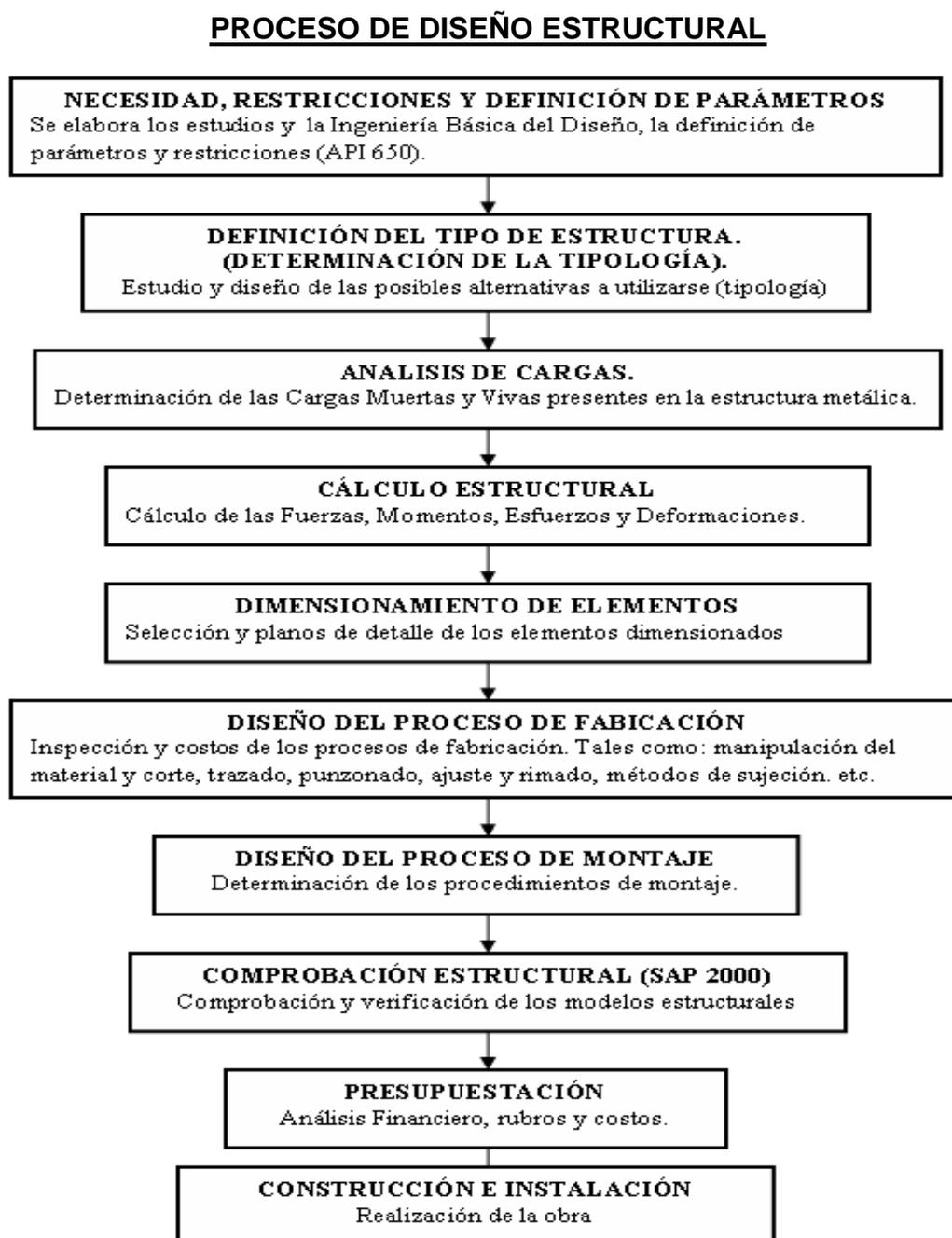


Figura 2. 16. Proceso recomendado para diseño estructural.

2.4.1 NECESIDAD, RESTRICCIONES Y DEFINICIÓN DE PÁRAMETROS.

La estructura soportante tendrá las siguientes características:

- Diámetro del Tanque 88 pies.
- Altura nominal media del Tanque entre 24 pies.
- Estructura armada, montada y soldada
- Columnas Armadas o Circulares.
- Capacidad 25000 barriles.
- Infraestructura con Acero A-36 (Perfileria. Manual AISC).
- Seguridad la más óptima y confiable.
- Costos módicos y aproximados.

2.4.2 DEFINICIÓN DEL TIPO DE ESTRUCTURA.

2.4.2.1 Estudio y diseño de alternativas.²⁶

La Estructura soportante del techo, se diseñara con perfiles laminados en caliente, según API STANDARD 650. Dentro de punto se incluyen cinco diseños básicos dependiendo del diámetro del tanque y del tipo de correas a utilizarse, también por la facilidad de encontrar el material en el mercado, tres de estos diseños presentan 3 subdivisiones los cuales son los siguientes:

1. Alternativa I11, con una columna central.
2. Alternativa I12, con una columna central
3. Alternativa I13, con columna central y varias columnas circundantes
A;B;C:
4. Alternativa I21, con columna central y varias columnas circundantes
A;B;C:
5. Alternativa I22, con columna central y varias columnas circundantes
A;B;C:

²⁶ BATALLAS /BARRERA. Estandarización de la Estructura para Tanques de Almacenamiento de Techo Cónico. 1994

- I-11. Estructura con una columna central para tanques de techo cónico con diámetro nominal desde 20 ft. (6.096 mm) hasta 50 ft. (15.240 mm), utilizando canales C como correas.

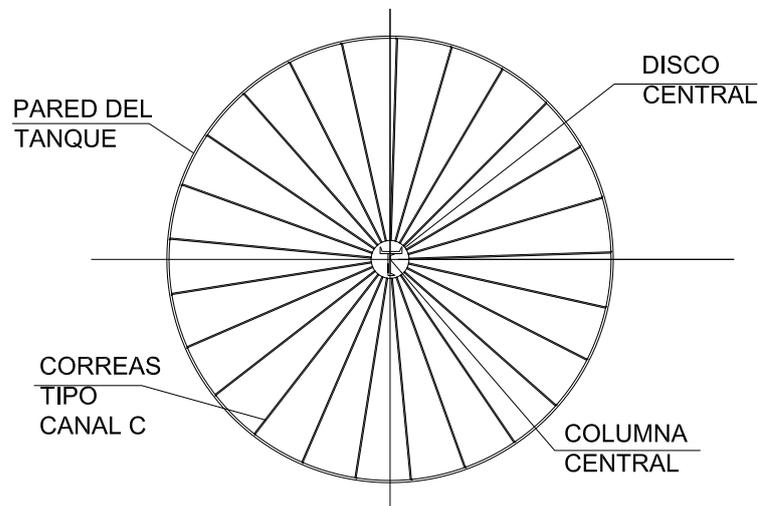


Figura 2.17. Vista Superior Alternativa I-11.

- I-12. Estructura con una columna central para tanques de techo cónico con diámetro nominal desde 20 ft. (6.096 mm) hasta 80 ft. (24.384 mm), utilizando perfiles I de ala ancha (wide flange) como correas.

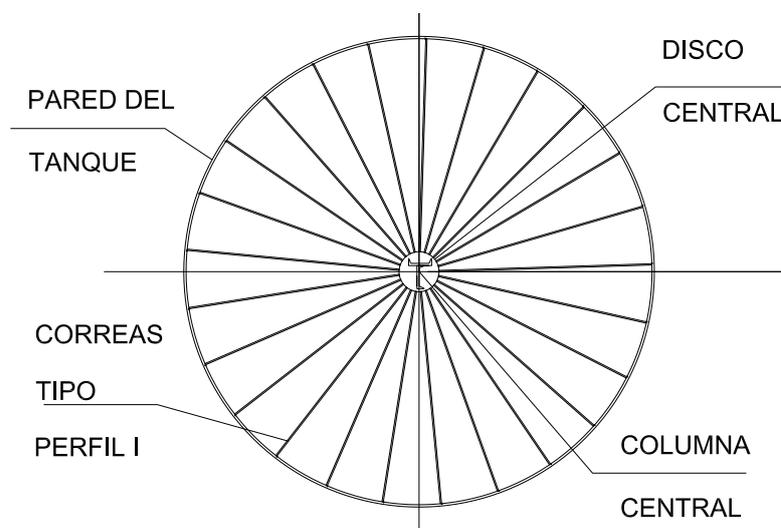


Figura 2. 18. Vista Superior Alternativa I-12.

- I-13. Estructuras con dos castillos interiores soportados por varias columnas para tanques de techo cónico con diámetro nominal desde 100 ft. (30.480 mm) hasta 160 ft. (48.768 mm), utilizando canales C como correas.

A.- Columna Central Interior, Castillo Interior con cuatro columnas, Castillo Medio con ocho columnas. Diámetro desde 100 ft. hasta 115 ft.

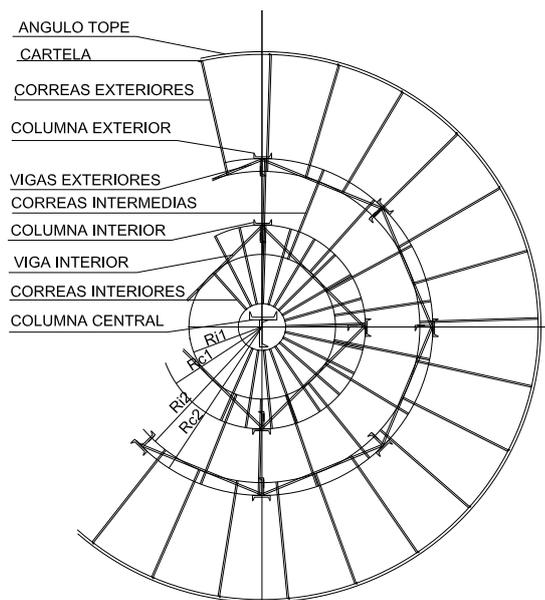


Figura 2. 19. Vista Superior Alternativa I-13 (A).

B.- Columna Central Interior, Castillo Interior con cinco columnas, Castillo Medio con diez columnas. Diámetro desde 120 ft. hasta 135 ft

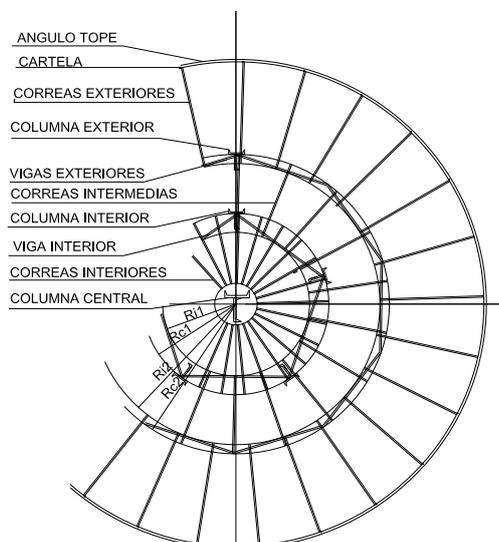


Figura 2. 20. Vista Superior Alternativa I-13 (B).

C.- Columna Central Interior, Castillo Interior con seis columnas, Castillo Medio con doce columnas. Diámetro desde 140 ft. hasta 160 ft

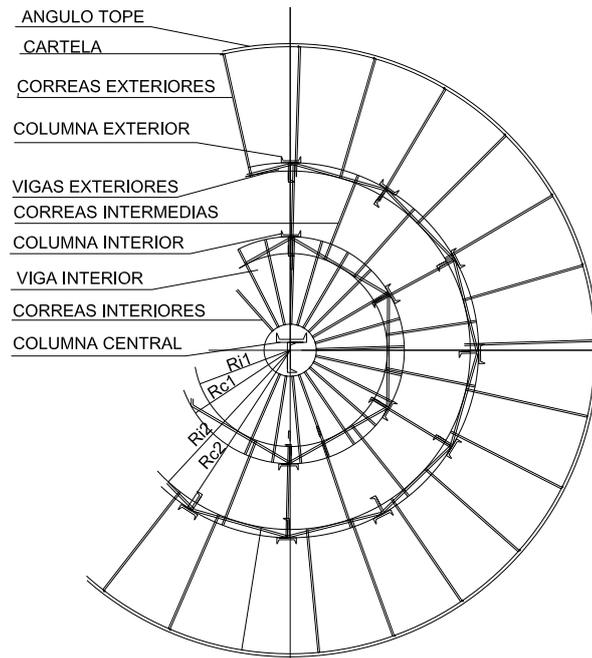


Figura 2. 21. Vista Superior Alternativa I-13 (C).

- I-21. Estructuras con un castillo interior soportado por varias columnas para tanques de techo cónico con diámetro nominal desde 50 ft. (15.240 mm) hasta 100 ft. (30.480 mm), utilizando canales C como correas.

A.- Columna Central Interior, Castillo Interior con cuatro columnas, Diámetro desde 50 ft. hasta 70 ft.

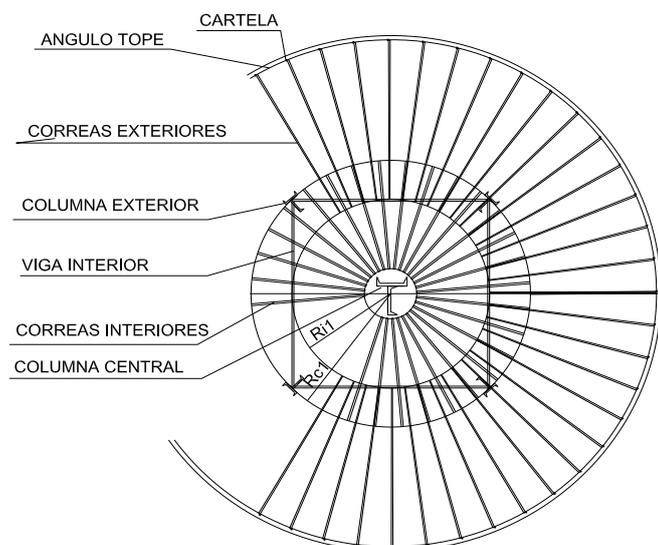


Figura 2. 22. Vista Superior Alternativa I-21 (A).

B.- Columna Central Interior, Castillo Interior con cinco columnas,
Diámetro desde 75 ft. hasta 85 ft.

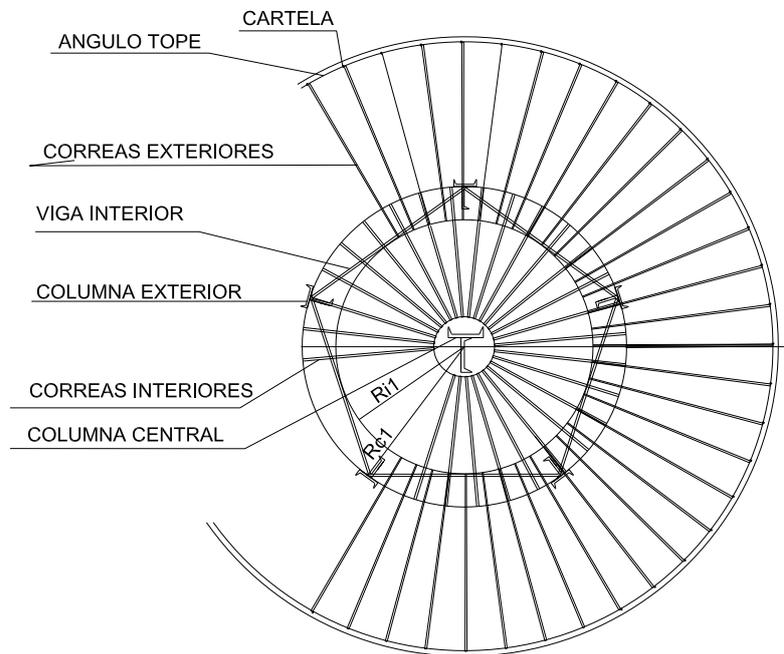


Figura 2. 23. Vista Superior Alternativa I-21 (B).

C.- Columna Central Interior, Castillo Interior con seis columnas,
Diámetro desde 85 ft. hasta 100 ft.

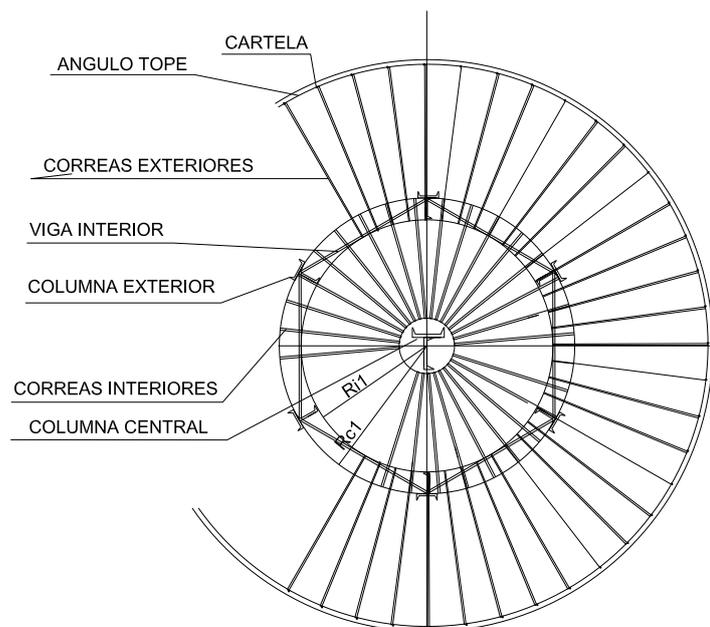


Figura 2. 24. Vista Superior Alternativa I-21 (C).

- I-22. Estructuras con un castillo interior soportado por varias columnas para tanques de techo cónico con diámetro nominal desde 85 ft. (24.384 mm) hasta 160 ft. (48.768 mm), utilizando perfiles I de ala ancha (wide flange) como correas.

A.- Columna Central Interior, Castillo Interior con cuatro columnas, Diámetro desde 85 ft. hasta 100 ft.

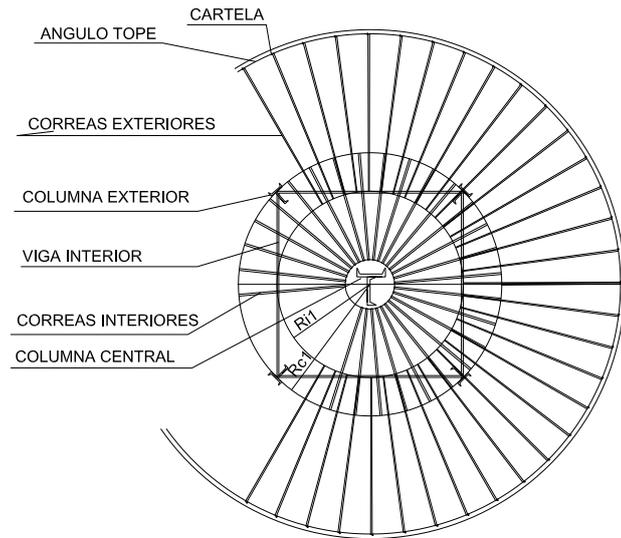


Figura 2.25. Vista Superior Alternativa I-22 (A).

B.- Columna Central Interior, Castillo Interior con cinco columnas, Diámetro desde 105 ft. hasta 125 ft.

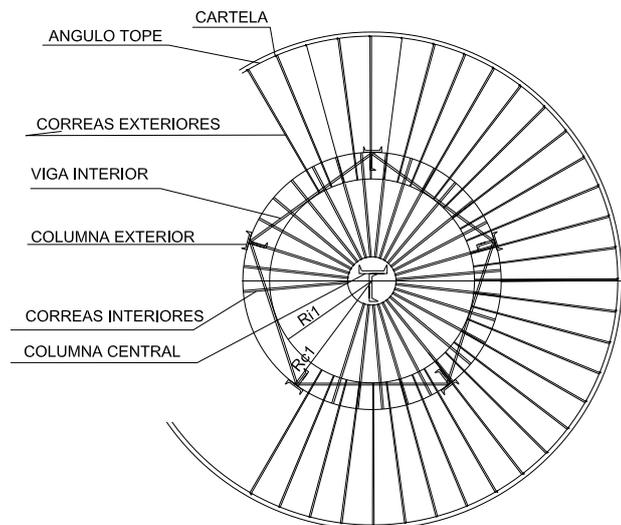


Figura 2.26. Vista Superior Alternativa I-22 (B).

C.- Columna Central Interior, Castillo Interior con seis columnas, Diámetro desde 130 ft. hasta 160 ft.

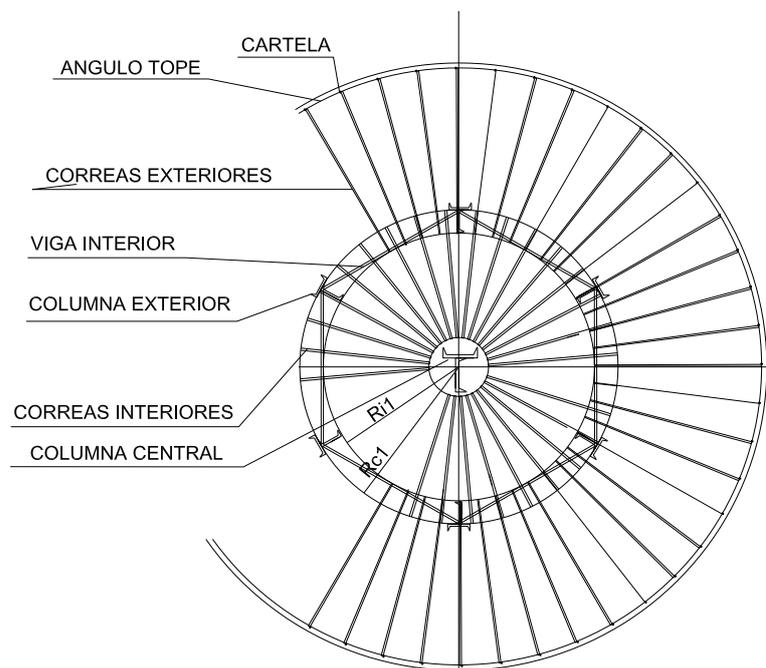


Figura 2.27. Vista Superior Alternativa I-22 (C).

Se selecciona para el presente proyecto Alternativa I-21 (C) Figura 2.24, ya que el diámetro oscila entre 85 a 100 pies y se encuentra en el rango de 88 pies que es el diámetro del tanque a diseñar.

2.4.2.2 Análisis de cargas.

Las cargas en estructuras metálicas pueden ser de dos clases:

- Cargas Estáticas o Cargas Muertas. Las mismas que pueden ser por peso propio de la estructura y carga de seguridad.
- Cargas dinámicas o Cargas Vivas.- Suelen ser generalmente de sismo, de viento, de granizo o nieve, de maquinaria, otros, etc.

La norma API 650 recomienda utilizar para el cálculo, al menos el valor de 25 lb/ft² para carga viva, y un valor de carga muerta de 7.65 lb/ft² para láminas de 3/16 in de espesor (valor de la carga muerta depende del espesor de las láminas).

2.4.3 DISEÑO DE CORREAS.

Las correas o cerchas son los elementos estructurales, que trabajan a flexión, soportan el peso muerto de las láminas del techo, los accesorios del techo, y el peso dinámico por montaje o mantenimiento del personal, ubicadas y distribuidas radicalmente al perímetro del tanque, las mismas que pueden ser canales o perfiles de ala ancha, de acuerdo a las exigencias del cliente.

2.4.3.1 Definición Geométrica.

Mediante una serie de aproximaciones mediante la geometría plana, se puede determinar los radios de implantación, tanto de las correas, así como del o los polígonos que soportan el peso de las láminas del techo a continuación se detalla el procedimiento geométrico (Figura: 2.28).

Para un castillo interior (correas: interiores-exteriores). Alternativas I-21, I-22.

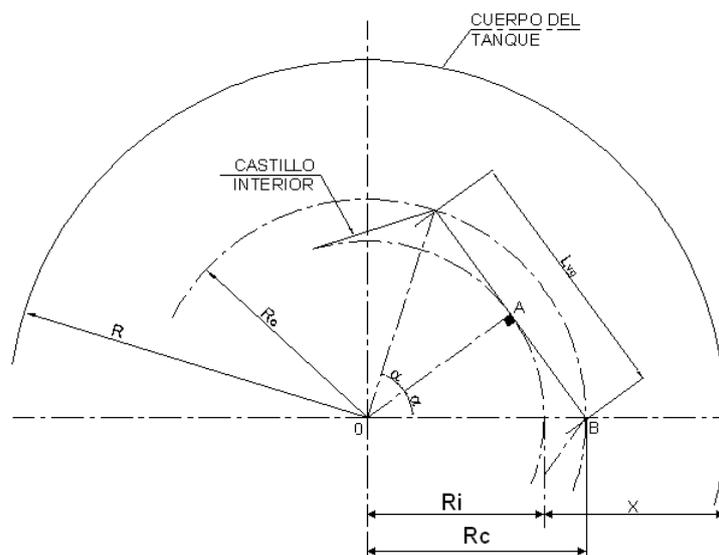


Figura 2.28. Primera Aproximación para Tanques con un solo castillo.²⁷

- En el triángulo $\triangle OAB$:

$$\cos \alpha = \frac{R_i}{R_c} \Rightarrow R_c = \frac{R_i}{\cos \alpha} \quad (2.4)$$

- Si $R_c = X$ (primera aproximación realizada):

²⁷ BATALLAS /BARRERA. Estandarización de la Estructura para Tanques de Almacenamiento de Techo Cónico. 1994

$$\begin{aligned}
 R_i + R_c &= R \\
 R_i + \frac{R_i}{\cos \alpha} &= R \\
 R_i &= \frac{R * \cos \alpha}{(\cos \alpha + 1)}
 \end{aligned}
 \tag{2.5}$$

- Longitud de la viga, del grafico anterior se obtiene:

$$L_{vg} = 2 * R_c * \text{sen } \alpha \tag{2.6}$$

Donde:

- R = radio nominal del tanque.
- R_c = radio circunscrito
- R_i = radio inscrito
- L_{vg} = longitud de la viga

Esta es la primera aproximación realizada para poder definir la geometría de la estructura. Cabe notar que sobre este modelo es donde variaran los radios, ángulos de las correas, en intervalos adecuados y aproximados a los originales.

2.4.3.1.1 Definición del número de correas interiores-intermedias para alternativas con columna central y varias columnas exteriores.

El número mínimo de correas interiores o intermedias a ser utilizadas está definido por la siguiente ecuación:

$$n_{\min} = \frac{24 * N_p * R_c}{I_c} * \text{sen} \left(\frac{360}{2 * N_p} \right) ; \text{ [Pie, pulg]} \tag{2.7}$$

$$n_{\min} = \frac{2 * N_p * R_c}{I_c} * \text{sen} \left(\frac{360}{2 * N_p} \right) ; \text{ [mm]} \tag{2.8}$$

Donde:

- n_{min} = número mínimo de correas interiores o intermedias
- N_p = número de lados del polígono.
- R_c = radio del circulo circunscrito al polígono, ft., mm.
- I_c = espacio máximo entre correas interiores = 66 pulg = 167,64 cm.

Se debe dar especial atención a la ecuación anterior, ya que la distribución de las correas debe ser uniforme, por lo cual: *el número de correas será un múltiplo entero del número de lados del polígono del castillo a diseñar.*

Los datos requeridos para el diseño de las correas son:

- El diámetro nominal del tanque, D [ft.] o [mm].
- El espesor del techo, e , [ft.] o [mm].

Las cargas que actúan sobre las correas son:

- Carga viva, C_v , igual a 25 lb/pie^2 ($122,3 \text{ Kg/m}^2$)
- Carga muerta, C_m , igual a $7,65 \text{ lb/pie}^2$ ($37,4 \text{ Kg/m}^2$) para un espesor de techo de $3/16 \text{ in.}$ ($4,8 \text{ mm}$), que es el mínimo requerido.

Procedimiento para el diseño de correas:

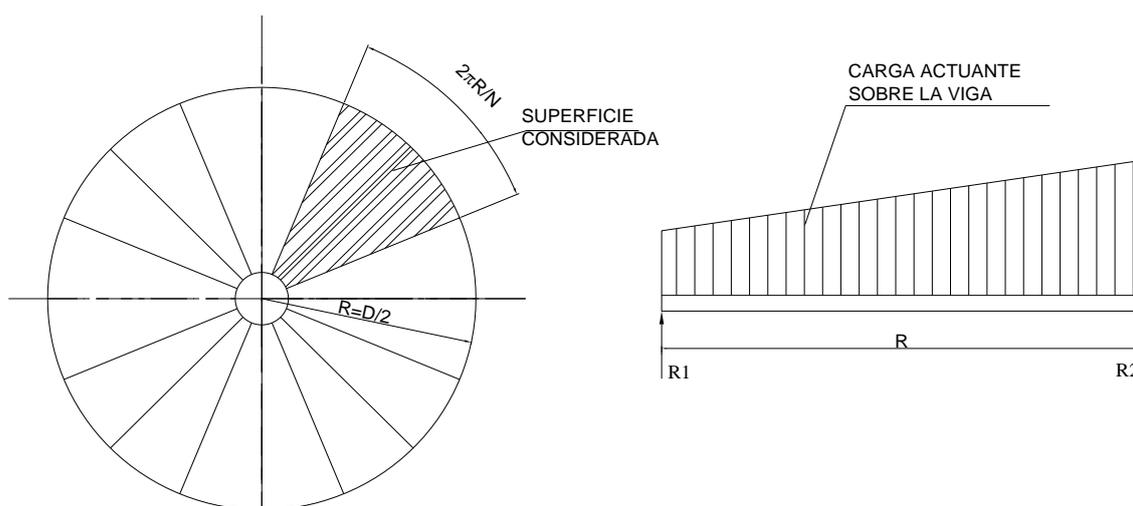


Figura 2.29. Disposición de áreas y cargas en las correas del techo.²⁸

Donde:

- R_1 Reacción en la columna central.
- R_2 Reacción en la Cartela.
- R radio nominal del tanque.

La superficie considerada, S_c que es el área que va a soportar cada correa:

²⁸ BATALLAS /BARRERA. Estandarización de la Estructura para Tanques de Almacenamiento de Techo Cónico. 1994

$$S_c = \frac{2\pi D}{2N} * \frac{D}{4} = \frac{\pi D^2}{4N} \quad (2.9)$$

Donde:

- N es el número de correas seleccionadas, mayor o igual a Nmin

La carga triangular, C_t , que varía debido a la forma en que se ha seleccionado el área de cálculo es igual a:

$$C_t = (C_v + C_m) * S_c \quad [\text{lb}] \text{ o } [\text{Kg}] \quad (2.10)$$

La carga uniforme, C_u , que es la carga debida al peso propio de la correa, es igual a:

$$C_u = P_c * \frac{D}{2} \quad [\text{lb}] \text{ o } [\text{Kg}] \quad (2.11)$$

Donde:

- P_c es el peso por unidad de longitud de la correa [lb/pie] o [Kg/mm] y es un valor supuesto inicialmente, que luego deberá ser verificado.

Se determina el momento máximo, $M_{m\acute{a}x}$, suponiendo las cargas triangular y uniforme así:

$$M_{m\acute{a}x} = [(0,1283 * C_t * D) + (0,125C_u * D)] * 6 \quad [\text{Lb-pulg}] \quad (2.12)$$

$$M_{m\acute{a}x} = [(0,1283 * C_t * \frac{D}{2}) + (0,125C_u * \frac{D}{2})] * 6 \quad [\text{Kg-, mm}] \quad (2.13)$$

Se encuentra el modulo de sección, S definido, S definido a continuación:

$$S = \frac{M_{m\acute{a}x}}{F_{m\acute{a}x}} \quad [\text{pulg}^3] \quad (2.14)$$

Donde, $F_{m\acute{a}x}$ es el esfuerzo máximo admisible igual a 20.000 lb/pulg² (14,06 Kg/mm²), de acuerdo como esta descrito en el literal 3.10.4.4. API ESTÁNDAR 650, Marzo, 2001).

Una vez determinado el tipo de correa a utilizarse se verifica la deflexión, Δy , como se indica:

$$\Delta y = 0,01304 * \frac{C_v * S_c * (6D)^3}{EI} \quad [\text{pulg}] \quad (2.15)$$

$$\Delta y = 0,01304 * \frac{C_v * S_c * \left(\frac{D}{2}\right)^3}{EI} \quad [\text{mm}] \quad (2.16)$$

Donde:

- E = módulo de elasticidad = 29.000.000 lb/pulg² = 20.394 Kg/mm²
- I = momento de inercia de la sección seleccionada pulg⁴ o mm⁴.

Este valor debe ser menor igual al desplazamiento máximo permitido, $\Delta y_{m\acute{a}x}$.

$$\Delta y_{m\acute{a}x} = \frac{12 * D}{480} ; D [\text{ft.}] \quad (2.17)$$

$$\Delta y_{m\acute{a}x} = \frac{D}{480} ; D [\text{mm}] \quad (2.18)$$

A continuación se determina las reacciones en los puntos de apoyo de la correa, de la carga columna central R₁ y carga en la cartela R₂.

$$R_1 = \frac{C_u}{2} + \frac{C_t}{3} \quad [\text{Lb}] \text{ o } [\text{Kg}]$$

(2.19)

$$R_2 = \frac{C_u}{2} + \frac{2 * C_t}{3} \quad [\text{Lb}] \text{ o } [\text{Kg}]$$

(2.20)

El peso neto de las correas es igual a:

$$P_n = C_u * N \quad [\text{Lb}] \text{ o } [\text{Kg}]$$

(2.21)

Y por último se calcula la carga máxima aplicada en la columna central provocada por la reacción R_1 , a la que se llamará carga crítica P_{cc} que se determina a continuación:

$$P_{cc} = R_1 * N \quad [\text{Lb}] \text{ o } [\text{Kg}]$$

(2.22)

Este valor obtenido de la ecuación anterior será utilizará como parámetro principal para el diseño de las columnas, en el ítem 2.4.5.

- **CORREAS INTERIORES:**

El diámetro nominal del tanque D se modifica por el diámetro circunscrito de las correas D_{c1} y el número de correas seleccionadas debe estar de acuerdo a lo especificado en el punto anterior.

- **CORREAS INTERMEDIAS:**

El radio (y/o diámetro) del círculo inscrito del o los polígono(s) interior(es), son D_{i1} , D_{i2} respectivamente.

El radio (y/o diámetro) del círculo circunscrito del o los polígono(s) exterior(es), son D_{c1} , D_{c2} respectivamente. El espesor del techo, e .

- **CORREAS EXTERIORES**

El procedimiento de diseño de este tipo de correas es igual al descrito para las correas intermedias tomando en cuenta que el diámetro circunscrito, D_c , se reemplaza con el diámetro exterior del tanque D .

Las cargas que están presentes en el diseño de este tipo de correas son las mismas definidas en el punto 2.4.3.1.1. Diseño de las correas. A continuación se realiza un bosquejo de la distribución de las correas para este tipo de alternativa. Figura 2.30.

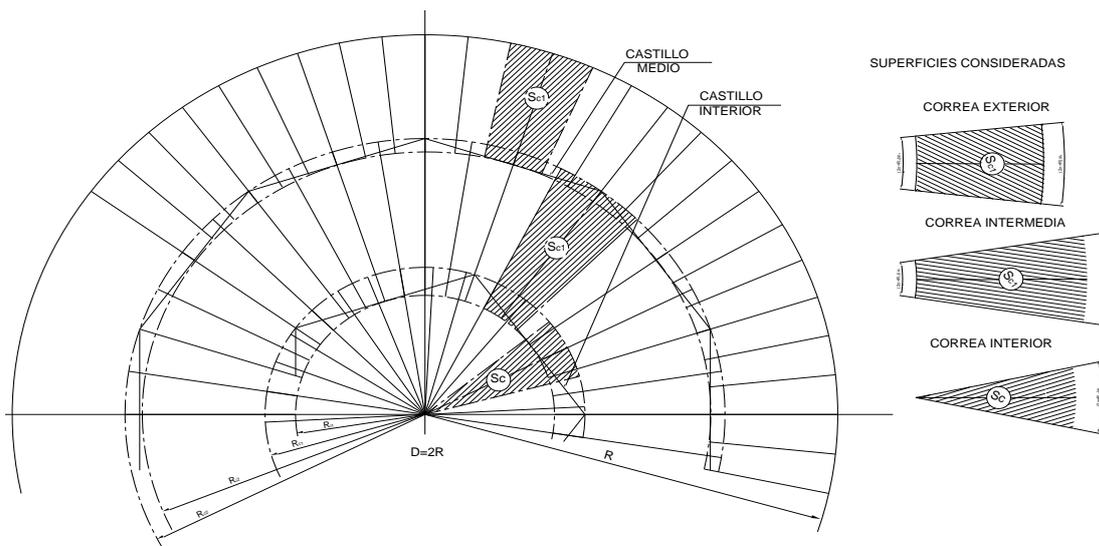


Figura 2.30. Distribución de Correas y Áreas Consideradas.²⁹

El procedimiento de cálculo para estas correas es el siguiente:

El número de correas mínimas a utilizarse en este tipo de estructuras está definido de la siguiente manera:

$$N_{\min} = \frac{\pi D}{2\pi} = \frac{D}{2} \quad ; \quad D \text{ [ft.]} \quad (2.23)$$

$$N_{\min} = \frac{D}{609.6} \quad ; \quad D \text{ [mm]} \quad (2.24)$$

La carga triangular total, C_{tot} , actuante sobre las correas, sin tomar en consideración el peso propio es igual a:

$$C_{tot} = C_v + C_m = 32.65[\text{lb} / \text{pie}^2] \quad (2.25)$$

²⁹ BATALLAS /BARRERA. Estandarización de la Estructura para Tanques de Almacenamiento de Techo Cónico. 1994

Superficie considerada, S_{c1} que es el área que va a soportar cada correa:

$$S_{c1} = \left(\frac{\pi * D_i}{n_1} + \frac{\pi * D_c}{n_1} \right) * \left(\frac{D_c - D_i}{2} \right) \text{ [pie}^2 \text{] o [m}^2 \text{]} \quad (2.26)$$

Donde:

- n_1 es el número de correas intermedias seleccionadas, mayor o igual a n_{\min}
- D_c es el diámetro circunscrito al polígono exterior, [pie, m].
- D_i es el diámetro circunscrito al polígono interior, [pie, m].
- Se utiliza el símbolo S_{c1} para hacer referencia a las correas intermedias

La superficie uniforme, S_u , que produce una carga uniforme sobre la correa, es igual a:

$$S_u = \frac{\pi * D_i}{n_1} * \left(\frac{D_c - D_i}{2} \right) \text{ [pie}^2 \text{] o [m}^2 \text{]} \quad (2.27)$$

La superficie variable S_v , que produce una carga triangular sobre la correa, es igual a:

$$S_v = S_{c1} - S_u \quad \text{[pie}^2 \text{] o [m}^2 \text{]} \quad (2.28)$$

La carga triangular C_{t1} , que actúa sobre la correa debido a la superficie variable es igual:

$$C_{t1} = S_v * C_{tot} \text{ [Lb] o [Kg]} \quad (2.29)$$

La carga uniforme C_{u1} , actuante sobre la correa es igual es igual a:

$$C_{u1} = (S_u * C_{tot}) + P_c * \left(\frac{D_c - D_i}{2} \right) \text{ [Lb] o [Kg]} \quad (2.30)$$

P_c es el peso por unidad de longitud de la correa [lb/pie] o [Kg/mm] y es un valor supuesto inicialmente, que luego deberá ser verificado

Se determina el momento máximo, $M_{m\acute{a}x1}$, superponiendo las cargas triangular y uniforme, y se obtiene la siguiente expresi3n.

$$M_{m\acute{a}x} = [(0,1250 * C_{u1}) + (0,1283C_{t1})] * 6(D_c - D_i) \quad [\text{Lb-pulg}] \quad (2.31)$$

$$M_{m\acute{a}x} = [(0,1250 * C_{u1}) + (0,1283C_{t1})] * \frac{(D_c - D_i)}{2} \quad [\text{Kg-, mm}] \quad (2.32)$$

Con el valor anterior del momento m\acute{a}ximo se puede determinar el m3dulo de la secci3n, S_1 , por definici3n en la ecuaci3n 2.14.

Determinado el m3dulo de secci3n se puede definir un perfil especificado por el fabricante y recalcularlo con el peso por unidad de longitud real; P_{cr1} .

Una vez determinado el tipo de correa a utilizarse se verifica la deflexi3n, Δy_1 como se indica:

$$\Delta y_{m\acute{a}x1} = \frac{5}{384} * \frac{C_v * S_u * [6(D_c - D_i)]^3}{EI} + 0,01304 * \frac{C_v * S_u * [6(D_c - D_i)]^3}{EI} \quad [\text{Pulg}] \quad (2.33)$$

$$\Delta y_{m\acute{a}x1} = \frac{5}{384} * \frac{C_v * S_u * \left(\frac{D_c - D_i}{2}\right)^3}{EI} + 0,01304 * \frac{C_v * S_v * \left(\frac{D_c - D_i}{2}\right)^3}{EI} \quad [\text{mm}] \quad (2.34)$$

Donde:

- E = m3dulo de elasticidad = 29.000.000 lb/pulg² = 20.394 Kg/mm²
- I = momento de inercia de la secci3n seleccionada pulg⁴ o mm⁴.

Este valor debe ser menor igual al desplazamiento m\acute{a}ximo permitido, $\Delta y_{m\acute{a}x1}$

$$\Delta y_{m\acute{a}x1} = \frac{12 * (D_c - D_i)}{480}; \quad D \text{ [ft.]} \quad (2.35)$$

$$\Delta y_{m\acute{a}x1} = \frac{(D_c - D_i)}{480}; \quad D \text{ [mm]} \quad (2.36)$$

A continuaci3n se determina las reacciones en los puntos de apoyo de la correa:

$$R_{11} = \frac{C_u}{2} + \frac{C_t}{3} \quad [\text{Lb}] \text{ o } [\text{Kg}] \quad (2.37)$$

$$R_{21} = \frac{C_u}{2} + \frac{2 * C_t}{3} \quad [\text{Lb}] \text{ o } [\text{Kg}] \quad (2.38)$$

El peso neto de las correas, P_{n1} , va a ser igual a:

$$P_{n1} = P_{cr1} * \left(\frac{D_c - D_i}{2} \right) * N \quad [\text{Lb}] \text{ o } [\text{Kg}] \quad (2.39)$$

2.4.4 DISEÑO DE VIGAS.

En el diseño de las vigas se obtiene las reacciones en los apoyos de las correas, el número y tipo de correas, además al definirse el número de polígonos, se define inmediatamente el número de vigas que tendrá el castillo o jaula, por lo tanto se conoce el número de correas que soportará cada viga $[N_{c/v}]$ Por lo tanto la carga actuante sobre cada viga va ser el valor de la reacción en el extremo de la correa multiplicado por el número de correas actuantes sobre la viga a la que se designará como C_{vg} [lb][Kg].

$$N_{c/v} = \frac{N}{N_p} \quad [\text{Adimensional}] \quad (2.40)$$

$$C_{vg} = N_{c/v} * R \quad [\text{Lb}] \text{ o } [\text{Kg}] \quad (2.41)$$

La carga C_{vg} está definida anteriormente está definida para el caso de que solo existiese una sola reacción, pero realizando el Diagrama de Cuerpo Libre se observa que existen por lo menos dos reacciones, por lo cual se la debe modificar a la siguiente ecuación:

- Para un castillo (correas interiores-exteriores), viga del castillo interior.

$$C_{vg} = \frac{N * R_2}{N_p} + \frac{N_1 * R_{11}}{N_p} \quad [\text{Lb}] \text{ o } [\text{Kg}] \quad (2.42)$$

- Para dos castillos (correas interiores, intermedias, exteriores), viga del castillo interior, y viga castillo medio.

$$C_{vg1} = \frac{N * R_2}{N_p} + \frac{N_1 * R_{11}}{N_p} \quad [\text{Lb}] \text{ o } [\text{Kg}]; \text{ viga castillo interior.} \quad (2.43)$$

$$C_{vg2} = \frac{N * R_{21}}{N_p} + \frac{N_1 * R_{12}}{N_p} \quad [\text{Lb}] \text{ o } [\text{Kg}]; \text{ viga castillo medio.} \quad (2.44)$$

En el punto 2.4.3.1. En la sección de longitudes de vigas se definió:

$$L_{vg1} = 2 * R_{c1} * \text{sen } \alpha \quad (2.45)$$

$$L_{vg2} = 2 * R_{c2} * \text{sen } \beta \quad (2.46)$$

Donde:

- L_{vg1} = longitud de la viga del castillo interior.
- L_{vg2} = longitud de la viga del castillo medio.

Conocidos C_{vg} y L_{vg} , y suponiendo un peso por unidad de longitud de la viga P_{vg} [lb/pie]o[Kg/m], el momento máximo, $M_{m\acute{a}x}$, actuante sobre la viga será:

$$M_{m\acute{a}x2} = \frac{3 * (C_{vg} + P_{vg} * L_{vg}) * L_{vg}}{2} \quad [\text{Lb-pulg}] \quad (2.47)$$

$$M_{m\acute{a}x2} = \frac{1000 * (C_{vg} + P_{vg} * L_{vg}) * L_{vg}}{8} \quad [\text{Kg-mm}], \quad (2.48)$$

Conocido el momento máximo se puede determinar el módulo de la sección, S_2 , de acuerdo a la ecuación (2.14). Se consulta en el manual del AISC, el modulo de sección optimo o superior al obtenido, definida la sección, el valor de P_{vg} ya no es supuesto por lo que se verifica el momento máximo y se verifica la sección, procedimiento que se lo realiza tantas veces sea necesario.

Conocida la viga a utilizarse, se verifica la deflexión de la misma, Δy_2 , como sigue:

$$\Delta y_2 = \frac{5}{384} * \frac{(C_{vg} + P_{vg} * L_{vg}) * (12L_{vg})^3}{EI} \quad [\text{Pulg}] \quad (2.49)$$

$$\Delta y_2 = \frac{5}{384} * \frac{(C_{vg} + P_{vg} * L_{vg}) * (L_{vg})^3}{EI} * 1 * 10^9 \quad [\text{mm}] \quad (2.50)$$

Este valor se lo compara con el valor obtenido en la siguiente ecuación:

$$\Delta y_{m\acute{a}x} = \frac{24 * L_{vg}}{480}; \quad [\text{Pulg}] \quad (2.51)$$

$$\Delta y_{m\acute{a}x} = \frac{L_{vg}}{480}; \quad [\text{mm}] \quad (2.52)$$

Realizando la sumatoria de fuerzas, se determinan las reacciones en los apoyos de la viga, R_{31} y R_{32} , mediante las siguientes expresiones:

$$R_{31} = R_{32} = \frac{C_{vg} + P_{vg} * L_{vg}}{2} \quad [\text{Lb}] \text{ o } [\text{Kg}] \quad (2.53)$$

El valor de las reacciones obtenidas, corresponde a la carga aplicada sobre cada columna que soporta al castillo, P_{cc2} , y que luego será verificada.

2.4.5 DISEÑO DE LAS COLUMNAS.

Una columna es un elemento que trabaja típicamente a compresión, transmitiendo las cargas desde los elementos horizontales (cubiertas y forjados) hasta las cimentaciones. Las técnicas modernas introdujeron dos nuevos materiales para construir columnas: el hormigón armado y el acero laminado.

Existen dos diseños de columnas que API 650 recomienda para el diseño de la Estructura soportante del Techo Cónico:

- Diseño de columnas compuestas por Sección Tabular.
- Diseño de columnas compuestas por dos canales o Columnas Armadas.- El cual se lo utiliza para el presente proyecto por proporcionar mayor resistencia mecánica a la deformación.³⁰

2.4.5.1 Diseño de columnas compuestas por dos canales o Columnas Armadas.

El sistema de columnas armadas involucra 2 canales, preferentemente establecidos en normas o estándares tal como AISC, uno se colocará en forma vertical y otro en la forma horizontal a este. Los mismos que serán adheridos con soldadura en toda la longitud de los canales. Este tipo de columna se utiliza con mayor frecuencia, por proporcionar mayor resistencia mecánica a la deformación.

Propiedades de la Sección:

- Canal vertical
- Canal Horizontal
- Área Total (A_t)
- Peso por unidad de longitud (P_c)
- Eje x-x
Momento de Inercia. (I_{x-x})
Radio de giro (r_{x-x})
- Eje y-y:
Momento de Inercia. (I_{y-y})
Radio de giro (r_{y-y})

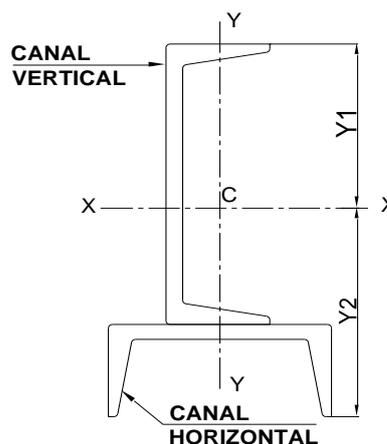


Figura 2.31. Vista Superior de una Columna Armada.³¹

Conocidos los valores y conocida la longitud (L_{cc}), se está en capacidad de diseñar la columna. Se considera, para efectos de diseño, que la columna está simplemente apoyada ($K=1$), por lo que la longitud efectiva L_e es:

³⁰Manual AISC. Décima Edición, Adenda 1.Marzo 2000. Pág. 3-50.Figura 3-9.

³¹ BATALLAS /BARRERA. Estandarización de la Estructura para Tanques de Almacenamiento de Techo Cónico. 1994

$$L_e = \frac{K * L_{cc}}{r_m} = \frac{L_{cc}}{r_m} \quad (2.54)$$

Donde: r_m = menor radio de giro de la sección

- Si $L_e \leq 120$, el esfuerzo permisible C_{ma} , en PSI, es:

$$C_{ma} = \left(1 - \frac{L_e^2}{34.700}\right) * \left(\frac{33.000}{F.S.}\right) \quad (2.55)$$

- Si $120 < L_e \leq 131.7$, C_{ma} , en PSI, es igual a:

$$C_{ma} = \frac{\left(1 - \frac{L_e^2}{34.700}\right) * \left(\frac{33.000}{F.S.}\right)}{\left(1,6 - \left(\frac{L_e}{200}\right)\right)} \quad (2.56)$$

- Si $L_e > 131.7$, el valor de C_{ma} , en PSI, es igual a:

$$C_{ma} = \frac{149.000.000}{L_e^2 * \left[1,6 - \left(\frac{L_e}{200}\right)\right]} \quad (2.57)$$

- El valor del factor de seguridad F.S. definido en las ecuaciones(2.56), (2.57) es equivalente a:

$$F.S. = \frac{5}{3} + \frac{L_e}{350} - \frac{(L_e)^3}{18.300.000} \quad (2.58)$$

- El esfuerzo de compresión que soporta la columna se lo define por la siguiente ecuación:

$$F_c = \frac{P}{A_t} = \frac{P_{cc} + (L_{cc} * Pc)}{A_t} \leq C_{ma} \quad (2.59)$$

- De la ecuación anterior se determina la ecuación utilizada para definir la carga máxima que soporta la columna, P_{ccm} :

$$P_{ccm} = (C_{ma} * A_t) - (L_{cc} * P_c) \quad [\text{Lb}] \quad (2.60)$$

2.4.6 DISEÑO DE LAS BASES.

Las bases de las columnas son diseñadas de manera que provean un soporte adecuado a la columna en su extremo inferior y no permitan el movimiento lateral de las bases. Un esquema típico de un sistema de base utilizado se muestra en la siguiente figura (2.32 - 2.33), tanto para columna armada como para circulares.

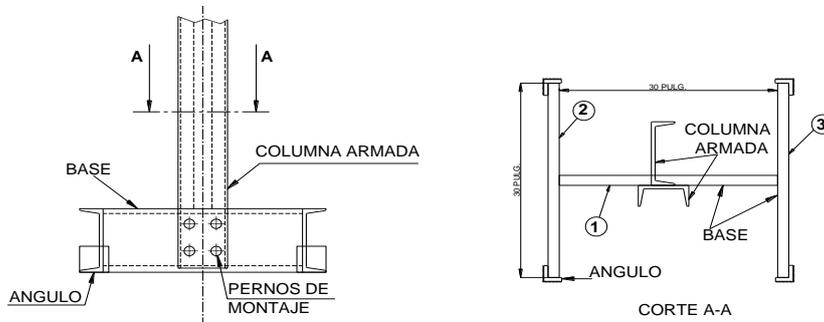


Figura 2.32. Geometría de la base de una columna armada.³²

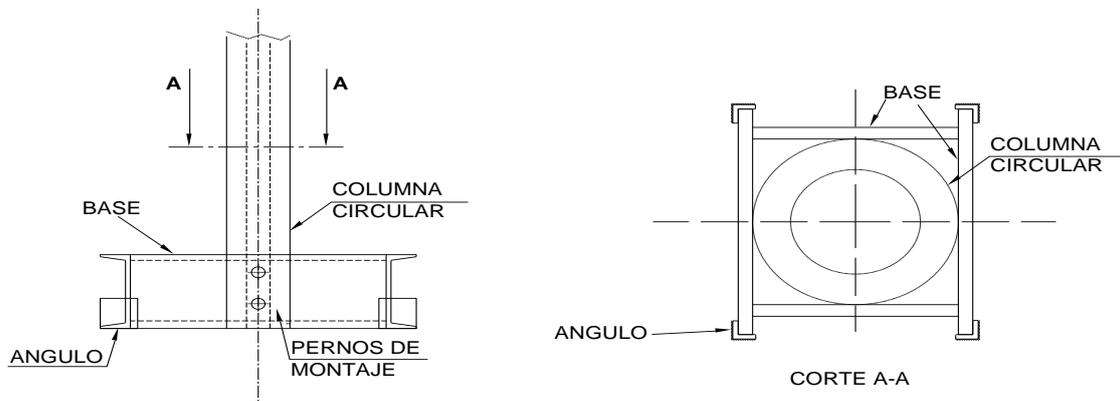


Figura 2.33. Geometría de la base de una columna circular.

La base de las columnas armadas está conformada, por un elemento horizontal (1) y por dos verticales (2) y (3), el canal horizontal de la columna armada se emperna al elemento (1) de la base, mientras que el canal vertical reposa sobre

³² BATALLAS /BARRERA. Estandarización de la Estructura para Tanques de Almacenamiento de Techo Cónico. 1994

el ala del elemento (1), se debe recordar que los canales que forman la columna armada están soldados adyacentemente.

Tabla 2.19. Estandarización de las bases de columnas.³³

PERFIL DE LA BASE	CARGA MÁXIMA [LB]
C 7 # 9,8	17510,4
C 8 # 11,5	23443,2
C 9 # 13,4	33.580,2
C 10 # 15,	42.768,0
C 12 # 20,7	69.204.3

2.4.7 DISEÑO DE LAS CARTELAS.

Los elementos que unen o conectan las correas exteriores de la estructura con el cuerpo o pared del tanque se llaman cartelas, son placas diseñadas para soportar las cargas que generan estas correas. Esquemas de la disposición de estas cartelas sobre el tanque y de carga se muestran en las figuras 2.34 – 2.35 respectivamente:

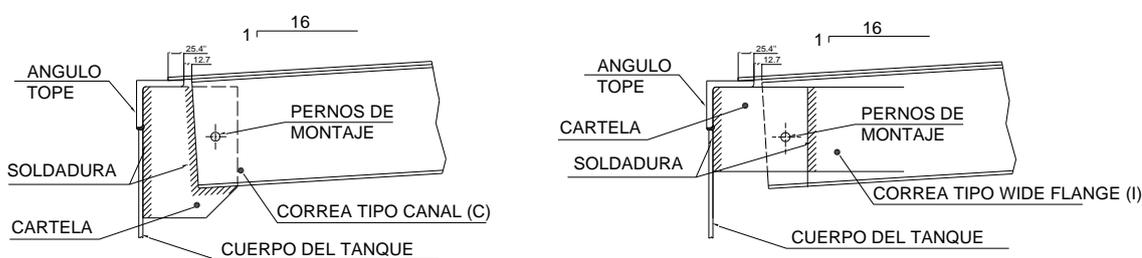


Figura 2.34... Disposición de las cartelas sobre el tanque.

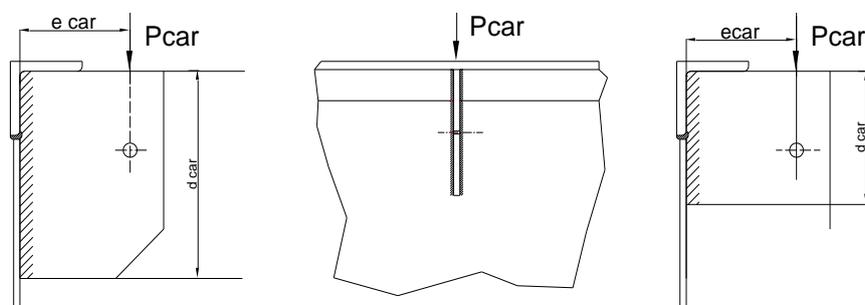


Figura 2.35. Esquema de carga sobre las cartelas.

³³ BATALLAS /BARRERA. Estandarización de la Estructura para Tanques de Almacenamiento de Techo Cónico. 1994

Al observar las figuras anteriores, la soldadura va a soportar una carga excéntrica, debido a que la carga en la cartela no pasa por el centro de gravedad de la soldadura. Esta excentricidad genera un cortante y un momento, por lo que la fuerza actuante sobre la soldadura será la suma de los vectores que generan tanto la fuerza cortante como el momento.

2.4.7.1 Definición geométrica de las cartelas.

Previa a la elaboración de un procedimiento de diseño, se debe definir la geometría de la cartela. La figura 2.36- 2.37. Nos muestra la forma en que se definen estos elementos.

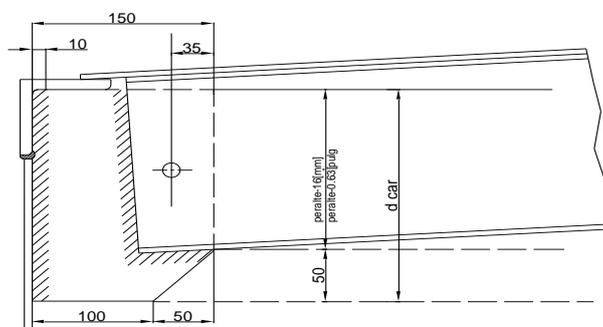


Figura 2.36. Geometría de la cartela para correas tipo canal.

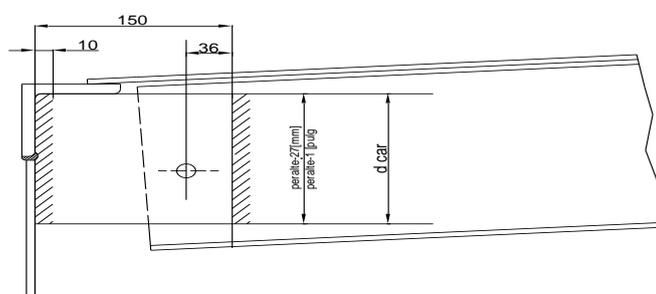


Figura 2.37. Geometría de la cartela para correas tipo ala ancha I.

Donde:

- d_{car} : corresponde a la longitud de la soldadura.
 - Para correas tipo canal (C), $d_{car} = \text{Peralte de la correa} + 34 \text{ m}$.
 - Para correas tipo Wide flange (i), $d_{car} = \text{Peralte de la correa} - 27 \text{ mm}$.
- ϕ = diámetro mínimo del agujero de montaje, cuya carga se la determina tomando el peso propio de la correa por unidad de longitud, con una longitud de 30 ft. (9,144 mm) para correas tipo canal y 40 ft. (12,192 mm).

ara correas tipo I, adicionando 1/16" (1,6 mm) al diámetro, que es el valor recomendado para los agujeros de los pernos.³⁴

Estos valores se pueden ver en la Tabla 2.20.y Tabla 2.21, que se indica a continuación, dependiendo del perfil a utilizarse:

Tabla 2.20. Valores de d_{car} y ϕ para correas Tipo Canal.

TIPO DE CORREA (CANAL)	D_{CAR}		ϕ	
	[mm]	[pulg]	[mm]	[pulg]
C 3 # 4.1	110.2	4.3	6.4	1/4
C 4 # 5.4	135.6	5.3	6.4	1/4
C 5 # 6.7	161.0	6.3	7.9	5/16
C 6 # 8.2	186.4	7.3	7.9	5/16
C 7 # 9.8	211.8	8.3	7.9	5/16
C 8 # 11.5	237.2	9.3	9.5	3/8
C 9 # 13.4	262.6	10.3	9.5	3/8
C 10 # 15.3	288.0	11.3	9.5	3/8
C 12 # 20.7	338.8	13.4	11.1	7/16

Tabla 2.21. Valores de d_{car} y ϕ para correas Tipo Ala Ancha I

TIPO DE CORREA (SECCION I)	D_{CAR}		ϕ	
	[mm]	[pulg]	[mm]	[pulg]
WF 6 # 9	125.4	5.0	9.5	3/8
WF 8 # 10	176.2	7.0	9.5	3/8
WF 10 # 12	227.0	9.0	9.5	3/8
WF 12 # 14	277.8	11.0	11.1	7/16
WF 12 # 16	277.8	11.0	11.1	7/16
WF 14 # 22	328.6	13.0	12.7	1/2

2.4.7.1 Procedimiento de diseño de Cartelas.

Determinado las cargas que transmiten las correas exteriores a las cartelas, carga que se ha designado como carga en cartela y que se abreviará como P_{car} . Esta carga está aplicada excéntricamente en relación al centro de gravedad de la soldadura y crea un momento M_{car} igual a la carga P_{car} multiplicado por el brazo de excentricidad e_{car} .

³⁴ AISC. MANUAL OF STEEL CONSTRUCTION. EIGHTH EDITION, New York 1982. Tabla I-D. Pág 4-5

Las diferentes componentes aplicadas a las soldaduras son tratadas como cargas por pulgada lineal de soldadura. De este modo, el esfuerzo cortante uniforme por pulgada de longitud debida a la carga aplicada es:

$$f_1 = \frac{P_{car}}{2 * d_{car}} \quad [\text{Lb/pulg}] \text{ o } [\text{Kg/mm}] \quad (2.61)$$

El esfuerzo máximo, cortante por pulgada de soldadura debido al momento es igual a:

$$f_m = M_{car} * \frac{c}{I} = \frac{P_{car} * e_{car}}{S} \quad (2.62)$$

Donde: S es el módulo de sección = I/c.

Se define la distancia al centro de gravedad como $c = d_{car}/2$ y el momento de inercia como $I = d_{car}^3/12$ (momento de inercia de la unión soldada a filete), por lo que el módulo de sección es:

$$S = \frac{I}{c} = \frac{d_{car}^2}{6} \quad (2.63)$$

El cortante máximo por pulgada de longitud debido al momento es:

$$f_m = \frac{\frac{P_{car}}{2} * e_{car}}{\frac{d_{car}^2}{6}} = \frac{3 * P_{car} * e_{car}}{d_{car}^2} \quad [\text{Lb/pulg}] \text{ o } [\text{Kg/mm}] \quad (2.64)$$

Establecidas las relaciones para las dos componentes, la resultante es:

$$f_R = \sqrt{(f_1)^2 + (f_m)^2} \quad [\text{Lb/pulg}] \text{ o } [\text{Kg/mm}] \quad (2.65)$$

Dependiendo de la resistencia del tipo de electrodo a utilizarse, y conocido el valor de f_R , se puede seleccionar el tamaño de la soldadura con ayuda de la siguiente tabla:

Tabla 2.22. Resistencia del electrodo.³⁵

³⁵ AISC, Structural Steel Detailing, Pág 6-22.

RESISTENCIA DEL ELECTRODO (KSI)	F_v (KSI)	F_R (KIP/IN.LINEAL)
60	18.0	0.796D
70	21.0	0.928 D
80	24.0	1.061 D
90	27.0	1.193 D
100	30.0	1.326 D
110	33.0	1.458 D

Donde:

- F_v , es el esfuerzo cortante permisible de la soldadura.
- f_R , está basado en la dimensión normal de la raíz.
- D, tamaño de la soldadura por 1/16, en in.
- Kips= Klb/in (carga /unidad lineal).

Haciendo referencia a la tabla 2.23, se puede determinar el espesor mínimo de la cartela, de manera que, se evita sobreesfuerzo en el metal base:

Tabla 2.23. Espesor mínimo t en pulgadas de material, para balancear la carga de tensión y cortante inducida por soldaduras de filete de penetración normal³⁶

TIPO DE ELECTRODO		GRADO 60, $F_v=18\text{KSI}$									
M A T E R I A L U N I O N	Tamaño Soldadura (in.)	1/8	3/16	1/4	5/16	3/8	7/16	1/2	5/8	3/4	1
	Tensión: $F_t = 20.0$	0.16	0.24	0.32	0.40	0.48	0.56	0.64	0.80	0.96	1.27
	Cortante: $F_v = 13.0$	0.25	0.37	0.49	0.61	0.74	0.86	0.98	1.23	1.47	1.96
	Tensión: $F_t = 22.0$	0.15	0.22	0.29	0.36	0.43	0.51	0.58	0.72	0.87	1.16
	Cortante: $F_v = 14.5$	0.22	0.33	0.44	0.55	0.66	0.77	0.88	1.10	1.32	1.76
	Tensión: $F_t = 25.2$	0.13	0.19	0.25	0.32	0.38	0.44	0.51	0.63	0.76	1.01
	Cortante: $F_v = 17.0$	0.19	0.28	0.38	0.47	0.56	0.66	0.75	0.94	1.12	1.50
	Tensión: $F_t = 27.0$	0.12	0.18	0.24	0.30	0.35	0.41	0.47	0.59	0.71	0.94
	Cortante: $F_v = 18.0$	0.18	0.27	0.35	0.44	0.53	0.62	0.71	0.88	1.06	1.42
	Tensión: $F_t = 30.0$	0.11	0.16	0.21	0.27	0.32	0.37	0.43	0.53	0.64	0.85
Cortante: $F_v = 20.0$	0.16	0.24	0.32	0.40	0.48	0.56	0.64	0.8	0.96	1.27	

Nota: la soldadura está especificada para procesos distintos al arco sumergido.

³⁶ AISC, Structural Steel Detailing, Anexo 6, Pág 6-A5.

2.4.8 DISEÑO DEL DISCO CENTRAL.

La parte superior de la columna está formada por un disco sobre el que se apoyaran las correas, el mismo que está diseñado para soportar las cargas que generan éstas y que se lo define como una placa de sección circular. Un esquema de la disposición de este disco se puede ver en la siguiente figura 2.38.

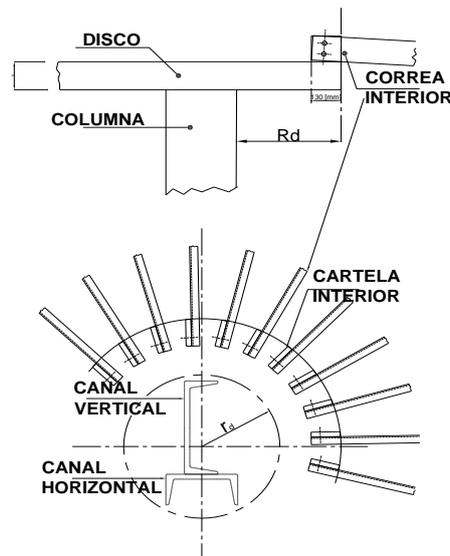
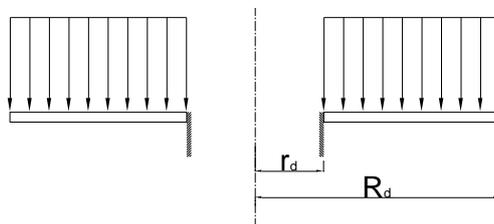


Figura 2.38. Disposición del disco de la columna central

2.4.8.1 Procedimiento de cálculo del disco.

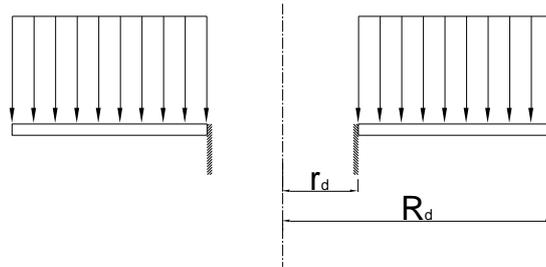
Para poder definir el diámetro y espesor del disco a utilizarse se necesita conocer la altura y el diámetro del tanque. Los esquemas de cálculo de placas a utilizarse se muestran en las figuras 2.39 (a y b), y su aplicación dependerá del radio de la placa.



$$\sigma_{\max} = Kq \frac{R_d^2}{h}$$

$$q = \frac{P_{cc}}{A_c}$$

(a). Discos de radio menor a 381 mm.



$$\sigma_{\max} = Kq \frac{R_d^2}{h}$$

$$q = \frac{P_{cc}}{A_c}$$

(b). Discos de radio mayor a 381 mm.

Figura 2.39. Esquema de cálculo para Disco Central.

Conocidos estos datos se puede definir el procedimiento de cálculo del disco como sigue

2.4.8.1.1 Determinación del radio exterior de la placa R_d .

El radio del disco se lo determina en base a la siguiente ecuación:

$$R_d = \frac{N * (b_f + 1,2)}{2\pi} + 13 \text{ [cm]} \quad (2.66)$$

Donde:

- R_d = radio exterior del disco, en cm., no menor al radio de la columna mas 2,5 cm.
- N = número de correas seleccionadas.
- b_f = ancho del patín a utilizarse, en cm.

Tabla 2.24. Valor del ancho del patín de correas Tipo Canal C.

.ANCHO PATIN C.		
Tipo Correa Interior	b_f [pulg]	b_f [cm]
C 3 # 4.1	1,41	3,5814
C 4 # 5.4	1,584	4,02336
C 5 # 6.7	1,75	4,445
C 6 # 8.2	1,92	4,8768
C 7 # 9.8	2,09	5,386
C 8 # 11.5	2,26	5,7404
C 9 # 13.4	2,433	6,17982
C 10 # 15.3	2,6	6,604
C 12 # 20.7	2,942	7,47268

2.4.8.1.2 Determinación del radio interior de la placa r_d .

El radio interior del disco es una función del tipo de columna a utilizarse. Para columnas tubulares el radio interior es el radio exterior del tubo, y para secciones armadas se define al radio interior del disco como la distancia desde el centro de gravedad de la sección al extremo del perfil.

2.4.8.1.3 Determinación del espesor de la placa.

Para determinar el espesor de la placa tenemos las siguientes condiciones:

1. Si $R_d < 381$ mm. (15 pulg), se utiliza el esquema de la figura 2.39 (a), y el espesor del disco se define por:

$$h = \sqrt{1.5 * \frac{K * P_{cc} * R_d^2}{\sigma_{perm} * A_c}} \text{ [cm]} \quad (2.67)$$

Donde:

- h = Espesor del disco [cm]
- P_{cc} = Carga en la columna central, [Kg]
- σ_{perm} = esfuerzo permisible = $0,6 F_y$, [Kg/cm²]
- A_c = Área calculada = $\pi * (R_d^2 - r_d^2)$ [cm²].
- K = Constante que se determina en base a la relación R_d/r_d , de la siguiente tabla:

Tabla 2.25. Calculo de la relación R_d/r_d , para $R_d < 381$ mm

R_D/R_D	1.25	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0
K	0.135	0.410	1.040	2.150	2.990	3.690

2. Si $R_d > 381$ mm. (15 pulg), se utiliza el esquema de la figura 2.39 (b), y el espesor del disco se define por:

$$h = \sqrt{1.5 * \frac{K * P_{cc} * R_d^2}{\sigma_{perm} * A_c}} \text{ [cm]} \quad (2.68)$$

Donde:

- h = Espesor del disco [cm]
- P_{cc} = Carga en la columna central, [Kg]
- σ_{perm} = esfuerzo permisible = $0,6 F_y$, [Kg/cm²]
- A_c = Área calculada = $\pi * (R_d^2 - r_d^2)$ [cm²].

- K' = Constante que se determina en base a la relación R_d/r_d , de la siguiente tabla:

Tabla 2.26. Calculo de la relación R_d/r_d , para $R_d > 381$ mm.

R_D/R_D	1.25	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0
K'	0.122	0.336	0.740	1.210	1.450	1.590

2.5 SISTEMA CONTRAINCENDIOS.

Las instalaciones de protección contra incendios en determinados tipos de edificios requieren el almacenamiento y distribución de agua hasta puntos cercanos a las zonas habitadas para su uso en caso de un posible fuego accidental. Dichos sistemas por definición, mantienen el agua estancada hasta el momento de uso.

El sistema contra incendios consta básicamente de un tanque de reserva de agua, una estación de bombas, una red de tuberías de distribución de agua a presión, un conjunto de hidrantes, monitores, cajas y gabinetes de manguera para suministro de agua y de un conjunto de extintores manuales y rodantes (Fig.2.40)



Figura. 2.40. Tanque de reserva de agua.

Descripción del sistema de bombeo (Fig. 2.41):

- Una Bomba diesel de 300 gpm (galones por minuto), con potencia 75 HP (Horse Power, 1HP=746 watts), esta tiene motor diesel, funciona cuando no existe energía eléctrica, es decir funciona cuando no hay luz. Succión de la bomba (entrada) es de 8", la descarga (salida), es de 6".
- Una Bomba eléctrica de 300 gpm (galones por minuto), con potencia 50 HP (Horse Power, 1HP=746 watts), esta tiene motor eléctrico, esta es la bomba principal. Succión de la bomba (entrada) es de 8", la descarga (salida), es de 6".
- Una Bomba Jockey de 50 gpm (galones por minuto), con potencia 10 HP (Horse Power, 1HP=746 watts), esta tiene motor eléctrico. Succión de la bomba (entrada) es de 1 1/2", la descarga (salida), es de 1 1/4".



Figura. 2.41 Caseta de Bombas

Un cuarto de tableros eléctricos donde se encuentra el tablero de distribución y el tablero de fuerza y control, oficinas de atención al cliente, un sistema contra incendios de operación manual (Fin 2.42).



Figura. 2.42. Tablero de Distribución Principal y caseta de Bombas

2.5.1 EVOLUCIÓN TÉCNICA

El fuego ha sido, a la vez un elemento imprescindible y un potencial enemigo tradicional de las viviendas y lugares de trabajo del ser humano.

Desde la antigüedad, en las ciudades siempre se ha dispuesto de diversos medios más o menos sofisticados para la lucha contra los incendios accidentales, tradicionalmente se disponía de grupos de bomberos a los que se confiaba dicha labor. A principios del siglo XX, se comenzó a instalar sistemas mecánicos de detección y extinción de incendios que basaban su funcionamiento en el almacenamiento de agua y su descarga automática o manual en caso de emergencia.

2.5.2 DESCRIPCIÓN

Los sistemas de protección contra incendios constituyen un conjunto de equipamientos diversos integrados en la estructura de los edificios. La protección contra incendios se basa en dos tipos de medidas:

- Medidas de protección pasiva.
- Medidas de protección activa.

2.5.2.1 Medidas de protección pasiva.

Son medidas que tratan de minimizar los efectos dañinos del incendio una vez que este se ha producido. Básicamente están encaminadas a limitar la distribución de llamas y humo a lo largo del edificio y a permitir la evacuación ordenada y rápida del mismo. Algunos ejemplos de estas medidas son:

- Compuertas en conductos de aire.
- Recubrimiento de las estructuras (para maximizar el tiempo antes del colapso por la deformación por temperatura).
- Puertas cortafuegos.
- Dimensiones y características de las vías de evacuación.
- Señalizaciones e iluminación de emergencia.
- Compartimentación de sectores de fuego.

2.5.2.2 Medidas de protección activa.

Son medidas diseñadas para asegurar la extinción de cualquier conato de incendio lo más rápidamente posible y evitar así su extensión en el edificio. Dentro de este apartado se han de considerar dos tipos de medidas:

a) Medidas de detección de incendios, que suelen estar basadas en la detección de humos (iónicos u ópticos) o de aumento de temperatura.

b) Medidas de extinción de incendios, que pueden ser manuales o automáticos:

- Manuales: Extintores, Bocas de incendio equipadas (BIE), Hidrantes, Columna seca.
- Automáticos: Dotados de sistemas de diversos productos para extinción:
 - Agua (Sprinklers, cortinas de agua, espumas, agua pulverizada).
 - Gases (galones (actualmente en desuso), dióxido de carbono).
 - Polvo (Normal o polivalente).

Según los usos y dimensiones de los locales, existen unas exigencias reglamentarias específicas en cuanto a la obligatoriedad de mantener un cierto volumen de agua almacenada para casos de emergencia.

2.5.2.2.1 *Sistemas Manuales: Bocas de incendio equipadas (BIE) y los hidrantes.*

En la figura 2.43, se observa un esquema simplificado de este tipo de instalaciones, donde se aprecia el depósito (1), el sistema de bombeo (2) y la red de distribución de agua (3) dentro del edificio. También se observa la conexión de los circuitos interiores al aporte directo de agua de la red pública de suministro (4). Y una posible conexión a un camión cisterna, que pudiera suministrar agua extra en caso de ser necesario (5).

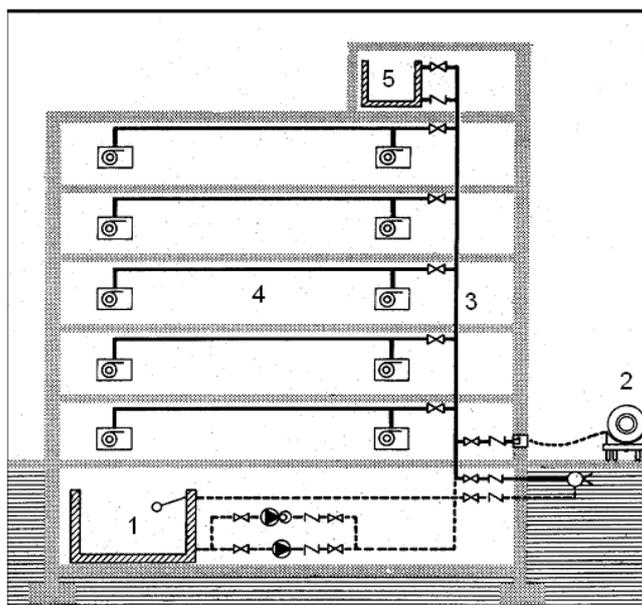


Figura 2.43. Sistemas Contraincendios Manuales

2.5.2.2.2 *Sistemas Automáticos: Sprinklers (rociadores), cortinas de agua o sistemas de agua pulverizada*

En el caso de sistemas automáticos, la descripción de las instalaciones (figura 2.44) es similar al caso anterior de sistemas manuales, pero en este caso se incorpora un presostato (6), que envía una señal a una centralita (7) que activa las bombas,

(8) en caso necesario. Si se produce un incendio la salida de agua, se realiza por el elemento rociador final (9).

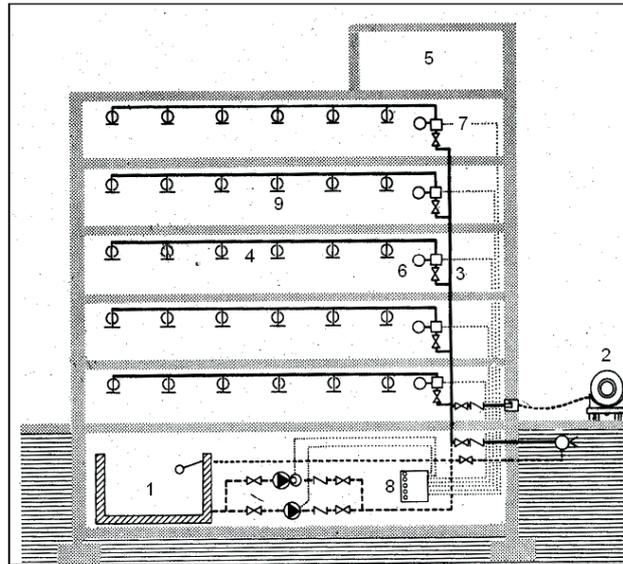


Figura 2.44. Sistemas Contraincendios Automatizados

2.5.3 SISTEMA SCADA

El sistema SCADA constará básicamente de lo siguiente:

- Dos computadores (Estaciones de Trabajo) para control y supervisión del Terminal.
- Paquetes de programas.
- Red de comunicación redundante.
- Tres impresoras para eventos y alarmas.
- Un Impresora Color.
- Controlador Lógico Programable y una unidad remota.

El sistema de control está basado principalmente en el uso de dos estaciones de trabajo (una trabajando como primaria y otra como secundaria) cargada con programas de aplicación para supervisión y control. A través de diagramas mímicos en los monitores de video, el operador podrá monitorear, supervisar y controlar las operaciones de recepción, almacenamiento y despacho. En caso de falla de la computadora principal entrará en servicio la secundaria.

Entre las estaciones de trabajo y los equipos de campo, se instalará un PLC (Controlador de Lógica Programable) aprobado para operación segura, cuyos módulos de entrada, salida, interface y de comunicaciones se conectarán con los equipos de medición de flujo de las islas de carga, computador de flujo y

calibración de la línea de entrada al Terminal (Fase 2), Sistema de Inventario de tanques, sistema de detección de incendios y demás instrumentos de campo. Todas las secuencias de control serán programadas y almacenadas en el PLC que controlara la parte de procesos, además, el Terminal contara con un PLC dedicado a las tareas de seguridad, es decir, detección de incendios y sus elementos asociados.

Cada bomba está prevista de un selector para operación remota/local y una botonera de arranque/parada y luces de señalización. La operación desde el campo está estrictamente restringida para situaciones de emergencia ó para efectos de mantenimiento.

La estructura general del sistema de control está diseñada de tal manera que haya suficiente autonomía para que puedan funcionar los equipos localmente cuando haya algún problema con el Sistema de Control de Supervisión.

Para facilitar las operaciones de recepción y coordinar las actividades de llenado del Terminal, se dispondrá de un sistema de comunicaciones de radio.

Para facilitar las operaciones de alineamiento de bombas y tanques, las válvulas motorizadas serán controlados desde el PLC, mediante un lazo de comunicaciones de " 2 hilos ".

2.5.4 RECEPCIÓN DE PRODUCTOS

Desde el cuarto de control en coordinación vía radio con el personal de la Estación del Complejo Industrial Shushufindi, podrá decidir el momento de ingreso del producto al almacenamiento, con la ayuda de la instrumentación instalada en la entrada del mismo. El producto pasa por un sistema de medición a fin de ser cuantificado y medido.

En la línea de entrada se instalan válvulas de alivio de presión. Transmisores de presión, válvulas motorizadas cuya función principal será de cierre de emergencia en caso de siniestro.

Para la medición del producto se ha previsto trenes de medición compuesto de:

- Válvula
- Filtro
- Medidor de flujo tipo Coriolis (másico)
- Válvula de alivio térmico
- Calibrador de Medidores

Estas señales irán a una computadora de flujo en el cuarto de control para su indicación, medición y totalización. La información de las computadoras de flujo será integrada al sistema SCADA mediante una red de comunicaciones.

Los medidores de flujo serán de exactitud de +/- 0,15 % y +/- 0,02 % de repetitividad.

2.5.5 INSTALACION DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS

La instalación del sistema contra incendio permite el monitoreo continuo de las instalaciones a través de detectores de humo, mezclas explosivas, flama y de alarmas sectoriales (botoneras) y disponer en forma automatizada el ataque de un incendio en los sitios de riesgo de los Terminales, Estaciones de bombeo.

El diseño comprende el cálculo y selección de los diferentes equipos, líneas de tuberías para el flujo del caudal de agua, espuma, accesorios, preparación de las especificaciones y la elaboración de los planos.

El flujo de agua a utilizar para abastecer los requerimientos de agua contraincendios en la Terminal se presuriza mediante la acción de las unidades de bombeo localizadas en la sala de bombas contra incendio.

Las unidades de bombeo consisten en un motor eléctrico de velocidad constante y un motor diesel, accionando éstos a bombas centrífugas verticales instaladas en paralelo. Además la instalación de una bomba de presurización de acción intermitente (jockey pump), la cuál se instala en paralelo a las unidades principales. La operación de las unidades de bombeo será en forma automática

mediante el accionamiento de presos tatos instalados en la línea, o en forma manual para operación de pruebas activando el selector a la posición manual y efectuar el arranque desde el propio panel de control de cada bomba. Las bombas también podrán ser accionadas desde el panel central.

A través de toda la estación se ha previsto un sistema de alarma, considerando como punto central el panel de control de fuego localizado en el edificio de control en el cual se ha zonificado la estación e instalado alarmas visuales y audibles que permiten conocer el funcionamiento de todo el equipo en las diferentes zonas. La disposición general de los diferentes equipos está realizada dentro de las normas requeridas para la protección de las estaciones.

La instalación del sistema integral para protección contra incendios comprende los siguientes elementos.

- Bombas principales (La una accionada con motor eléctrico y la otra con motor diesel)
- Bomba de presurización
- Redes de tuberías
- Tableros de Control
- Monitores
- Hidrantes Monitores
- Sistema de detección y alarma
- Casetas de Mangueras con todos sus accesorios
- Extintores portátiles de polvo químico y de CO2
- Extintores sobre ruedas de polvo químico y de CO2
- Sistema de Sprinklers para el enfriamiento de los tanques.
- Detectores de gas y de flama
- Tanque bladder de espuma
- Cámaras de espuma para los tanques de techo flotante
- Generadores de espuma para la inyección sub-superficie
- Sistema de espuma para apagar incendios en la isla de carga

2.5.5.1 Descripción y Procedimientos de Operación del Sistema

Red de agua

El sistema se abastece mediante el bombeo directo desde el reservorio de agua utilizando una tubería de 8" de diámetro en el tramo para la alimentación de la red y de 8" en lo que respecta a la red que circunda todas las áreas de tanques en el

Complejo Industrial Shushufindi. Las unidades de bombeo, que suministran un caudal de 2 750 gpm a una presión de 130 psi, se han previsto bombas verticales de turbina.

Estas bombas suministran la presión necesaria para compensar las pérdidas por fricción en las tuberías en el recorrido a través de la red, y suministrar la presión necesaria para la operación de los equipos.

Por requerimientos de funcionamiento y seguridad de operación se instalan válvulas de alivio de presión, e indicadores de presión en las líneas de descarga de las bombas.

El enfriamiento de los tanques se realiza mediante rociadores y monitores.

En cada tanque se diseña anillos de distribución de agua para enfriamiento donde se instalan SPRINKLERS ubicados en la parte superior del tanque.

En la red de distribución de agua para efectos de enfriamiento de los diferentes tanques, están distribuidos Hidrantes-monitores que son instalados a la intemperie, alrededor de los tanques. Estos tienen un alcance mínimo horizontal de chorro de 35 m a 120 psi de presión y un caudal de 250 gpm.

En la red de agua se instalan válvulas de compuerta con propósito de aislar las diferentes zonas, en caso de existir problema en alguna de ellas.

El abastecimiento de agua para el sistema contra incendio del Terminal se lo realiza con una captación de agua a gravedad desde el sector denominado La Victoria y con un sistema de tubería se transportar el agua hacia la cisterna de agua contra incendio, la misma que tiene una capacidad de 2 630 m³

2.5.5.2 Cuarto de Control

Para la protección de las instalaciones existentes en el edificio de control que incluye la sala de control, equipos de lógica, UPS cargadores, se ha efectuado el lineamiento del sistema de protección contra incendios a base del gas inerte

Emergen, según los requerimientos establecidos por el NFPA. El sistema automático de inundación con gas inerte se activa mediante la excitación simultánea, previa comprobación periódica de los detectores iónicos instalados cerca de las tuberías de descarga.

El sistema consta de dispositivos de bloqueo a fin de que se pueda efectuar trabajos de mantenimiento bajo condiciones de seguridad indispensables.

2.5.5.3 Sistema de Espuma.

Para la protección contra incendio en los tanques se utiliza espuma fluoproteínica, con cámaras de espuma para los tanques de techo flotante y con generadores de espuma para la inyección sub-superficie para los de techo cónico, para el caso de las islas de carga y descarga se utiliza un sistema de espuma a base de Sprinklers ubicados en la parte superior e inferior de la estructura de la isla. El sistema de espuma se lo menciona por ser parte de un sistema más completo, pero no es alcance del presente proyecto.

2.5.6 PRUEBAS.

Las pruebas hidrostáticas de las tuberías del Terminal están de acuerdo con las prácticas normales.

La mínima presión de prueba corresponderá al 125 % de la máxima presión de operación de diseño y el límite superior corresponde al 90 % de la resistencia mínima del punto de fluencia especificado para el componente menos resistente, según ANSI B31.4.

2.5.7 CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS.

Para el diseño del sistema se ha considerado varios escenarios para poder escoger el caso más crítico.

El presente estudio considera los siguientes aspectos fundamentales para el diseño del sistema contra incendio:

- a) Determinación de los requerimientos de agua para enfriamiento.
- b) Determinación de los requerimientos de espuma.
- c) Determinación del equipo requerido.
- d) Dimensionamiento del equipo y de las tuberías de conducción de agua y espuma.

2.5.7.1 **Determinación de los requerimientos de agua para enfriamiento.**

Se utilizará para el enfriamiento de los tanques, un sistema que consiste en lo siguiente: Cuando se está incendiando un tanque, se le enfría totalmente a este tanque y a los tanques adyacentes se les enfría al área del tanque que está en contacto con el tanque incendiado, es decir la mitad del área de cada tanque en contacto. El enfriamiento se realiza con un sistema fijo de sprinkler montado en los tanques y se considera dos monitores por caso para formar la neblina entre tanques.

2.5.7.2 **Caudales de Aplicación de agua.**

Los requerimientos de agua para enfriamiento para el Terminal son los siguientes:

TANQUES: Referirse a plano de ubicación de monitores y a los lineamientos de MOBIL ENGINEERING GUIDE.

Hasta 60 pies de diámetro: 2 monitores de 250 GPM

De 60 hasta 110 pies de diámetro 3 monitores de 250 GPM

Estos tipos de aplicación de monitores son los que recomienda el fabricante ya que sirven para expulsar agua mezclada con espuma desde una distancia máxima de 50 metros, es decir se encuentran a los alrededores del tanque y son de tipo secundario para el enfriamiento del mismo y son activados manualmente.

ENFRIAMIENTO: 0,1 gpm/pie² para área total de tanque siniestrada más 0,1 gpm/pie para 50 % de área de tanque adyacente mas 2 monitores de 250 GPM, Norma API 2510, sección 8.3.

2.5.7.3 Requerimientos de espuma.

Los requerimientos de espuma para el Terminal son los siguientes:

- TANQUES DE TECHO FIJO: 0,1 GPM/PIE² de superficie libre del tanque. NFPA 11 Sección 3.
- TANQUES DE TECHO FLOTANTE: 0,1 GPM/PIE² de superficie libre del tanque. NFPA 11 Sección 3.

2.5.7.4 Requerimientos de concentrado de espuma.

Los requerimientos de concentrado de espuma son el 3 % de los siguientes requerimientos:

- TANQUES DE TECHO FIJO: 0,1 GPM/PIE² de superficie. Tiempo de aplicación 30 minutos. NFPA 11 tabla 3-3.3
- TANQUES DE TECHO FLOTANTE: 0,1 GPM/PIE² de superficie Tiempo de aplicación 30 minutos NFPA 11 tabla 3-3.3
- ISLAS DE CARGA: 0,16 GPM/PIE² de área de islas de carga. Tiempo de aplicación 10 minutos, NFPA 11 y NFPA 11B.

2.5.7.5 Determinación del equipo requerido.

El sistema tiene los siguientes componentes:

- a) Dos bombas centrifugas, seleccionadas acorde con el NFPA 20; una accionada por motor eléctrico y otra por motor a diesel.
- b) Una bomba JOCKEY para mantener presurizado el sistema.
- c) Válvulas de alivio.
- d) Monitores e hidrantes-monitores estratégicamente localizados para proveer de agua de enfriamiento en las diferentes áreas sujetas a posibles siniestros. Referirse a la implantación de tuberías.
- e) Rociadores o “Water spray nozzles” distribuidos alrededor de tanques.
- f) Tubería para interconectar el sistema de agua de la terminal.
- g) Válvulas de seccionamiento de la red para aislar tramos de tubería con fugas y mantener el sistema siempre operativo.

- h) Un tanque bladder para almacenar espuma de 600 galones de capacidad.
- i) Cámaras de espuma para los tanques de techo flotante y generadores de espuma (foam maker) para inyección sub-superficie para los tanques de techo fijo.
- j) Cajas de mangueras con todos los accesorios, tales como mangueras, llaves de manguera, pitones de niebla etc.
- k) Extintores portátiles y sobre ruedas de polco químico y CO2.

2.5.8 Parámetros a Automatizar.

En base al funcionamiento de los equipos que conforman el sistema contra incendios se identificó los siguientes parámetros a controlar.

- Encendido y apagado de bombas.
- Encendido de Motor de Diesel de la Bomba de Agua. (En caso de no existir Energía Eléctrica).
- Apertura y cierre de la electroválvula Principal de salida de Agua.

Identificados los parámetros a automatizar, se presenta a continuación la arquitectura propuesta para la automatización del Sistema Contra Incendios de la de la empresa particular Petroanaconda.

2.5.9 Diagrama de Unifilar.

De acuerdo al diseño del Diagrama unifilar (Figura 2.37) del sistema contraincendios, se expondrán los niveles que la caracterizan partiendo de los elementos componentes debidamente seleccionados.

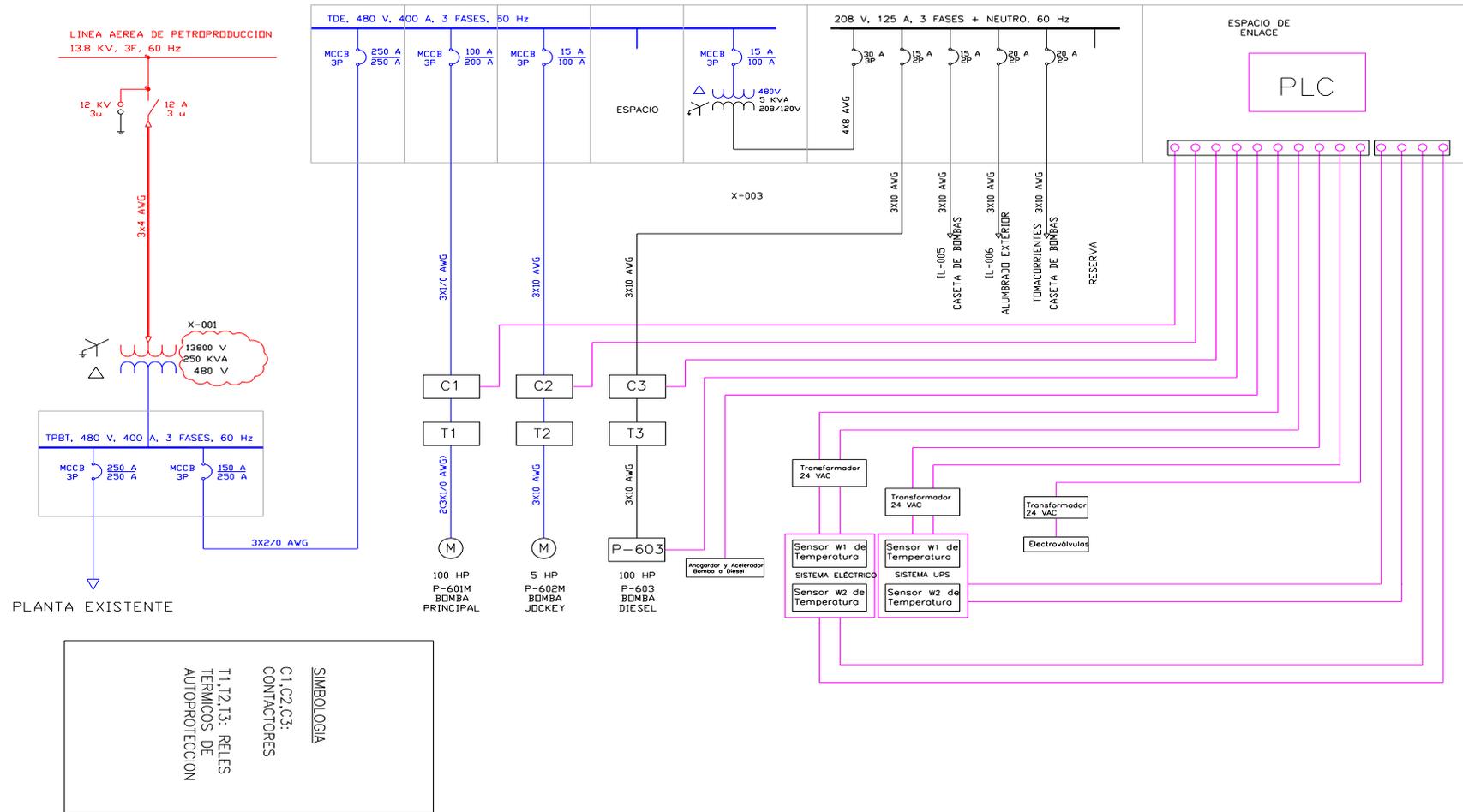


Figura 2.45. Arquitectura para la Automatización del Sistema Contra Incendios

2.5.9.1 Descripción del Diagrama Unifilar y Selección del Equipamiento de Campo.

Diseñado el Diagrama Unifilar para la Automatización del Sistema Contra Incendios, la selección del equipamiento de campo surge como respuesta a las variables identificadas en el sistema contra incendios existente.

Los equipos que conforman este sistema son los siguientes:

- PLC SIMATIC S7-200. Esta nueva versión de MicroWin (V. 4.0 Spet 7) está especialmente diseñada para sacar el máximo partido a las nuevas CPUs (221, 223, 224 y 226) pero permite seguir programando las ya populares S7-21x. con 24 Entradas Digitales, 14 salidas a Relé, 2 salidas a transistor, 1 puerto Ethernet, 1 puerto RS-485, batería externa, fuente interna de 24VDC, reloj de tiempo real, slot para puerto serie, slot para pantalla de programación. La programación se la realiza en el Software SIMATIC S7-200.
- Dos Fuentes de Voltaje Weidmuller de 110VAC a 24VDC con una potencia de 48 Watts y 120Watts, para la alimentación de entradas y salidas del PLC, terminal de operador, actuador eléctrico y luces de señalización.
- Actuador Eléctrico Keystone 220VAC en el sistema de fuerza y 24VDC para el control automático
- Botonera de Parada de Emergencia
- Elementos de protección

2.5.10 Funcionamiento

Al activar el sistema contra incendios se obtendrá los siguientes resultados; apagados y encendidos de bombas (Fig. 2.41 y 2.42), apertura y cierre de la válvula de la tubería de alimentación de agua mediante el actuador eléctrico, encendido del motor a diesel de la bomba de agua (en caso de no existir energía eléctrica). Todo esto con la finalidad de rociar con agua al tanque de almacenamiento (Fig. 2.46), y abastecer a los hidrantes, para combatir de forma rápida cualquier conato de incendio.



Figura 2.46. Funcionamiento de los Sprinklers para el enfriamiento de los tanques.

2.5.11 Programación.

El presente capítulo muestra paso a paso la configuración y programación del sistema para el control de los principales parámetros que intervienen en el sistema contra incendios de la Empresa de almacenamiento de hidrocarburos “Petroanaconda”.

Para la programación del PLC se ha tomado muy en cuenta los requerimientos específicos de la empresa, para de esta manera diseñar la hoja de programación mediante el Software SIMATIC S7-200, en lenguaje Ladder Logic la cual se describe a continuación.

Se explicara detalladamente la programación del PLC.

Primero se han utilizado cuatro entradas y seis salidas digitales las mismas que serán descritas a en cada segmento del programa (Network) a continuación:

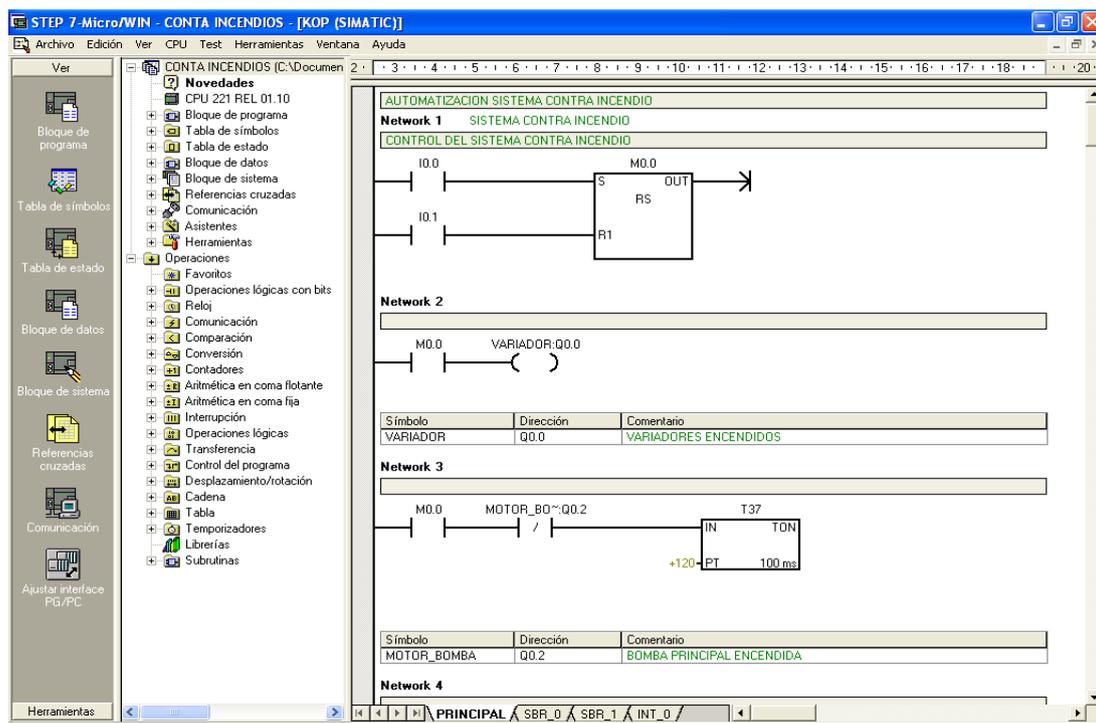


Figura 2.47. Programación de Segmentos (Network 1, 2, 3)

- Network 1:

Una Entrada digital (I0.0), pulsador normalmente abierto que se encuentra en los tanques de almacenamiento (sensor de temperatura) como se muestra en la Figura 2.47 cuando se activa la entrada I0.0 el Relé Auto enclavador (RS) ejecuta la programación; de auto enclavarse (M0.0) y permanecer encendido.

Una Entrada digital (I0.1) la misma que es un pulsador normalmente abierto cuando se activa la entrada I0.1 el Relé Auto enclavador (RS) ejecuta la programación; de resetiarse RESET (M0.0).

- Network 2:

Una Entrada digital (M0.0) pulsador normalmente abierto la misma que se activa (SET) y desactiva (RESET) mediante el RS (Relé Auto enclavador).

Una Salida digital (Q0.0) una bobina de salida, ejecuta la programación; del encendido y el apagado de los variadores de frecuencia de los motores eléctricos.

- Network 3:

Una Entrada digital (M0.0) la misma que se activa (SET) y desactiva (RESET) mediante el RS (Relé Auto enclavador) del Network 1, Ver Figura 2.47.

Pulsador normalmente cerrado (Q0.2) que se encuentra conectado en serie con una entrada digital (M0.0), ejecuta la programación; de dar paso de señal digital mientras no sea activado.

Un Temporizador (T37) es un temporizador con retardo a la conexión, ejecuta la programación; de activarse después del tiempo seleccionado 12 segundos (120ms) Figura 2.47.

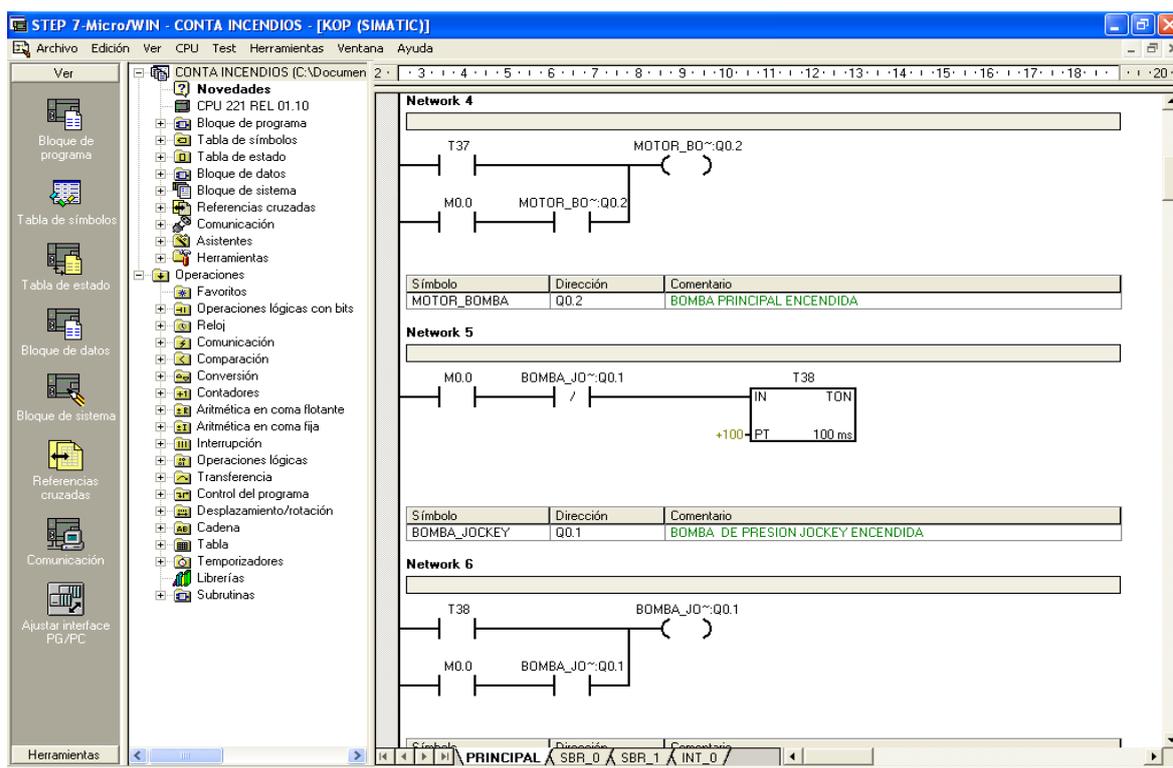


Figura 2.48. Programación de Segmentos (Network 4, 5, 6)

- Network 4:

Una Entrada del Temporizador (T37) es un temporizador con retardo a la conexión, ejecuta la programación; de activarse después del tiempo seleccionado en el temporizador T37 del Network 3 (Fig. 2.47)

Una Entrada digital (M0.0) la misma que se activa (SET) y desactiva (RESET) mediante el RS (Relé Auto enclavador) del Network 1, Ver Fig. 2.47)

Un Pulsador Normalmente Abierto (Q0.2) que se encuentra conectado en serie con una entrada digital (M0.0), ejecuta la programación; de no dar paso de señal digital mientras no sea activado.

Una Salida digital (Q0.2) una bobina de salida, ejecuta la programación; del encendido de la bomba principal mediante el tiempo transcurrido 12 segundos (120ms) del temporizador T37 (Network 3. Figura 2.47) y apagado del mismo, mediante el RESET del Relé Auto enclavador (Network 1. Figura 2.47).

- Network 5:

Una Entrada digital (M0.0) la misma que se activa (SET) y desactiva (RESET) mediante el RS (Relé Auto enclavador) del Network 1, Ver Figura 2.47.

Pulsador normalmente cerrado (Q0.1) que se encuentra conectado en serie con una entrada digital (M0.0), ejecuta la programación; de dar paso de señal digital mientras no sea activado.

Una Temporizador (T38) es un temporizador con retardo a la conexión, ejecuta la programación; de activarse después del tiempo seleccionado 10segundos (100ms) Figura 2.48.

- Network 6:

Un Entrada del Temporizador (T38) es un temporizador con retardo a la conexión, ejecuta la programación; de activarse después del tiempo seleccionado 10 segundos (100ms) Figura 2.48.

Una Entrada digital (M0.0) la misma que se activa (SET) y desactiva (RESET) mediante el RS (Relé Auto enclavador) del Network 1, Ver Figura 2.47.

Pulsador normalmente abierto (Q0.1) que se encuentra conectado en serie con una entrada digital (M0.0), ejecuta la programación; de no dar paso de señal digital mientras no sea activado.

Una Salida digital (Q0.1) una bobina de salida, ejecuta la programación; del encendido de la bomba jockey mediante el tiempo transcurrido del temporizador T38 (Network 5. Figura 2.48) y apagado del mismo, mediante el RESET del Relé Auto enclavador (Network 1. Figura 2.47).

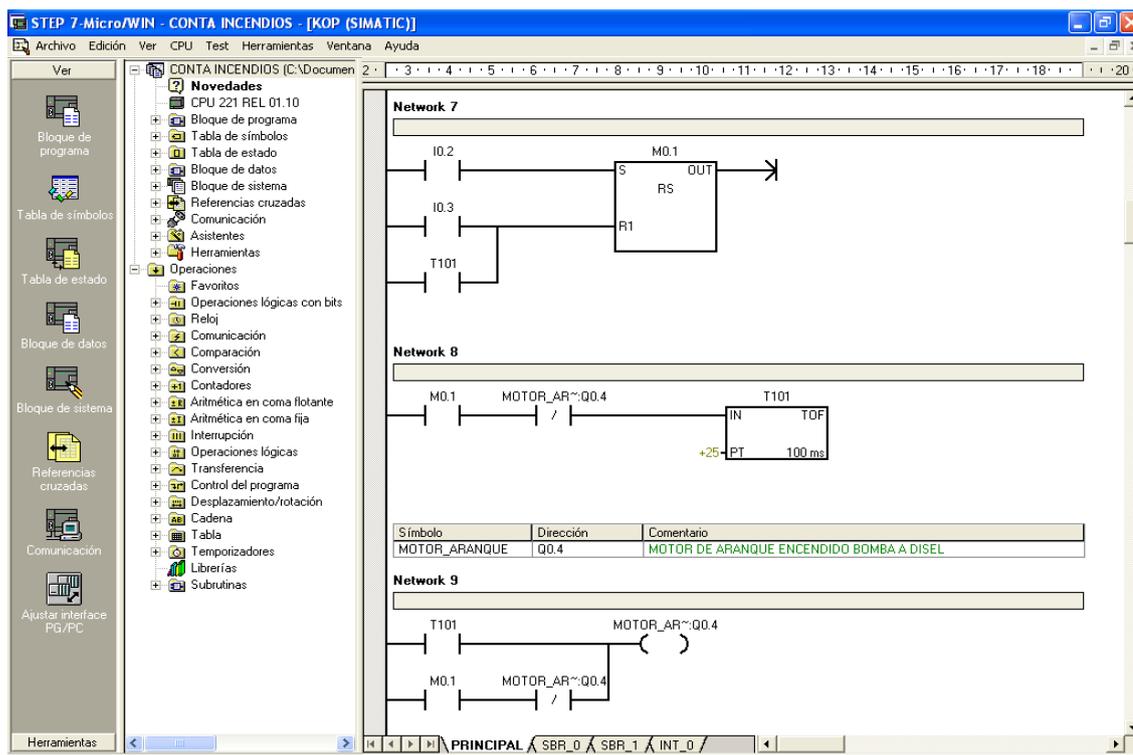


Figura 2.49 Programación de Segmentos (Network 7, 8, 9)

- **Network 7:**

Una Entrada digital (I0.2) un pulsador normalmente abierto entrada I0.2 (Figura 2.49) ejecuta la programación; de activar el relé auto enclavador SET (M0.1) y permanecer encendido.

Una Entrada digital (I0.3) la misma que es un pulsador normalmente abierto cuando se activa la entrada I0.3 el Relé Auto enclavador (RS) ejecuta la programación; de resetiarse RESET (M0.1).

Una Entrada del Temporizador T101 es un temporizador como retardo a la desconexión, ejecuta la programación; de desactivarse después del tiempo seleccionado en el temporizador T101 del Network 8 (Figura 2.49)

- **Network 8:**

Una Entrada digital (M0.1) la misma que se activa (SET) y desactiva (RESET) mediante el RS (Relé Auto enclavador) del Network 7, Ver Figura 2.49.

Pulsador normalmente cerrado (Q0.4) que se encuentra conectado en serie con una entrada digital (M0.1), ejecuta la programación; de dar paso de señal digital mientras no sea activado.

Una Temporizador (T101) es un temporizador como retardo a la desconexión, ejecuta la programación; de desactivarse después del tiempo seleccionado 2.5 segundos (25ms) Figura 2.49.

- Network 9:

Una Entrada del Temporizador (T101) es un temporizador como retardo a la desconexión, ejecuta la programación; de desactivarse después del tiempo seleccionado en el temporizador T101 del Network 8 (Figura 2.49)

Una Entrada digital (M0.1) la misma que se activa (SET) y desactiva (RESET) mediante el RS (Relé Auto enclavador) del Network 7, Ver Figura 2.49.

Un Pulsador Normalmente Cerrado (Q0.4) que se encuentra conectado en serie con una entrada digital (M0.1), ejecuta la programación; de dar paso de señal digital mientras no sea activado.

Una Salida digital (Q0.4) una bobina de salida, ejecuta la programación; del encendido por arrastre del motor de arranque de la bomba a diesel y su desactivación mediante el tiempo transcurrido de 2.5 segundos (25ms) del temporizador T101 del Network 8. Figura 2.49.

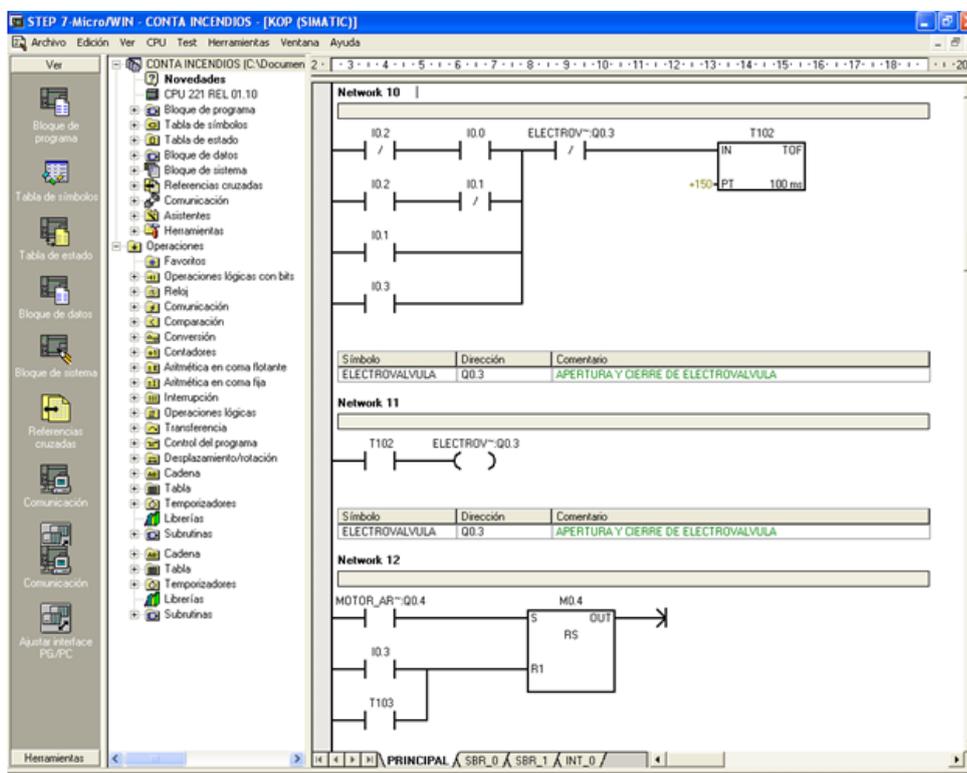


Figura 2.50 Programación de Segmentos (Network 10, 11, 12)

- Network 10:

Durante cada uno de estos procesos ver Figura 2.50.

Una Entrada digital (I0.2) un pulsador normalmente cerrado que se encuentra en serie con un Contacto Normalmente Abierto **(I0.0)** y con un pulsador normalmente cerrado **(Q0.3)** (Figura 2.50), ejecuta la programación; de dar paso de señal digital hacia el Temporizador (T102) cuando la entrada **(I0.0)** sea activada.

Una Entrada digital (I0.2) un pulsador normalmente abierto que se encuentra en serie con dos Contactos Normalmente Cerrados **(I0.1)** y **(Q0.3)**, ejecuta la programación; de dar paso de señal digital hacia el Temporizador (T102) cuando la entrada **(I0.2)** sea activada.

Una Entrada digital (I0.1) un pulsador normalmente abierto que se encuentra en serie con un Contacto Normalmente Cerrado **(Q0.3)**, ejecuta la programación; de dar paso de señal digital hacia el Temporizador (T102) cuando la entrada **(I0.1)** sea activada.

Una Entrada digital (I0.3) un pulsador normalmente abierto que se encuentra en serie con un Contacto Normalmente Cerrado **(Q0.3)**, ejecuta la programación; de dar paso de señal digital hacia el Temporizador (T102) cuando la entrada **(I0.3)** sea activada.

Una Temporizador (T102) es un temporizador como retardo a la desconexión, ejecuta la programación; de desactivarse después del tiempo seleccionado 15 segundos (150ms) Figura 2.50.

- Network 11:

Una Entrada del Temporizador (T102) pulsador normalmente abierto la misma que se desactiva después del Tiempo Programado, Ver Network 10, Figura 2.50.

Una Salida digital (Q0.3) una bobina de salida, ejecuta la programación; del encendido de la electroválvula y su desactivación mediante el tiempo transcurrido de 15 segundos (150ms) del temporizador T102 del Network 10. Figura 2.50.

- Network 12:

Una Entrada digital (Q0.4) un pulsador normalmente abierto entrada I0.4 (Figura 2.50) ejecuta la programación; de activar el relé auto enclavador SET (M0.4) y permanecer encendido.

Una Entrada digital (I0.3) la misma que es un pulsador normalmente abierto cuando se activa la entrada I0.3 el Relé Auto enclavador (RS) ejecuta la programación; de resetiarse RESET (M0.4). Ver Figura 2.50.

Una Entrada del Temporizador T103 es un temporizador como retardo a la desconexión, ejecuta la programación; de desactivarse después del tiempo seleccionado en el temporizador T103 del Network 15 (Figura 2.50)

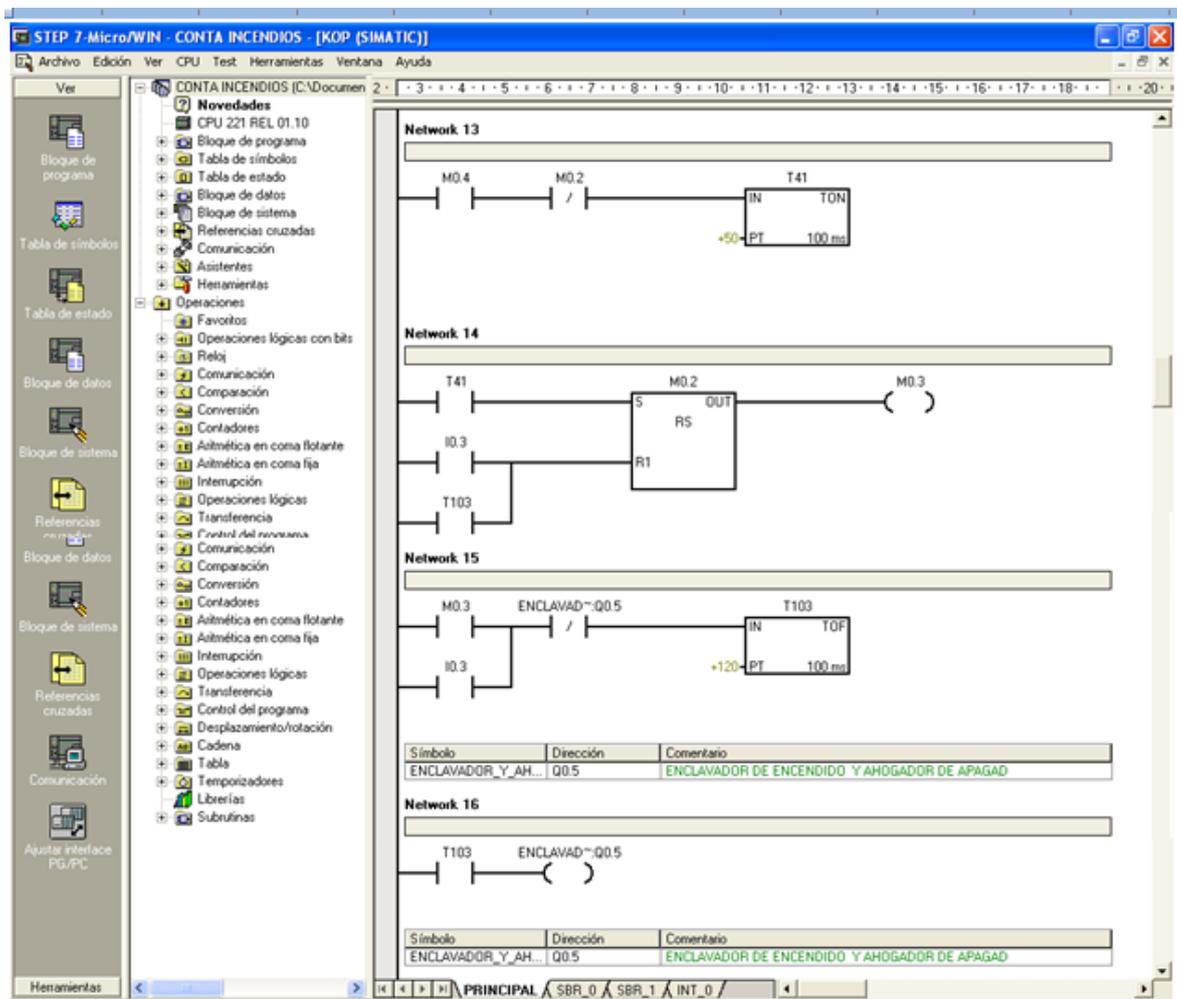


Figura 2.51 Programación de Segmentos (Network 13, 14, 15, 16)

- Network 13:

Una Entrada digital (M0.4) la misma que se activa cuando Motor de arranque de la bomba a diesel (Q0.4) permanece encendida ver Network 12, Figura 2.50.

Pulsador normalmente cerrado (M0.2) que se encuentra conectado en serie con una entrada digital (M0.4), ejecuta la programación; de dar paso de señal digital mientras no sea activado.

Una Temporizador (T41) es un temporizador con retardo a la conexión, ejecuta la programación; de activarse después del tiempo seleccionado 5 segundos (50ms) Ver Figura 2.51.

- Network 14:

Una Entrada del Temporizador (T41) es un temporizador con retardo a la conexión, ejecuta la programación; de activarse después del tiempo seleccionado en el temporizador T41 del Network 13 (Figura 2.51)

Una Entrada digital (I0.3) la misma que es un pulsador normalmente abierto cuando se activa la entrada I0.3 el Relé Auto enclavador (RS) ejecuta la programación; de resetiarse RESET (M0.2).

Una Entrada del Temporizador T103 es un temporizador cono retardo a la desconexión, ejecuta la programación; de desactivarse después del tiempo seleccionado en el temporizador T103 del Network 17

Una Salida Digital (M0.3) es una bobina de salida que es activada cuando el relé auto enclavador M0.2 es activado por el Temporizador T41 y permanecerá encendida mientras no se Resetee.

- Network 15:

Una Entrada digital (M0.3) la misma que se activa cuando el Relé Auto enclavador M0.2 se activa y permanece encendida mientras no se Resetee. Ver Network 14, Figura 2.51.

Una Entrada digital (I0.3) la misma que es un pulsador normalmente abierto cuando se activa la entrada I0.3 el Relé Auto enclavador (RS) ejecuta la programación; RESET (M0.4). Ver Network 12, Figura 2.50.

Pulsador normalmente cerrado (Q0.5) ejecuta la programación; de dar paso de señal digital mientras no sea activado.

Una Temporizador (T103) es un temporizador como retardo a la desconexión, ejecuta la programación; de desactivarse después del tiempo seleccionado 12 segundos (120ms) Ver Figura 2.51.

- Network 16:

Una Entrada del Temporizador (T103) pulsador normalmente abierto la misma que se desactiva después del Tiempo Programado, Ver Network 15, Figura 2.51.

Una Salida digital (Q0.5) una bobina de salida, ejecuta la programación; de apagado de la bomba a diesel mediante ahogamiento y su desactivación mediante el tiempo transcurrido de 12 segundos del temporizador T102 del Network 15. Figura 2.51.

CAPITULO III

3. RESULTADOS

El presente capítulo, muestra la estrategia de diseño utilizada en los Capítulos I, II, Diseño del Cuerpo - Accesorios y Diseño de la Estructura Soportante del Techo, del proyecto de titulación respectivamente, se realiza el ejemplo de cálculo del Tanque de 25000 barriles, realizando así el diseño del proyecto.

3.1 DATOS GENERALES DEL DISEÑO Y CONDICIONES.

- El cuerpo del Tanque está formado por filas circulares de acero a las que se les llama anillos.
- Un anillo es una circunferencia completa, formada por placas roladas de acero.
- La altura de un anillo será igual para las restantes.
- Los anillos se enumeran desde abajo hacia arriba.
- Altura del Tanque $H = 7314.6$ mm (24 pies), Diámetro = 26724.7 mm (88 Pies) y Capacidad = 3937.5 m³ (25000 Barriles).
- Método de diseño para espesores del cuerpo será Punto Fijo o un Pie por ser el diámetro del tanque menor a 60 m (200 pies).
- Ancho de la placa a utilizar será de 1830mm (6 pies o 72 pulgadas).
- Temperatura del metal, basado en la temperatura ambiente, $T_{\text{máx}}$ de operación 90°C.
- Gravedad específica del líquido a almacenarse $G = 1$.
- Sobre espesor de corrosión admisible puede ser de hasta 1/16 de pulgada o cero.
- Materiales para las placas será A283M Grado C.
- Esfuerzo de Diseño (S_d) = 20000 Psi.
- Esfuerzo de Prueba Hidrostática (S_t) = 22500 Psi.

3.2 CÁLCULO DE LOS ESPESORES DEL CUERPO.

Para el cálculo de cada uno de los anillos se lo realizará mediante el método de punto fijo o un pie de acuerdo al Apéndice A. (Estándar API 650, Sección A-1):

3.2.1 CÁLCULO PARA EL PRIMER ANILLO.

Espesor por condiciones de diseño:

$$t_d = \frac{2.6 * D * (H - 1)G}{S_d} + CA$$

$$t_d = \frac{2.6 * 88 * (24 - 1) 1}{20000} + 1/16 = 0.3256 \text{ in } (8.27\text{mm.})$$

Espesor por prueba hidrostática.

$$t_t = \frac{2.6 * D * (H - 1)}{S_t}$$

$$t_t = \frac{2.6 * 88 * (24 - 1)}{22500} = 0.233 \text{ in } (5.9\text{mm.})$$

Una vez obtenido los valores de esfuerzo de diseño e hidrostática se escoge el de mayor valor, por lo tanto $t_d = 0.3256 \text{ in}$ este será el espesor del Primer Anillo.

3.2.2 CÁLCULO PARA EL SEGUNDO ANILLO.

Espesor por condiciones de diseño:

$$t_{2d} = \frac{2.6 * 88 * (18 - 1) 1}{20000} + 1/16 = 0.256 \text{ in } (6.5\text{mm})$$

Espesor por prueba hidrostática:

$$t_{2t} = \frac{2.6 * 88 * (18 - 1)}{22500} = 0.172 \text{ in } (4.36\text{mm})$$

Una vez obtenido los valores de esfuerzo de diseño e hidrostática se escoge el de mayor valor, por lo tanto $t_{2d} = 0.256 \text{ in}$ este será el espesor del Segundo Anillo.

3.2.3 CÁLCULO PARA EL TERCER ANILLO.

Espesor por condiciones de diseño:

$$t_{3d} = \frac{2.6 * 88 * (12 - 1) 1}{20000} + 1/16 = 0.188 \text{ in (4.7mm.)}$$

Espesor por prueba hidrostática.

$$t_{3t} = \frac{2.6 * 88 * (12 - 1)}{22500} = 0.111 \text{ in (2.8mm.)}$$

Una vez obtenido los valores de esfuerzo de diseño e hidrostática se escoge el de mayor valor, por lo tanto $t_{3d} = 0.188 \text{ in}$ este será el espesor del Tercer Anillo.

3.2.4 CÁLCULO PARA EL CUARTO ANILLO.

Espesor por condiciones de diseño:

$$t_{4d} = \frac{2.6 * 88 * (6 - 1) 1}{20000} + 1/16 = 0.1197 \text{ in (3 mm)}$$

Espesor por prueba hidrostática:

$$t_{4t} = \frac{2.6 * 88 * (6 - 1)}{22500} = 0.0508 \text{ in (1.2mm)}$$

Una vez obtenido los valores de esfuerzo de diseño e hidrostática se escoge el de mayor valor, por lo tanto $t_{4d} = 0.1197 \text{ in}$ este será el espesor del Cuarto Anillo.

En la Tabla 3.1 Se muestra un pequeño resumen de los valores de espesores calculados por Método de Punto Fijo, para tanque de 88 pies de diámetro, una altura de $H = 24$ pies, de 4 anillos y cada anillo de 6 pies de ancho,

Tabla 3.1. Espesores seleccionados.

ANILLO	ESPESOR CÁLCULADO	ESPESOR SELECCIONADO
Primer Anillo (desde el fondo)	0.325 in. (8.2 mm.)	0.375 in. (9.52 mm.)
Segundo Anillo	0.256 in. (6.5 mm.)	0.375 in. (9.52 mm.)
Tercer Anillo	0.188 in. (4.7 mm.)	0.25 in. (6.35 mm.)
Cuarto Anillo (ultimo anillo)	0.119 in. (3.0 mm.)	0.25 in. (6.35 mm.)

3.3 SELECCIÓN DEL ESPESOR Y ANCHO DE LAS LÁMINAS DEL FONDO DEL TANQUE.

Las laminas del fondo del tanque deben tener un espesor nominal de 6.35 mm (1/4") libre del espesor de corrosión, dependiendo del cliente este espesor tendrá un valor de cero o 1.58 mm. (1/16 in).

$$e = 1/4" + CA$$

$$e = 1/4" + 1/16" = 5/16" (7.93 \text{ mm.})$$

3.3.1 Calculo del espesor del fondo del tanque.

Según la norma API 650, se establece que el espesor de las láminas del fondo, deben resistir de forma mínima, la presión ejercida en el primer anillo colocado en la base del tanque. Según esta afirmación, se procede a calcular la presión y sus respectivas tensiones ejercidas:

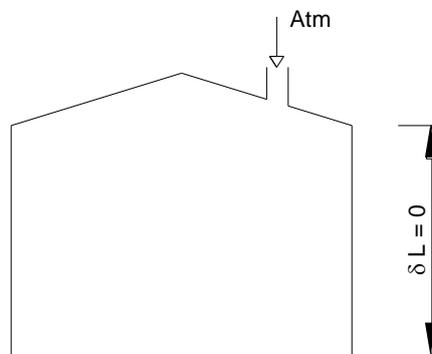


Figura 3.1 Tanque Atmosférico

- En el tanque no existen tensiones longitudinales considerables debido a que la parte superior está relativamente abierta o a la atmósfera, puesto que contienen boquillas que la conectan con el exterior.
- En el fondo del tanque se encuentran los valores máximos de tensión producidos por la presión estática, por lo que es considerada la base del

diseño. La altura de llenado es de 7.3 metros, el diámetro 26.7 metros, y el peso específico 800 Kg/m³.

Ahora se determina la presión hidrostática:

$$P = \rho * h * g$$

P = Presión hidrostática.

H = Altura máxima del liquido.

P = Peso específico.

G = Gravedad.

$$P = 800 \frac{Kg}{m^3} * 7.3 m * 9.8 \frac{m}{s^2}$$

$$P = 57232 \frac{N}{m^2} (Pa) = 0.584 \frac{Kg}{cm^2}$$

Como esta presión es hidrostática, actúa en todas las direcciones con la misma intensidad, y en particular radialmente, contra la pared interior del depósito.

La tensión tangencial en cualquier parte del fondo del tanque esta dada por:

$$\sigma_T = (P * r) / t \quad \text{ó} \quad (P * D) / 2t$$

La tensión admisible del material seleccionado para este tipo de tanques según la norma API 650 es 22500 Psi, con este parámetro calculamos el espesor.

$$\sigma_{Ad} \geq (P * D) / 2t$$

σ_{Ad} = Tensión admisible.

P = Presión hidrostática.

D = Diámetro.

t = Espesor de la lamina.

En esta norma se refiere al esfuerzo permisible en prueba hidrostática, para tanques de este tipo, entonces:

$$\sigma_{Ad} \geq (P * D) / 2h \quad \rightarrow \quad \sigma_{Ad} = 22500 \text{ lb/pulg}^2 = 1583.8 \text{ Kg/cm}^2$$

De donde:

$$1583.8 \frac{Kg}{cm^2} = \frac{0.584 \frac{Kg}{cm^2} * 26.72 m * \frac{100 cm}{1 m}}{2 H}$$

$$H = \frac{0.584 \frac{Kg}{cm^2} * 26.72 m * \frac{100 cm}{1 m}}{2 * 1583.8 \frac{Kg}{cm^2}}$$

$$H = 0.4927 cm$$

El valor de H será considerado como el espesor mínimo recomendado para el piso o fondo del tanque; este valor en planchas comerciales es:

$$H = 0.4927 cm \quad \succ \quad 3/16'' (0.4762 cm)$$

Entonces:

$$H \approx 1/4'' (0.635 cm).$$

Por ultimo, cabe mencionar que la norma API 650, considera un espesor adicional por efectos de corrosión 1/16'' (0.1587 cm), de acuerdo a esto tenemos:

$$t_F = t + CA = 0.635 cm + 0.1587 cm$$

$$t_F = 0.79 cm \approx 5/16''$$

La Plancha Final tendrá un espesor igual a 5/16'' (7.93 mm).

3.4 SELECCIÓN DEL ESPESOR Y ANCHO DE LAS LÁMINAS DEL TECHO DEL TANQUE.

Para el seleccionamiento de las laminas del Techo del tanque deben tener un **Espesor Nominal de 4.7mm (3/16'')** libre del espesor de corrosión, dependiendo del usuario este espesor tendrá un valor de cero o (1/16 in).

$$e = 3/16'' + CA$$

$$e = 3/16'' + 1/16'' = 1/4'' (6.35 mm.)$$

El espesor de las láminas del techo del tanque es de 1/4'' (6.35mm), con un ancho nominal de 72 in (1800mm) con una longitud comercial que el fabricante obtenga en el mercado.

3.4.1 Cálculo del espesor del techo del tanque.

En el caso del techo el espesor mínimo debe ser mayor o igual a 5 mm su ecuación según API 650, cualquier tolerancia requerida por corrosión se deben agregar a este espesor nominal. La tensión nominal máxima a soportar es no menor a 2,5 Psi.

$$P = \frac{2,5lb}{pulg^2} \times \frac{1,0132 \times 10^5 Pa}{14,7 PSI}$$

$$P = 17231,3 \frac{N}{m^2}$$

Con esta tensión y al esfuerzo admisible del material sometido a trabajo, determinamos el espesor mínimo permisible. Al igual que en el caso del fondo del tanque, calculamos la resistencia a las fuerzas tangenciales en la envoltura mas cercana al techo. Ase tenemos:

$$h = \frac{P * D}{2 \delta_T} = \frac{17231,3 \frac{N}{m^2} * 26,72 \text{ m}}{2 * 155212400 \frac{N}{m^2}}$$

$$h = 1,5 \times 10^{-3} m \geq 1,5 mm$$

Debido a que el techo es de tipo soportado es suficiente este espesor. Pero la norma recomienda espesores $\geq 5mm$, debido a que es comparado por placas soldadas Entonces se acogerá esa ecuación, siendo el espesor seleccionado de 3/16".

3.5 SELECCIÓN DE ACCESORIOS DEL TANQUE

3.5.1 MANHOLE PARA EL CUERPO

Selección del diámetro de manhole para el cuerpo.

Para la selección de manhole para el cuerpo se utiliza la figura 2.6, además se utilizará un manhole de diámetro de 24 pulgadas (609.6 mm.) recomendado por API 650, se utilizará un solo manhole del cuerpo por tanque, o lo que el cliente disponga, pero se recomienda que para tanques mayores a 200 pies se monte al menos 2 manhole.

Selección para manhole del cuerpo de 24 pulgadas (609.6 mm.)

De acuerdo al diámetro de manhole seleccionado y a normas API 650 se obtienen los siguientes accesorios:

- Se usara **28 pernos de $\frac{3}{4}$ de pulgada** de diámetro y para agujeros una perforación de **$\frac{7}{8}$ de pulgada de diámetro.**
- Manhole de 24 "de diámetro, Empaque de: 29 $\frac{3}{8}$ " OD X 24" ID X $\frac{1}{8}$ " espesor.
- Mínima altura desde base tanque hasta centro agujero de manhole será **30 pulgadas.**
- De la tabla 2.5. Ingresando con la máxima altura del nivel del liquido $h= 24$ pies (altura del tanque por seguridad), se escoge en la columna 1, $H= 27$ y se interseca con las columnas que contengan manhole 24 in. Obteniéndose **Espesor de la tapa $t_c=7/16$ in y Brida $t_f=5/16$ in.**
- De la tabla 2.6. Ingresando con el espesor del primer anillo calculado en la columna 1; $t= 0.375$ in ($\frac{3}{8}$ in), se interseca con las columnas que contengan manhole 24 in. Y se obtiene el **Espesor del Cuello del Manhole del Cuerpo $t_n= 1/4$ in.**
- De la tabla 2.7. Ingresando a la columna 1, con el diámetro del manhole para este caso 24 in de la columna 2 se selecciona **Diámetro del eje del circulo de agujeros $D_b=30 \frac{1}{4}$ in** y de la columna 3 se selecciona **Diámetro de la Tapa del Manhole $D_c= 32 \frac{3}{4}$ in.**

- De la tabla 2.8. Se ingresa con el diámetro del manhole = 24in, y se selecciona: **Diámetro exterior del tubo $D_p=24in$** .Espesor Nominal de la Pared del Tubo de la Boquilla t_n (no se selecciona porque es manhole, recordar que hay que obviar este dato). **Diámetro de la Placa de Refuerzo $D_r=24\ 1/8\ in$** . **Longitud del lado de la placa de refuerzo o diámetro $L=D_o=49\ 1/2\ in$** . **Ancho de la Placa de Refuerzo $W=60in$** . **Mínima distancia desde el cuerpo a la cara de la boquilla $J=12\ in$** . Mínima distancia del fondo del tanque al centro de la boquilla, la misma que puede ser regular **$H_n = 28\ in$ o Tipo baja C o Roscada = $24\ 3/4\ in$** .

3.5.1.1 Comprobación de espesor de la placa principal de accesorios de acceso

1. Manhole Para Cuerpo . _ El manhole es de sección circular , según la norma API 650 al diámetro recomendado para la capacidad del tanque es de 24" (0,6m), este Manhole cuenta con una tapa , también de sección circular y asegurada mediante 28 pernos de $\frac{3}{4}$ " de diámetro a los espesores recomendados según la norma API 650 son las siguientes :

- Espesor de la tapa (**tc**) → 7/16" (11.1125 mm)
- Espesor de la brida (**tf**) → 5/16" (7.9375 mm)
- Espesor máximo del cuerpo de la placa (**t**) → 3/8" (9.525 mm)
- Espesor del Cuello del Manhole del Cuerpo (**tn**) → 1/4" (6.35 mm)

A continuación se comprobaran los espesores mediante la determinación que se soporta en el manhole, de acuerdo a su forma y sus condiciones:

- El centro de manhole se encuentra ubicado a $H_n = 30"$ (0.762 m), desde el fondo del tanque
- Generalmente el espesor de la placa de refuerzo (cuerpo de la placa) es el mismo del primer anillo.

Con estas condiciones se procede a comprobar los espesores.

- ❖ **Presión promedio** sobre el cuerpo del manhole.

$$P = \rho * hc * g$$

$$P = 800 \frac{Kg}{m^3} * (7.3 m - 0.762 m) * 9.8 \frac{m}{s^2}$$

$$P = 51257.92 \frac{N}{m^2}$$

- ❖ **Espesor de la Tapa.**- la tapa es circular y soporta en su sección la presión hidrostática, utilizamos el esfuerzo de diseño de $\sigma_d = 5000$ psi, frente a la sección transversal al corte, Así:

Área interior del Manhole:

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} = \frac{\pi * (0.6096 m)^2}{4} = 0.2918 m^2$$

Fuerza aplicada sobre la tapa de la placa:

$$P = \frac{F}{A} \rightarrow F = P * A = 51257.92 \frac{N}{m^2} * 0.2918 m^2$$

$$F = 14957.06 N$$

De donde:

$$\sigma_{diseño} \geq \frac{F}{AT}$$

$$\frac{14957.06 N}{\pi * D * h_{PT}} \leq 5000 Psi \quad \left(34462585.03 \frac{N}{m^2} \right)$$

$$h_{PT} = \frac{14957.06 N}{34462585.03 \frac{N}{m^2} * \pi * 0.6096 m} \geq 2.26 * 10^{-3} m = 2.26 mm$$

Cabe mencionar que en la placa de la tapa frontal, se montara otras partes soldadas, como agarraderas, orejas de seguro entre otras, estos factores justifican el mayor espesor de la placa.

Espesor de la Brida.- La brida al igual que la tapa frontal esta sometida a los mismos esfuerzos, por lo que su espesor es el mismo que la tapa frontal, también existen las de contorno soldado.

Espesor del Cuerpo de la Placa.- Según la norma API 650 y con lo calculado para el cuerpo del primer anillo envolvente del tanque y de acuerdo con la afirmación de que este espesor de refuerzo es el mismo del primer anillo, tenemos $e = \frac{5}{16}$ ".

Espesor Mínimo del Cuello del Manhole.- El cuello del manhole es cilíndrico por lo que cumple las partes de diseño de cilindros de paredes delgadas, en este caso existen cargas longitudinales (*porque esta parte contiene tapa*) y cargas tangenciales, entonces se calcula el espesor para los dos tipos de cargas y se selecciona el mayor.

Para cargas longitudinales
$$\delta_L = \frac{P \cdot \phi}{4 \cdot hL}$$

Para cargas tangenciales
$$\delta_L = \frac{P \cdot \phi}{2 \cdot hT}$$

$$\delta_L \geq \frac{P \cdot \phi}{4 \cdot hL} \rightarrow \delta_{ad} = \frac{P \cdot \phi}{4 \cdot hL} \rightarrow hL = \frac{P \cdot \phi}{4 \cdot \delta_{ad}}$$

$$\delta_{ad} = 1583.8 \frac{Kg}{cm^2} \quad \delta_{ad} = \frac{P \cdot \phi}{2 \cdot hT} \quad hT = 2hL$$

$$P = 51257,92 \frac{N}{m^2} \rightarrow 0,52304 \frac{Kg}{cm^2}$$

$$hT = \frac{0,52304 \frac{Kg}{cm^2} \cdot \phi \cdot 2}{2 \left(1583.8 \frac{Kg}{cm^2} \right)}$$

$$hT = 0,01cm \quad \rightarrow \quad Ht \geq 0,1mm$$

Los espesores de los accesorios del tanque están sobre dimensionados en sus espesores, con el fin único de poder realizar procesos de soldadura y mecanizados

En consecuencia los demás accesorios también cumplen con la misma observación, ya que están sometidos a menos cargas y esfuerzos.

❖ **Comprobación del número de pernos del manhole del cuerpo.**

La carga aplicada es de 14957,06N y según la norma API 650, en este manhole existen 28 pernos de $\frac{3}{4}$ ". La carga que soporta cada perno es:

$$F_{\text{perno}} = \frac{FT}{\# \text{pernos}} = \frac{14957,06N}{28}$$

$$F_{\text{perno}} = 534,18N$$

El torque recomendado de apriete para estos pernos de acero suave es = 118lb.pulg, para pernos sin lubricación de Acero grado A rosca with wonte con el torque recomendado, se calcula mediante la ecuación siguiente :

$$w = \frac{T}{0,2\phi}$$

$W =$ Carga axial

$T =$ Torque recomendado (118lb.pulg)

$\phi =$ Diametro del nucleo 17mm = 0,67pulg

Entonces:

$$Aw = \frac{118lb.pulg}{0,2(0,67pulg)} = 878,9 \approx 879lb \text{ o } 3912N$$

Con ese valor de tensión, calculamos la fuerza total que soporta cada perno y lo comparamos con el esfuerzo a la cedencia del perno:

$$\delta_{ced} = 4500Psi = 337 MPa.$$

$$F_{T \text{ perno}} = W + F \text{ perno}$$

$$F_{T \text{ perno}} = 534.18 N + 3912 N = 4446.18 N$$

Con esta fuerza y el área del núcleo encontramos el esfuerzo a la tracción de cada perno:

$$A_n = \text{Área del núcleo} = \frac{\pi * Dn^2}{4} = \frac{\pi * (0.017 m)^2}{4}$$

$$A_n = 2.27 * 10^{-4} m^2$$

Esfuerzo a la tracción de cada perno.

$$\delta_T = \frac{F_{T\ perno}}{A_n} = \frac{4446.18 N}{2.27 * 10^{-4} m^2} = 19.54 MPa$$

Se puede observar que al esfuerzo a la tracción aplicado es mucho menor a la permisible:

$$\delta_T \ll \delta_{ced}$$

$$19.54 MPa \ll 337 MPa$$

Por lo que se puede mencionar que los pernos se encuentran sobre dimensionado respecto a la carga, pero se justifica su uso por factores de empaquetamiento de la tapa frente al manhole, que cumple la función de acceso de personal al tanque.

Al igual q en este caso el manhole del techo estaría bajo las mismas condiciones, puesto que no produce esfuerzos mayores.

3.5.2 MANHOLE PARA EL TECHO.

Para la selección de manhole para el techo se utiliza la figura 2.7, similarmente que el manhole del cuerpo se utilizará un manhole de techo de diámetro de 24 pulgadas (609.6 mm.) recomendado por API 650, se utilizará un solo manhole del cuerpo por tanque, o lo que el cliente disponga, pero se recomienda que para tanques mayores a 200 pies se monte al menos 2 manhole.

Selección para manhole del techo de 24 pulgadas (609.6 mm.)

De acuerdo al diámetro de manhole seleccionado y a normas API 650 se obtienen los siguientes accesorios:

- Se usara **28 pernos de ¾ de pulgada** de diámetro y para agujeros una perforación de **7/8 de pulgada de diámetro.**
- De la tabla 2.10. Ingresando a la columna 1, con el diámetro del manhole para este caso 24 in de la columna 1 se selecciona: diámetro del cuello ID

= 24 in; **Diámetro de la placa de la cubierta $D_c = 30$ in; Diámetro de eje del círculo de agujeros de pernos $D_b = 27 \frac{1}{2}$ in; Número de Pernos: 20;** Manhole de 24 pulgadas de Diámetro, **Empaque de: 30 OD X 24" ID X 1/8" espesor. Diámetro exterior de la placa de refuerzo $D_r = 46$ in.**

3.5.3 BOQUILLAS Y BRIDAS PARA EL CUERPO DEL TANQUE.

Selección de Boquillas - Bridas para Cuerpo del Tanque.

Para la selección de boquillas y bridas se utiliza las figuras 2.11 y 2.12, API 650, recomienda que para boquillas de entrada se utilice un diámetro de 8 pulgadas (203.2mm.), mientras que para boquillas de salida se utilizara un diámetro de 6 pulgadas (152.4 mm.), o lo que se acorde a la necesidad del cliente.

Selección para Boquillas – Bridas de Entrada de 8 Pulgadas (203.2mm.)

- Utilizando la tabla 2.8, ingresando con el diámetro de 8 pulgadas se escoge los siguientes datos: Diámetro exterior del tubo **$D_p = 8 \frac{5}{8}$ in.** Espesor Nominal de la pared del tubo de la boquilla **$T_n = 0,5$ in.** Diámetro de la placa de Refuerzo **$D_r = 8 \frac{3}{4}$ in,** Longitud del lado de la placa de refuerzo o diámetro **$L = D_o = 19$ in.** Ancho de la placa de refuerzo **$W = 23 \frac{1}{4}$ in.** Mínima distancia desde el cuerpo a la cara de la boquilla **$J = 8$ in.** Mínima distancia del fondo del tanque al centro de la boquilla, la misma que puede ser regular **$H_n = 13$ in o Tipo Baja C o Roscada = $9 \frac{1}{2}$ in.**
- De la Tabla 2.9. Se ingresa con el espesor del primer anillo calculado en la columna 1; $t = 0.375$ in ($\frac{3}{8}$ in) y se interseca con las columnas obteniéndose: Mínimo espesor tubo de la boquilla **$t_n = 0.5$ in ($\frac{1}{2}$ in).** Valor añadido al diámetro de boquilla para obtener Máximo diámetro de la placa del cuerpo **$D_p = 5/8$ in.** Tamaño del filete de Soldadura A-para boquillas de de mas de 2 pulgadas de **diámetro = $\frac{1}{4}$ in.**
- De la Tabla 2.11. ingresando con el diámetro de 8 pulgadas en la columna 1, se selecciona: Mínimo espesor del borde **$Q = 1 \frac{1}{8}$ in,** Diámetro exterior del borde **$A = 13 \frac{1}{2}$ in,** Diámetro de la cara superior **$D = 10 \frac{5}{8}$ in,** Diámetro del Círculo de pernos **$C = 11 \frac{3}{4}$ in. Numero de agujeros = 8, Diámetro de los Agujeros = $\frac{7}{8}$ Diámetro de los pernos = $\frac{3}{4}$ in. Diámetro taladro tipo Slip **$B = 0.1$ in,** o Diámetro Taladro Tipo Neck **$B_1 = a,$** Mínimo diámetro de punto cubico de soldadura Tipo Slip **$E = b,$** o Mínimo diámetro de punto cubico de soldadura Tipo Neck **$E_1 = c.$****

- Diámetro interior de la tubería $a = 8$ in. Diámetro exterior de la tubería + 2 t_n $b = 8 \frac{5}{8} + 2 (1/2) = 10 \frac{9}{8}$ in y Diámetro exterior de la tubería $c = 8 \frac{5}{8}$ in.

Selección para Boquillas – Bridas de Salida de 6 Pulgadas (152.4 mm.)

- Utilizando la tabla 2.8, ingresando con el diámetro de 6 pulgadas se escoge los siguientes datos: Diámetro exterior del tubo $D_p = 6 \frac{5}{8}$ in. Espesor Nominal de la pared del tubo de la boquilla $T_n = 0,432$ in, Diámetro de la placa de Refuerzo $D_r = 6 \frac{3}{4}$ in, Longitud del lado de la placa de refuerzo o diámetro $L = D_o = 15 \frac{3}{4}$ in. Ancho de la placa de refuerzo $W = 19 \frac{1}{2}$ in. Mínima distancia desde el cuerpo a la cara de la boquilla $J = 8$ in. Mínima distancia del fondo del tanque al centro de la boquilla, la misma que puede ser regular $H_n = 11$ in o Tipo Baja C o Roscada = $7 \frac{7}{8}$ in.
- De la Tabla 2.9. Se ingresa con el espesor del primer anillo calculado en la columna 1; $t = 0.375$ in ($3/8$ in) y se interseca con las columnas obteniéndose: Mínimo espesor tubo de la boquilla $T_n = 0.5$ in ($1/2$ in). Valor añadido al diámetro de boquilla para obtener Máximo diámetro de la placa del cuerpo $D_p = 5/8$ in. Tamaño del filete de Soldadura A-para boquillas de de mas de 2 pulgadas de Diámetro = $1/4$ in.
- De la Tabla 2.11. Ingresando con el diámetro de 6 pulgadas en la columna 1, se selecciona: Mínimo espesor del borde $Q = 1$ in, Diámetro exterior del borde $A = 11$ in, Diámetro de la cara superior $D = 8 \frac{1}{2}$ in, Diámetro del Circulo de pernos $C = 9 \frac{1}{2}$. Numero de agujeros = 8 in, Diámetro de los Agujeros = $7/8$ in, Diámetro de los pernos = $3/4$ in .Diámetro taladrado tipo Slip $B = 0.1$ in, o Diámetro Taladrado Tipo Neck $B_1 = a$, Mínimo diámetro de punto cubico de soldadura Tipo Slip $E = b$, o Mínimo diámetro de punto cubico de soldadura Tipo Neck $E_1 = c$.
- Diámetro interior de la tubería $a = 6$ in. Diámetro exterior de la tubería + 2 t_n $b = 6 \frac{5}{8} + 2 (0.432) = 7 \frac{3}{8}$ in y Diámetro exterior de la tubería $c = 6 \frac{5}{8}$ in.

3.5.4 BOQUILLAS Y BRIDAS PARA EL TECHO DEL TANQUE

Selección de Boquillas - Bridas para el Techo del Tanque.

Para la Selección de boquillas y bridas se utiliza la figura 2.13 y la tabla 2.12, API 650, la cual nos recomienda que para boquillas de techo se utilice un diámetro de 8 pulgadas (203.2 mm.), o lo que se requiera a la necesidad del cliente, no se

diferencia de boquillas de entrada o de salida, porque su función solo es de ventilar para evitar la auto inflamación, aquí se colchan los cuellos de ganso bocas de aforo, etc.

Selección para Boquillas – Bridas del Techo de 8 Pulgadas (203.2mm.)

- Para boquillas regulares del techo. Utilizando la tabla 2.12, ingresamos con el diámetro de 8 pulgadas (Diámetro de la Boquilla) se selecciona: **Diámetro exterior del cuello = 8 7/8 in.** Diámetro del Agujero en la placa de refuerzo del Techo **Dp= 6 in.** Mínima altura de Boquilla **Hr = 18 in.** Diámetro exterior de la Placa de refuerzo **Dr= 8 in.**
- Para boquillas regulares del techo. Utilizando la tabla 2.12, Ingresamos con el diámetro de 8 pulgadas (Diámetro de la Boquilla) se selecciona: **Boquilla NSP = 4 in. Acople = 5 11/32 in.** Diámetro del agujero en la placa de refuerzo del techo **Dp = 11 in.** Diámetro Exterior de la placa de refuerzo **Dr.= 4 in.**

3.5.5 PUERTA DE LIMPIEZA O COMPUERTA DE SEDIMENTOS.

Para la selección del accesorio de limpieza se utiliza la figura 2.13. El procedimiento para la selección de las dimensiones empieza primero determinando el ancho y el alto del acceso de limpieza que se requiere para las diferentes necesidades, con el uso de la tabla 2.12, otro dato de entrada es la altura máxima del nivel del líquido, con estos datos el uso de la tabla 2.13, 2.14, se procede a la selección. Se recomienda utilizar una abertura de 24 x 24 in² (Área o Claro).

Selección Para Accesorio de 24 X 24 in² (Área).

- De la tabla 2.13. Ingresando a la columna 1 y 2, con el dato de la altura y base seleccionada para este caso 24 x 24, se selecciona en el resto de las columnas; Arco del Ancho del Cuerpo de reforzamiento de la placa **W = 72 in.** Radio superior de abertura **r1 = 12 in.** Radio superior de la placa de reforzamiento del Cuerpo **r2 = 29 in.** Distancia de los Pernos **e = 1 1/2 in.** Ancho de la brida (excepto el fondo) **f3 = 4 in.** Ancho del fondo de la brida **f2 = 3 3/4 in.** Espaciamiento de los Pernos Especiales **g = 3 1/2 in.** **Número de Pernos = 36. Diámetro de los pernos = 3/4 in.**

- De la tabla 2.14. Ingresando con la altura nominal del tanque para este caso sería 20 pies porque la altura del tanque es 24 pies e intersecando con la columna 2 se obtiene: **Presión Equivalente 8.7 PSI**, con la columna 5 Mínimo Espesor de Pernos y Placa de cubierta **$t_c = 3/8$ in.** Y con la columna 6 Mínimo Espesor de la Placa de Refuerzo **$t_b = 1/2$ in. (24 x 24 in).**
- De la tabla 2.15. Altura de la Placa de Refuerzo del Tanque **L = 36 in.**

3.5.6 SUMIDERO PARA EXTRACCIÓN DE AGUA O TINA DE LODOS.

Para la selección del sumidero para extracción de agua o tina de lodos se utiliza la figura 2.14 y utilizando la tabla 2.16. Diámetro del sumidero. El tamaño nominal del tubo a utilizar queda a criterio del diseñador o a la necesidad del cliente, se selecciona para el presente proyecto un diámetro de 4 pulgadas, debido a la capacidad (25000 barriles) y el diámetro (88 pies) que presenta dicho tanque.

Selección para Sumidero o Tina de Lodos 4 Pulgada (101.6 mm) de Diámetro de Tubos.

- De la tabla 2.16. ingresando, a la columna Tamaño nominal del tubo con el valor de 4 pulgadas, se selecciona del resto de columnas: Diámetro del sumidero **A = 48 in.** Profundidad del sumidero **B = 24 in.** Distancia desde el centro al cuerpo **C = 6 3/4 pies**, **Espesor de la placa del sumidero $t = 3/8$ in.** **Mínimo Espesor del Tubo = 0.25 in.** **Mínimo Espesor del Cuello de la Boquilla = 0.337 in.**

3.5.7 ESCALERAS – PASAMANOS

Se seleccionaran escaleras circulares la cual se describe a continuación:

- Fabricadas con **Acero A 283 C.**
- Mínima longitud de los escalones o contrahuella es de **24 pulgadas (609.6 mm.).**
- Mínimo ancho del escalón o huella es **r = 8 pulgadas 203.2 mm.).**
- La huella debe ser tipo reja o de material no deslizante (rugoso), el **Angulo Máximo de elevación es 50°.**
- La altura del pasamanos debe estar entre **30 a 34 pulgadas (762 a 889 mm.),** colocando varillas o soporte cada dos escalones.

- La protección del techo o baranda de seguridad tendrá una **Altura de 42 pulgadas (1066.8 mm.) de alto**, las varillas deben estar **Separadas a una distancia máxima de 96 pulgadas (2438.4 mm.)**.
- Peso máximo a soportar 450 kg

Selección del tipo de ángulos a utilizar:

$$M_{flector} = F \cdot d$$

$$M_{max} = 450 \text{ kg} \cdot 0.6096 \text{ m} = 274.32 \text{ Kg} \cdot \text{m} \quad (23809.88 \text{ lb} \cdot \text{pulg})$$

Modulo de sección:

$$S = \frac{M_{max}}{F_{max}} = \frac{23809.88}{20.000} = 1.19 \text{ in}^3$$

Una vez obtenido el modulo de sección se procede a seleccionar el Angulo de L4x4 x5/16"

3.6 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA SOPORTANTE PARA TANQUE DE TECHO CÓNICO, CON ALTURA NOMINAL H = 24 PIES, CAPACIDAD C= 25000 BARRILES, DIAMETRO D= 88 PIES.

El diseño de la estructura se la realizara por la alternativa I-21C.con columna central interior, castillo interior con seis columnas. Figura 2.24 del Capítulo II. Con carga viva = 25 lb/pie²; Carga muerta = 7.65 lb/pie². (API 650).

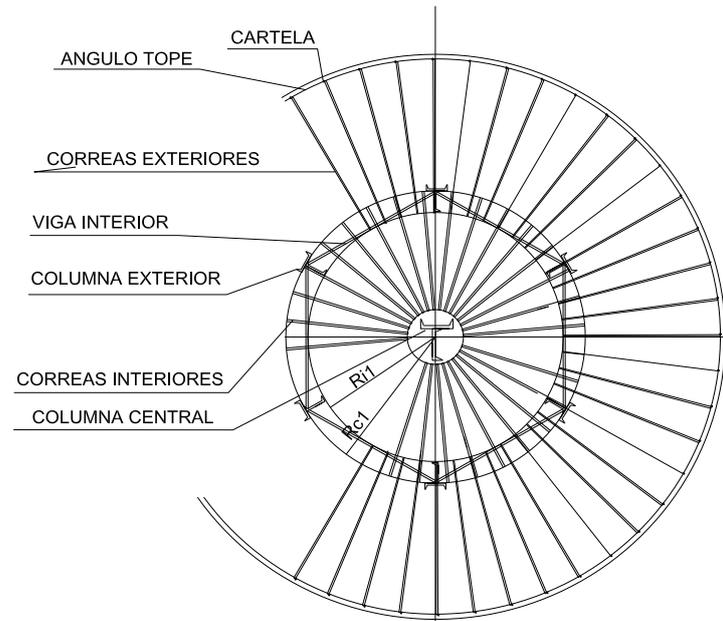


Figura 3.1. Vista Superior Alternativa I-21 (C).

3.6.1 DETERMINACIÓN DEL ANGULO α ; RADIO INSCRITO R_i ; RADIO CIRCUNSCRITO R_c .

- De la Figura 3.1 Castillo Interior 6 Lados.
Lados $N_p = 6$
- $\alpha = 360 / 12 = 30^\circ$
- Radio del tanque $R = 44$ pies (13411.2 mm.).
- Utilizando la Ecuación 2.5. Calculamos el Radio Circunscrito.

Determinación de los ángulos α , Radio Inscrito: R_i ; Radio Circunscrito: R_{c1} .

$$\cos \alpha = \frac{R_i}{R_{c1}} \Rightarrow R_{c1} = \frac{R_i}{\cos \alpha} \quad \rightarrow \quad R_i = \frac{R * \cos \alpha}{(\cos \alpha + 1)}$$

$$R_i = \frac{R * \cos \alpha}{(\cos \alpha + 1)} = \frac{44 * \cos 30}{(\cos 30 + 1)} = 20.42 \text{ pies. (6224 mm.)}$$

$$R_{c1} = \frac{R_i}{\cos \alpha} = \frac{20.42'}{\cos 30} = 23.57 \text{ pies. (7184.13 mm.)}$$

3.6.2 DIMENSIONAMIENTO, SELECCIÓN Y CANTIDAD DE CORREAS.

3.6.2.1 Para Correas Interiores.

- Utilizando la Ecuación 2.7 se selecciona el número de correas interiores $N_p=6$

$$n_{min} = \frac{24 * Np * Rc}{Ic} * \text{sen} \left(\frac{360}{2 * Np} \right)$$

Ic = Espacio mínimo entre correas 66Pulg.

$$n_{min} = \frac{24 * 6 * 23.57}{66} * \text{sen} \left(\frac{360}{2 * 6} \right) = 25.71 \approx 30$$

El Número Mínimo de correas interiores es de 30 por ser un múltiplo del número de lados (Np = 6) del castillo interior.

- Utilizando la Ecuación 2.9. para el diseño y selección el tipo de correa a utilizar se calcula primero la superficie considerada Sc, que es el área que va a soportar cada correa interior. Notar, que Dc reemplaza el valor de D, de la Ecuación DC = 2*Rc1

$$Dc = 2 * Rc_1 = 2 * 23.57 \text{ pies (14.36 m.)}$$

$$S_c = \frac{\pi D^2}{4N} = \frac{\pi * 47.14^2}{4 * 30} = 58.17 \text{ pie}^2 \text{ (5.4 m}^2\text{)}$$

- Utilizando la Ecuación 2.10. se calcula la carga triangular, Ct, que varia debido a la forma en que se ha seleccionado el área de cálculo es igual a:

$$C_t = (C_v + C_m) * S_c$$

$$C_t = (25 \text{ lb/ pie}^2 + 7.65 \text{ lb/ pie}) * 58.17 \text{ pie}^2 = 1899.25 \text{ lb (8448.28 N)}$$

- La Carga Uniforme Cu que soportará la correa será igual a la ecuación 2.11, para el cálculo se asume Pc= 20 lb/pie.

$$C_u = Pc * \frac{Dc}{2}$$

$$C_u = 20 * \frac{47.14}{2} = 471.14 \text{ lb (1724.46 N)}$$

- Se determina el Momento Máximo, Mmax, suponiendo las Cargas Triangular y uniforme con la Ecuación 2.12.

$$M_{max} = [(0.1283 * Ct * Dc1) + (0.125 * Cu * Dc1)] * 6$$

$$M_{max} = 85577.84 \text{ lb-pulg (116028.14 N-m)} \quad M_{max} = [(0.1283 * 1899.25 * 47.14) + (0.125 * 471.14 * 47.14)] * 6$$

- Se calcula el módulo de sección de la ecuación 2.14. según (API 650) $F_{\max} = 20000 \text{ lb/pulg}^2$.

$$S = \frac{M_{\max}}{F_{\max}} \quad \rightarrow \quad S = \frac{85577.84}{20000} = 4.27 \text{ pulg}^3 \quad (7E - 5 \text{ m}^3)$$

- Con el valor calculado del Módulo de Sección mínimo requerido, de la formula anterior se lo compara con los módulos de sección especificados por los fabricantes de perfiles laminados en caliente y se encuentra el inmediato superior, en este caso se trabaja con las tablas proporcionadas por el manual AISC (Anexo 8.1)³⁷.el cual indica el peso por unidad de longitud real, P_{cr} , determinándose además las dimensiones y características generales del perfil.

Según AISC, para $S_{xx} = 4.27 \text{ pulg}^3 \approx S_{xx} = 4.38 \text{ pulg}^3$ que corresponde a un canal **C6 X 8.2** con un peso/unidad de longitud real $P_{cr} = 8.2 \text{ lb/pie}$.

- Con el verdadero valor de $P_{cr} = 8.2 \text{ lb/pie}$, se calcula nuevamente C_u , con Ecuación 2.11.

$$C_u = 8.2 * \frac{47.14}{2} = 193.27 \text{ lb} \quad (707.4 \text{ N})$$

- Para verificación del Momento Máximo se lo vuelve a calcular con el C_u Real en la Ecuación 2.12.

$$M_{\max} = [(0.1283 * C_t * D_c) + (0.125 * C_u * D_c)] * 6$$

$$M_{\max} = [(0.1283 * 1899.25 * 47.14) + (0.125 * 193.27 * 47.14)] * 6$$

$$M_{\max} = 75753.75 \text{ lb-pulg} \quad (102708.44 \text{ N-m})$$

- Se calcula el Módulo de Sección verdadero que tiene que ser necesariamente menor que el canal **C6 X 8.2**. Ecuación 2.14.

³⁷ Manual AISC, Structural Steel Detailing, , Pág 1.51.

$$S = \frac{M_{m\acute{a}x}}{F_{m\acute{a}x}} \rightarrow S = \frac{75753.75}{20000} = 3.78 \text{ pulg}^3 \text{ (} 6.19E - 5 \text{ m}^3 \text{)}$$

Por lo tanto $S < S_{xx} \rightarrow 3.78 \text{ pulg}^3 < 4.38 \text{ pulg}^3$, se selecciona este canal.

POR LO TANTO: CORREAS INTERIORES → CANAL: C6 X 8.2 → NÚMERO DE COOREAS: 30

- Se determina las reacciones en las correas R1 (Hacia el Interior) y R v6 v 2 (Hacia el Exterior). con las ecuaciones 2.19 y 2.20.

$$R_1 = \frac{C_u}{2} + \frac{C_t}{3} \rightarrow R_1 = \frac{193.27}{2} + \frac{1899.25}{3} = 729.71 \text{ lb (} 3243.5 \text{ N)}$$

$$R_1 = \frac{C_u}{2} + \frac{C_t}{3} \rightarrow R_1 = \frac{193.27}{2} + \frac{2 * 1899.25}{3} = 1362.8 \text{ lb (} 6062.03 \text{ N)}$$

- El peso neto de las correas se calcula con la Ecuación 2.21.

$$P_n = C_u * N \rightarrow P_n = 193.27 * 30 = 5798.1 \text{ lb (} 25791.23 \text{ N)}$$

- Se determina la Carga en la Columna Central P_{cc} que es el elemento más crítico del diseño con la ecuación 2.22.

$$P_{cc} = R_1 * N \rightarrow P_{cc} = 729.71 \text{ lb} * 30 = 21891.3 \text{ lb (} 97377.35 \text{ N)}$$

POR LO TANTO: R1 = 729.71 lb (3243.5 N), R2 = 1362.8 lb (6062.03N), CARGA COLUMNA CENTRAL P_{cc} = 21891.3 lbs (97377.35 N) CORREAS INTERIORES.

3.6.2.2 Para Correas Exteriores.

- Utilizando la Ecuación 2.23. Se selecciona el número de correas exteriores.

$$N_{min1} = \frac{\pi D}{2\pi} = \frac{D}{2} \rightarrow N_{min1} = \frac{88}{2} = 44 \approx \mathbf{48 \text{ correas}}$$

El Número Mínimo de correas exteriores es de 48 por ser un múltiplo del número de lados ($N_p = 6$) del castillo interior.

- Utilizando la Ecuación 2.26. para la selección del tipo de correa a utilizar se calcula primero la superficie considerada S_{c1} (exterior), que es el área que

va a soportar cada correa interior, Notar, que de Dc es el valor del diámetro del tanque; D = 88 pies. Mientras que Di es el valor del diámetro inscrito 1 es decir del primer castillo; **Di = 2* Ri = 2*20.42 = 40.84 pies (12.44 m).**

$$S_{c1} = \left(\frac{\frac{\pi * Di}{N_1} + \frac{\pi * Dc}{N_1}}{2} \right) * \left(\frac{Dc - Di}{2} \right)$$

$$S_{c1} = \left(\frac{\frac{\pi * 40.84}{48} + \frac{\pi * 88}{48}}{2} \right) * \left(\frac{88 - 40.84}{2} \right) = 99.5 \text{ pie}^2 \text{ (9.24m}^2\text{)}$$

- Utilizando la Ecuación 2.27. se determina la superficie uniforme , Su, que produce una carga uniforme sobre la correa, es igual a:

$$S_u = \left(\frac{\pi * Di}{N_1} \right) * \left(\frac{Dc - Di}{2} \right)$$

$$S_u = \frac{\pi * 40.84}{48} * \left(\frac{88 - 40.84}{2} \right) = 63 \text{ pie}^2 = 5.85 \text{ m}^2$$

- Utilizando la ecuación 2.28. se calcula la superficie variable, Sv, que produce la carga triangular sobre la correa igual a :

$$S_v = S_{c1} - S_u \quad \rightarrow \quad S_v = 99.5 - 63 = 36.5 \text{ pie}^2 \text{ (3.39 m}^2\text{)}$$

- Utilizando la ecuación 2.29 se calcula la carga triangular C_{t1}, que varía debido a la forma n que se ha seleccionado el área de cálculo es igual a:

$$C_{t1} = S_v * C_{tot}$$

$$C_{t1} = 24.91 * (25 \text{ lb/ pie}^2 + 7.65 \text{ lb/ pie}^2) = 1191.72 \text{ lb (5301.03 N)}$$

- La Carga Uniforme Cu que soportará la correa será igual a la ecuación 2.30, para el cálculo se asume Pc= 20 lb/pie².

$$C_{u1} = (S_u * C_{tot}) + P_c * \left(\frac{D - D_i}{2} \right)$$

$$C_{u1} = (63 * 32.65 \text{ lb/ pie}^2) + 20 \text{ lb/ pie}^2 * \left(\frac{88 - 40.8}{2} \right) = 3000.15 \text{ lb (13345.33 N)}$$

- Se determina el Momento Máximo, M_{\max} , suponiendo las Cargas Triangular y uniforme con la Ecuación 2.31.

$$M_{\max} = [(0.1283 * C_{t1}) + (0.125 * C_{u1})] * 6 * (D - D_I)$$

$$M_{\max} = [(0.1283 * 1191.72) + (0.125 * 3000.15)] * 6 * (88 - 40.84)$$

$$M_{\max} = 149379.23 \text{ lb-pulg} \quad (16877.61 \text{ N-m})$$

- Se calcula el módulo de sección de la ecuación 2.14, según (API 650) $F_{\max} = 20000 \text{ lb/pulg}^2$.

$$S = \frac{M_{\max}}{F_{\max}} \quad \rightarrow \quad S = \frac{149379.23}{20000} = 7.46 \text{ pulg}^3 \quad (1.222E-4 \text{ m}^3)$$

- Con el valor calculado del Módulo de Sección mínimo requerido, de la formula anterior se lo compara con los módulos de sección especificados por los fabricantes de perfiles laminados en caliente y se encuentra el inmediato superior, en este caso se trabaja con las tablas proporcionadas por el manual AISC (Anexo 8.1).el cual indica el peso por unidad de longitud real, P_{cr} , determinándose además las dimensiones y características generales del perfil.

Según AISC, para $S_{xx} = 7.46 \text{ pulg}^3 \approx S_{xx} = 8.14 \text{ pulg}^3$ que corresponde a un canal **C8 X11.5** con un peso/unidad de longitud real $P_{cr} = 11.5 \text{ lb/pie}$.

- Con el verdadero valor de $P_{cr} = 11.5 \text{ lb/pie}$, se calcula nuevamente C_u , con Ecuación 2.30.

$$C_{u1} = (63 * 32.65 \text{ lb/pie}^2) + 11.5 \text{ lb/pie}^2 * \left(\frac{88 - 40.8}{2} \right) = 2328.12 \text{ lb} \quad (10355.99 \text{ N})$$

- Para verificación del Momento Máximo se lo vuelve a calcular con el C_u Real en la Ecuación 2.31.

$$M_{\max} = [(0.1283 * 1191.72) + (0.125 * 2328.12)] * 6 * (88 - 40.84)$$

$$M_{\max} = 125609.53 \text{ lb-pulg} \quad (14293.67 \text{ N-m})$$

- Se calcula el Módulo de Sección verdadero que tiene que ser necesariamente menor que el canal **C6 X 8.2**. Ecuación 2.14.

$$S = \frac{M_{m\acute{a}x}}{F_{m\acute{a}x}} \quad \rightarrow \quad S = \frac{125609.53}{20000} = 6.28 \text{ pulg}^3 \quad (1.029E - 4 \text{ m}^3)$$

Por lo tanto $S < S_{xx} \rightarrow 6.28 \text{ pulg}^3 < 8.14 \text{ pulg}^3$, se selecciona este canal.

POR LO TANTO: CORREAS EXTERIORES → CANAL: C8 X 11.5 → NÚMERO DE COOREAS: 48

- Se determina las reacciones en las correas R1 (Hacia el Interior) y R2 (Hacia el Exterior). con las ecuaciones 2.37 y 2.38.

$$R_{1.1} = \frac{C_u}{2} + \frac{C_t}{3} \quad \rightarrow \quad R_{1.1} = \frac{2328.12}{2} + \frac{1899.25}{3} = 1561.3 \text{ lb} \quad (6945 \text{ N})$$

$$R_{2.1} = \frac{C_u}{2} + \frac{C_t}{3} \quad \rightarrow \quad R_{2.1} = \frac{2328.12}{2} + \frac{1899.25}{3} = 1958.54 \text{ lb} \quad (8712.01 \text{ N})$$

- El peso neto de las correas se calcula con la Ecuación 2.39.

$$P_{n1} = P_C * \left(\frac{D_c - D_i}{2} \right) * N$$

$$P_{n1} = 11.5 * \left(\frac{88 - 40.84}{2} \right) * 48 = 13016.16 \text{ lb} \quad (57898.76 \text{ N})$$

POR LO TANTO: R_{1.1} = 1561.3 lb (6945 N) → R_{2.1} = 1958.54 lb (8712.01 N), P_{n1} = 13016.16 lb (57898.76 N) CARGA EN LA CARTELA. CORREAS EXTERIORES.

3.6.3 Dimensionamiento, Selección y Cantidad de Vigas.

3.6.3.1 Para Vigas Interiores.

- Para un castillo (correas interiores-exteriores), viga del castillo interior, Utilizando la ecuación 2.42:

$$C_{vg1} = \frac{N * R_2}{N_p} + \frac{N_1 * R_{1.1}}{N_p}$$

$$C_{vg1} = \frac{30 * 1362.8}{6} + \frac{48 * 1561.3}{6} = 19304.4 \text{ lb} \text{ (85870.24 N)}$$

- En la sección de longitudes se definió, Ecuación 2.45.

$$L_{vg1} = 2 * R_{c1} * \text{sen } \alpha \quad \rightarrow \quad L_{vg1} = 2 * 23.57 * \text{sen}30 = 23.57 \text{ pies (7.18 m)}$$

- Conocidos **Cvg** y **Lvg**, y suponiendo un peso por unidad de longitud de la viga **Pvg** [lb/pie] el Momento Máximo, **M_{máx}**, actuante sobre la viga será calculado con la ecuación 2.47. Para el cálculo se asume **Pvg = 60** [lb/pie].

$$M_{max2} = \frac{3 * (C_{vg} + (P_{vg} * L_{vg})) * L_{vg}}{2}$$

$$M_{max2} = \frac{3 * (19304.4 + (60 * 23.57)) * 23.57}{2}$$

$$M_{max2} = 732506.1 \text{ lb-pulg} \text{ (82762.2 N-m)}$$

- Se calcula el módulo de sección con la ecuación 2.14, Según API 650 $F_{max} = 20000 \text{ lb/pulg}^2$.

$$S = \frac{M_{máx}}{F_{máx}} \quad \rightarrow \quad S = \frac{732506.1}{20000} = 36.62 \text{ pulg}^3 \text{ (6.001E-4 m}^3\text{)}$$

- Según AISC (Anexo 8.3), para $S_{xx} = 36.62 \text{ pulg}^3 \approx S_{xx} = 38.4 \text{ pulg}^3$ que corresponde a un perfil ala ancha I **W16 X26** con un peso/unidad de longitud real **Pvg = 26 lb/pie**.

$$M_{max2} = \frac{3 * (C_{vg} + (P_{vg} * L_{vg})) * L_{vg}}{2}$$

$$M_{max2} = \frac{3 * (19304.4 + (26 * 23.57)) * 23.57}{2}$$

$$M_{max2} = 713023.14 \text{ lb-pulg} \text{ (80560.91 N-m)}$$

- Se calcula el Módulo de Sección verdadero que tiene que ser necesariamente menor que el Perfil **W18X46** (Anexo 8.2). Ecuación 2.14.

$$S = \frac{M_{\text{máx}}}{F_{\text{máx}}} \rightarrow S = \frac{713023.14}{20000} = 35.65 \text{ pulg}^3 \quad (5.842E-4 \text{ m}^3)$$

Por lo tanto $S < S_{xx} \rightarrow 35.65 \text{ pulg}^3 < 38.4 \text{ pulg}^3$, se selecciona este Perfil.

- Realizando la sumatoria de fuerzas, se determinan las reacciones en los apoyos de la viga, R_{31} y R_{32} , mediante la Ecuación 2.53.

$$R_{3.1} = R_{3.2} = \frac{C_{vg} + P_{vg} * L_{vg}}{2}$$

$$R_{3.1} = R_{3.2} = \frac{19304.4 + (26 * 23.57)}{2} = 9958.61 \text{ lb} \quad (44298.1 \text{ N})$$

- Este valor R_{31} , es la carga que soportará cada viga en uno de sus extremos, por lo tanto, la carga que soportará la columna interior del primer castillo será este valor multiplicado por dos, ya que hay dos reacciones de viga en un punto se calcula a continuación:

CARGA COLUMNA INTERIOR; $P_{ci} = R_{31} * 2 = 9958.61 * 2 = 19917.22 \text{ lb}$ (8859.62N).

- Si se compara el valor anterior $P_{ci} = 19917.22 \text{ lb}$ (8859.62 N), con el valor de la Columna Central (más crítico) $P_{cc} = 21891.3 \text{ lbs}$ (97377.35 N), se aprecia que el segundo es mayor por el cual el diseño de columnas en base al elemento más crítico, en este caso a la Columna Central.

POR LO TANTO: VIGAS INTERIORES \rightarrow PERFIL: W18X46 \rightarrow NÚMERO DE VIGAS: 6 $\rightarrow R_{31} = 9958.61 \text{ lb}$ (44298.1 N), $P_{ci} = 19917.22 \text{ lb}$ (8859.62 N).

3.6.4 DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE COLUMNAS.

3.6.4.1 Para Columnas Armadas (Compuestas por Dos Canales).

La Carga Máxima a soportar el pandeo por Esbeltez queda a criterio del diseñador seleccionar la combinación el proceso de Cálculo fue el siguiente:

- Canal Vertical: C7 X 9.8. Área (Manual AISC) $A = 2.87 \text{ in}^2$ (18.51 cm²)
- Canal Horizontal: C9 X 13.4. Área (Manual AISC) $A = 3.94 \text{ in}^2$ (25.41 cm²)
- Area Total $A_t = 2.87 + 3.94 = 6.81 \text{ in}^2$ (43.93 cm²)

- Peso por Unidad de Longitud de la Sección **Pc = 9.8 + 13.4 = 23.2 lb/pie. (0.345 Kg/cm)**
- Manual AISC. $r_{x-x}=2.4$ pulg **(60.96 mm.)**
- Conocidos los valores y conocida la longitud (L_{cc} , se considera la altura nominal del tanque para este caso $L_{cc}= 24$ pies (288 pulga), si está en capacidad de diseñar la columna. Se considera para efectos de diseño, que la columna está simplemente apoyada ($K=1$), por lo que la longitud efectiva **Le**, con la ecuación 2.54.

$$L_e = \frac{K * L_{cc}}{r_m} = \frac{L_{cc}}{r_m} \quad \rightarrow \quad L_e = \frac{L_{cc}}{r_m} = \frac{288}{2.4} = 120$$

- El valor de L_{cc} es igual a 120 por lo tanto para el gradiente de esfuerzo C_{ma} , se calcula con la ecuación 2.55.

$$C_{ma} = \left(1 - \frac{L_e^2}{34700} \right) * \left(\frac{33000}{F.S.} \right)$$

$$C_{ma} = \left(1 - \frac{120^2}{34.700} \right) * \left(\frac{33.000}{1.92} \right) = 10054.94 \text{ Psi (6935712 , 15 Pa)}$$

- Antes de calcular el Gradiente de Esfuerzo debe calcularse su factor de seguridad con la ecuación 2.58.

$$F.S. = \frac{5}{3} + \frac{L_e}{350} - \frac{(L_e)^3}{18\,300\,000} \quad \rightarrow \quad F.S. = \frac{5}{3} + \frac{120}{350} - \frac{(120)^3}{18\,300\,000} = 1.92$$

- Se determina la Carga Máxima que soporta la columna Central P_{ccm} mediante la Ecuación 2.59.

$$P_{ccm} = (C_{ma} * A_t) - (L_{cc} * P_c)$$

$$P_{ccm} = (10054.94 * 6.81) - (24 * 23.2) = 67917.31 \text{ lb (302111.24 N)}$$

POR LO TANTO: Una Combinación CANAL VERTICAL: C7X9.8 CANAL HORIZONTAL: C9X13.4 podrá soportar una Altura Máxima de H=24 pies (7.31 m), una Carga de 67917.31 lb (302111.24 N).

3.6.5 SELECCIÓN DE BASE PARA COLUMNAS.

La columna seleccionada fue la de tipo armada, entonces utilizará la geometría de la figura 2.32 y tabla 2.19, para seleccionar, debe conocerse el valor de carga máxima central si $P_{cc} = 21891.3 \text{ lb (97377.35 N)}$, por lo tanto el valor de esta carga máxima el perfil recomendado para la base de la columna es un canal **C10X15**, el mismo que tendrá un ancho y largo de 30 pulga (0.762 m). Los ángulos serán los que se acoplen a la forma de la pata de perfil, se recomienda utilizar **Ángulos L5*5*7/8**.

3.6.5.1 Diseño y Selección de Cartelas (Unión Estructura Pared).

Para la cartela, se recomienda las propiedades de las correas exteriores, de las cuales se cálculo:

- CORREAS EXTERIORES, Canal **C8 X 11.5**, Número de correas **48**, Carga en la Cartela $R_{22} = P_{car} = 1958.54 \text{ lb (8712.01 N)}$
- De acuerdo a la Figura 2.37. se determina: Excentricidad, donde se realizará la perforación de la cartela se obtiene restando el ancho de la cartela de $150\text{mm}-30\text{mm} = 120\text{mm}$ (Por Figura 2.37), por lo tanto $e_{car} = 120\text{mm}$ ó **4.7 pulgadas**.
- De la tabla 2.20, valores de d_{car} y ϕ para correas tipo canal, se selecciona para un canal C8 X 11.5, se obtiene que el ancho de la cartela o longitud de soldadura es igual a $d_{car} = 9.3 \text{ pulg. (236.22 mm.)}$ y una **Perforación de 3/8 de pulg. (9.525 mm.)**
- De este modo, el esfuerzo cortante uniforme por pulgada de longitud debida a la Carga Aplicada se determina con la ecuación 2.61.

$$f_1 = \frac{P_{car}}{2 * d_{car}}$$

$$f_1 = \frac{1958.54}{2 * 9.3} = 105.29 \text{ lb / pulg (18439.09 N / m)}$$

- El Cortante Máximo por pulgada de longitud debido al Momento Calculado con la ecuación 2.62.

$$f_m = \frac{3 * P_{car} * e_{car}}{d_{car}^2}$$

$$f_m = \frac{3 * 1958.54 * 4.7}{9.3^2} = 319.29 \text{ lb/pulg} = (55916.23 \text{ N/m})$$

- Se calcula el Esfuerzo Resultante con la ecuación 2.65.

$$f_R = \sqrt{(f_1)^2 + (f_m)^2}$$

$$f_R = \sqrt{(105.29)^2 + (319.29)^2} = 336.2 \text{ lb/pulg} = 0.3362 \text{ kips/pulg}$$

- Se utiliza electrodo E60XX, de la tabla 2.23. Resistencia del electrodo.
 $0.796D = 0.3362 \text{ Kips/pulg} \rightarrow D = 0.42 \text{ pulg}$. Tamaño de soldadura Ideal.
- El valor real del tamaño de la soldadura (Separación de Junta) será $D_R = D/16$ (Ver notas tabla 2.22) $D_R = 0.42/16 = 0.02625 \text{ pulg}$ ó 0.672 mm .
- El Tamaño Mínimo del electrodo a utilizarse será **1/8 pulgadas = 3.2 mm**.
- De la tabla 2.23. Espesor mínimo t en pulgadas de material, para balancear la carga de tensión y cortante inducida por soldadura de filete de penetración normal, para un acero A283M Grado C, y con el dato anterior 1/8 pulgadas se busca la columna que contiene este dato y se escoge el de mayor valor que es 0.25 ó 1/4 pulg, espesor de cartela.

POR LO TANTO: La Cartela Adecuada para este Tanque tendrá un espesor de ¼ de pulgada (6.35 mm.) y se soldará con Electrodo E60XX, y tendrá un Tamaño de Soldadura de 1/8 pulgada (3.175 mm.)

3.6.6 DISEÑO DEL DISCO CENTRAL.

El diseño del disco central, se necesita los datos calculados de correas interiores, estas descansan sobre el disco, se obtuvieron en el punto 3.5.2.1 y también los datos de la columna central 3.5.4.1 del presente capítulo son, notar que los cálculos están en unidades del Sistema Internacional, luego de ser calculados deben ser convertidos en unidades inglesas, para mantener concordancia con el Diseño Global.

- **CORREAS INTERIORES :**

CANAL: C6 X 8.2 → NÚMERO DE COOREAS: 30

CARGA COLUMNA CENTRAL $P_{cc} = 21891.3 \text{ lbs} = 97377.35 \text{ N}$

- **COLUMNA CENTRAL:**

CANAL VERTICAL: C7 X 9.8 CANAL HORIZONTAL: C9 X 13.4

- Utilizando la Tabla 2.24. Valor del ancho del patín de correas Tipo Canal **C**, se obtiene que para un canal C6 X 8.2 que **bf = 1.92 pulg = 4.87680cm**.

3.6.6.1 Determinación del Radio Exterior de la Placa (R_d).

- El radio del disco se lo determina en base a la ecuación 2.63.

$$R_d = \frac{N * (b_f + 1.2)}{2\pi} + 13 = \frac{30 * (4.87 + 1.2)}{2\pi} + 13 = 41.98 \text{ cm} = 16.53 \text{ pulg.}$$

$$D_d = 2 * R_d = 2 * 16.53 = 33.06 \text{ pulgadas (83.97 cm)}$$

3.6.6.2 Determinación del Radio Interior de la Placa (r_d).

- De la tabla anexo 11. Se determina el radio interior (r_d) del disco, para columnas armadas, se escoge para una combinación de Columna Canal Vertical C7 X 9.8, Canal Horizontal C9 X 13.4, el radio interior de la placa

$$r_d = 14.91 \text{ cm} = 5.87 \text{ pulgadas.}$$

3.6.6.3 Determinación del Espesor de la placa (h).

- El valor del radio exterior de la placa se obtuvo $R_d = 41.98 \text{ cm}$, por lo tanto se acopla a la segunda condición de diseño para el disco $R_d > 38.1 \text{ cm}$, por lo tanto el espesor del disco se calcula con la Ecuación 2.67.

$$h = \sqrt{1.5 * \frac{K' * P_{cc} * R_d^2}{\sigma_{perm} * A_c}}$$

- Antes de calcular el espesor del disco se encuentra el factor K' , utilizando la tabla 2.26 y se calcula la relación $R_d / r_d = 41.98 / 14.91 = 2.81$, con este valor se busca el inmediato superior, el cuál es $R_d / r_d = 3.0$, y por lo tanto corresponde un valor de $K' = 1.21$

Tabla 3.1 Espesor del disco factor K' .

R_D/R_D	1.25	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0
-----------	------	-----	-----	-----	-----	-----

K'	0.122	0.336	0.740	1.210	1.450	1.590
----	-------	-------	-------	-------	-------	-------

- Debe también calcularse el Área de la Corona Circular del Disco, indispensable para el Cálculo:

$$A_c = \pi * (R_d^2 - r_d^2) = \pi * (41.98^2 - 14.91^2) = 4838.09 \text{ cm}^2$$

- Utilizando un acero A283M Grado C, para la placa del disco se calcula el esfuerzo permisible.

$$\sigma_{perm} = 0.6 * F_y$$

$$F_y = 34\text{KSI} = 36\text{Klb/in}^2 \rightarrow \sigma_{perm} = 0.6 * 34 = 20.4 \text{ Klb/in}^2 = 1437.27\text{Kg/cm}^2.$$

- Finalmente se calcula el espesor h con la ecuación 2.67.

$$h = \sqrt{1.5 * \frac{K' * P_{cc} * R d^2}{\sigma_{perm} * A_c}}$$

$$h = \sqrt{1.5 * \frac{1.21 * 48160.88 * 41.92^2}{1437.27 * 4838.09}} = 4.7 \text{ cm} = 1.85 \text{ pulg}$$

POR LO TANTO: El Diámetro del Disco es $D_d = 33.06$ pulgadas (83.97 cm) y tendrá un espesor $h = 1.85$ pulgadas (4.69cm), Fabricado con un acero A283M Grado C

3.6.7 ANILLO O VIGA DE RIGIDEZ.

Utilizando la tabla 2.18. Ángulos recomendados con respecto al diámetro para tanques de techo cónico soportado.

POR LO TANTO: El tanque tiene un diámetro de 88 pies (26822.4 mm.), por lo tanto el ángulo recomendado para la Viga de Rigidez es 3x3x3/8.

3.7 MEMORIA DE CÁLCULO DEL SISTEMA CONTRAINCENDIOS

El sistema contra incendios para el tanque de techo cónico de 25000 barriles, cuenta con un tanque reservorio de 1000 barriles de capacidad desde donde un

sistema de bombeo impulsa el caudal para agua y espuma hasta los puntos de salida consistentes en monitores y rociadores; los caudales de agua y espuma serán conducidos por dos redes que se independizan aguas abajo de la bomba.

El presente documento constituye la memoria de cálculo de la red de agua del sistema contra incendios del Terminal de Riobamba.

3.7.1 ESCENARIO ANALIZADO.

Previo al dimensionamiento de la red de agua del sistema contra incendios, se definieron varios escenarios que consideran diversas posibilidades de operación:

- Sistema de bombeo de Agua para espuma
- **Sistema de bombeo de Agua para Rociadores del tanque**
- Sistema de bombeo de Agua para monitores.

Considerando las diferentes zonas donde podría ocurrir un eventual incendio; así, se establecieron los cuatro escenarios asociados a los caudales que se presentan en el siguiente cuadro:

Tabla 3.2 Cuadro de Caudales

CAUDAL (Q)	UNIDAD	CANTIDAD
Agua para espuma	gpm	150
<i>Para rociadores del tanque</i>	<i>gpm</i>	<i>250</i>
Monitores para neblina	gpm	400
<i>CAUDAL TOTAL</i>	<i>gpm</i>	<i>800</i>

Como se observa en el cuadro anterior, se determinó los puntos de bombeo de agua de salida que necesitan activarse para controlar el incendio; así, el escenario más crítico en cuanto al caudal requerido, donde se necesita un caudal total de 800 gpm.

En el siguiente proyecto se realiza el sistema automatizado contra incendios del bombeo de agua para Rociadores del tanque (Ver anexo 1. Plano UNL-FEM-TE-013), seleccionando un caudal requerido de 250 gpm por 1.2 que es el factor de seguridad para Cálculos Hidráulicos, obteniendo un **Caudal de 300 gpm.**

3.7.2 MODELACIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE LA RED

La red de agua del sistema contra incendios ha sido concebida con varios circuitos cerrados, que brindan al sistema características de seguridad y confiabilidad; desde esta red cerrada se desprenden algunos ramales abiertos hasta los dispositivos de salida de caudal, ubicados en las diferentes zonas del Terminal.

La red fue modelada utilizando el programa computacional Wáter CAD que permite simular la operación del sistema bajo flujo permanente, para los diversos escenarios analizados. El programa permite obtener caudales y pérdidas hidráulicas en las tuberías, además de las presiones en cualquier punto del sistema.

La red fue diseñada con tubería de acero al carbono **API 5L Grado B**, con diámetros que permitan conducir los caudales con velocidades adecuadas para el tipo de material utilizado, bajo cualquiera de los escenarios analizados; además, en todos los casos, se ha chequeado que la presurización dada por el sistema de bombeo garantice una presión mínima de 100 psi en cualquier punto de salida de caudal.

3.7.3 RESULTADOS

Los resultados obtenidos de la modelación de la red de agua del sistema contra incendios, indican que la red principal tendrá un diámetro de 8", con ramales abiertos de 6" de diámetro, según se muestra en los planos correspondientes.

En cuanto a las presiones mínimas del sistema, el caso más desfavorable corresponde a los rociadores de los tanques de gasolina extra, donde se contaría con una presión de 105 psi.

3.7.4 SELECCIÓN DE BOMBAS PRINCIPALES DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO BOMBA DIESEL Y BOMBA ELECTRICA.

Del análisis del escenario más crítico para el sistema de protección del tanque y, de la corrida de la red de agua y espuma del sistema contra incendio, se obtienen los siguientes resultados de caudal y presión al ingreso a la red en el punto 2.

$Q = 800 \text{ GPM}$

$Q =$ Caudal requerido para los sistemas de agua y espuma.

Presión: $P_2 = 91,53 \text{ m (130 PSI)}$, $P_2 =$ Presión en nodo 2

El caudal estándar próximo superior para bombas contra incendio es de 3 00 GPM, por lo que se toma este valor como caudal de diseño para la selección de la bomba principal.

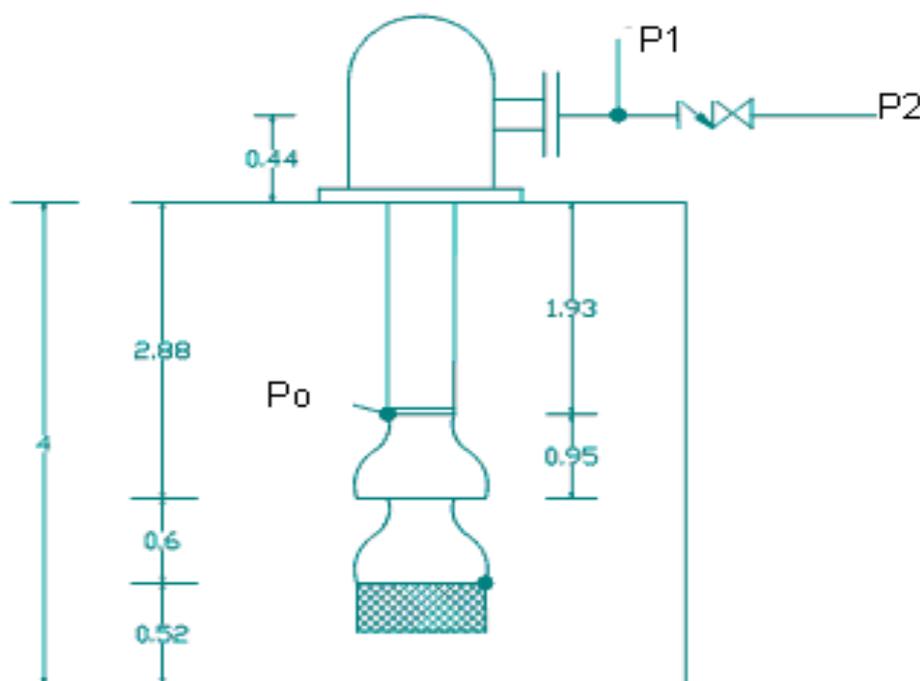


Figura 3.2. Diagrama de Presiones para bomba diesel y eléctrica.

Tabla 3.3 LONGITUD EQUIVALENTE Ø 10"			
	No.	Long. Eq.	Sub. Total
TUBERÍA Ø 10"	6	3 281	20'
CODO 90° RL	1	25	25

CODO 45° RL	1	15	15
TST	1	25	25
TSO	1	57	57
VÁLVULA COMP.	1	7	7
VÁLVULA RETEN.	1	75	75
TOTAL			224' (68 m)

3.7.4.1 Cálculo del cabezal para el sistema automatizado contraincendios de rociadores de agua.

El cabezal o presión P1 requerido en el nodo 1, ubicado en la brida de descarga de la bomba es:

$$P1 = P2 + H_f + \text{Dif. Nivel} \quad \text{Dif. Nivel} = 0$$

$$H_f = \text{Pérdidas por fricción.}$$

Cálculo de Hf para Q = 3 00 GPM y Øi = 12,25"

$$H_f = (0,002083 \times L(100 / C)^{1,85} \times \text{GPM}^{1,85}) / (\text{Øi}^{4,8655})$$

$$H_f = (0,002083 \times 68 \times (100 / 100)^{1,85} \times 3\,000^{1,85}) / (12,25^{4,8655})$$

$$H_f = 1,95 \text{ m}$$

$$P1 = 91,53 + 1,95 + 0 \text{ m}$$

$$P1 = 93,48 \text{ m} = 306,71 \text{ Ft} = 132,77 \text{ psig}$$

El cabezal requerido en el nodo 0, ubicado en la conexión superior de la campana de la bomba será el siguiente:

$$P_o = P1 + H_{fc} + \text{Dif. Nivel}$$

$$\text{Dif. Nivel} = 2,44 \text{ m (8')}$$

H_{fc} = Pérdidas por fricción en columna de descarga

$$H_{fc} = 1,36 \text{ Ft} = 0,41 \text{ m (de Tabla de pérdidas hidráulicas por fricción, constante en pág. 5 Sección 1610 del manual de información técnica del fabricante Peerles Pump)}$$

$$P_o = 93,48 + 2,44 + 0,41 \text{ m}$$

$$P_o = 96,33 \text{ m (316,06 Ft)}$$

3.7.4.2 Selección de la bomba.

Mediante el punto 3.6.1 y de la tabla 3.2 se selecciono un caudal de 300 gpm de agua, requerido para el sistema contraincendios del bombeo de agua para Rociadores del tanque.

En la tabla de selección de PEERLESS PUMP, el más próximo valor de cabezal en conexión superior de la campana es de 323 Ft, 140 psi, que corresponde a una bomba vertical tipo turbina, modelo 18HXBF de 3 etapas, cuya curva de performace se muestra a continuación, y que tiene las siguientes características:

$$Q = 300 \text{ GPM}$$

$$\Delta H = 323 \text{ Ft.}$$

Marca: PEERLESS PUMP

Tipo: Vertical tipo Turbina

Mod.: 18HXBF

Nº Etapas: 3

RPM 1760

SECTION 1640
Page 6
March 29, 1991

VERTICAL TURBINE FIRE PUMPS Type 18HXBF & 20HXBF



Peerless Pump Company
Indianapolis, IN 46207-7026

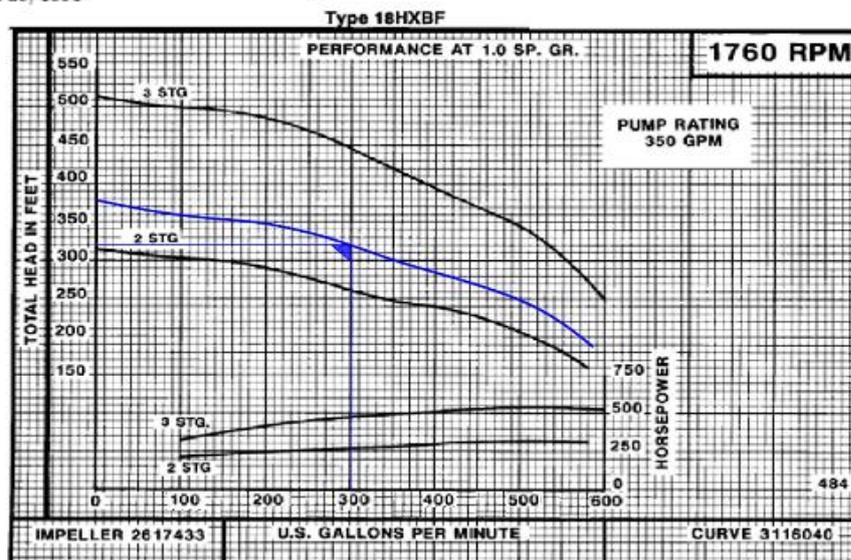


Figura 3.3 CURVA DE PERFORMANCE

REQUERIMIENTOS DE POTENCIA

$$HHP = Q \times \Delta H \times SG / 3960$$

$$HHP = (300 \times 323 \times 1) / 3960 = 24.47$$

$$\text{BHP} = 24,470 / 0,82 = 29,841$$

$$\text{HP} = 29,841 / 0,95 = 31,412$$

$$\text{HP Instalados} = 35 \text{ HP}$$

COMPROBACIÓN AL 140 % DE PRESIÓN.

$$Q = 0 \quad \Delta H = 380 \text{ pies}$$

$$\Delta H = 323 \times 1,4 = 452 \text{ pies}$$

$$380 < 452 \text{ pies OK}$$

COMPROBACIÓN AL 150 % DE CAPACIDAD.

$$Q = 1,5 \times 300 = 450 \text{ GPM}$$

$$\Delta H = 240 \text{ Ft} > 0,6 \times 323 = 194$$

$$\Delta H = 240 \text{ Ft} > 194 \text{ OK}$$

$$Q = 450 \text{ GPM} \quad \Delta H = 240 \text{ Ft}$$

$$\text{HHP} = (450 \times 240 \times 1) / 3960 = 27,273$$

$$\text{BHP} = 27,273 / 0,83 = 32,859$$

$$\text{HP} = 32,859 / 0,95 = 34,588$$

$$35 \text{ HP Instalados} > 34,588 \text{ HP Requeridos OK}$$

3.7.5 SELECCIÓN DE LA BOMBA JOCKEY.

El NFPA 20 sugiere que la bomba Jockey deberá ser seleccionada para reposiciones de caudal por fugas por un lapso de 10 minutos; o seleccionada para un caudal de 1.0 GPM, cualquiera que sea el mayor.

El punto de parada de la bomba será igual a la presión de descarga a flujo cero y el de arranque 10 psi menor que el de parada. El punto de arranque de la bomba principal deberá ser 5 psi menor que el de la Jockey, de acuerdo al numeral A-11-4 del NFPA 20.

Con este antecedente, se selecciona una bomba Jockey PEERLESS, Tipo CDL3 vertical, con una capacidad de 3,5 a 22,5 GPM, con motor eléctrico de 2,5 HP y 3500 RPM, cuyos puntos de arranque y parada se indican a continuación:

Punto de parada = $P_o @ Q = 0 \text{ GPM}$

Punto de parada = $\Delta H \text{ Bomba} + P \text{ succ} @ Q = 0: \Delta H \text{ Bomba} = 350 \text{ FT}$

$P \text{ succ.} = -2,04 \times 3,281 \text{ FT}$

$= 345 - 6,7 \text{ FT}$

$= 338,3 \text{ FT} \text{ ó } 146,45 \text{ psig. Se selecciona } 145 \text{ psig}$

Punto arranque Bomba Jockey = Punto parada Jockey -10 psi

$= 145 - 10 = 135 \text{ psi} = 312 \text{ FT}$

Punto arranque bomba principal = Punto arranque Jockey – 5 psi

$= 135 - 5 = 130 \text{ psig} = 300,3 \text{ FT}$

Que corresponde a un caudal de 350 GPM de la bomba principal, y un caudal de 11 GPM de la bomba jockey (referirse a gráfico adjunto).

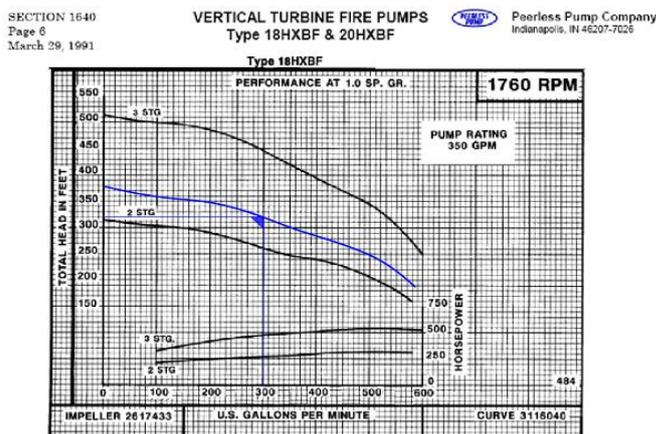


Figura 3.4 Bomba Principal

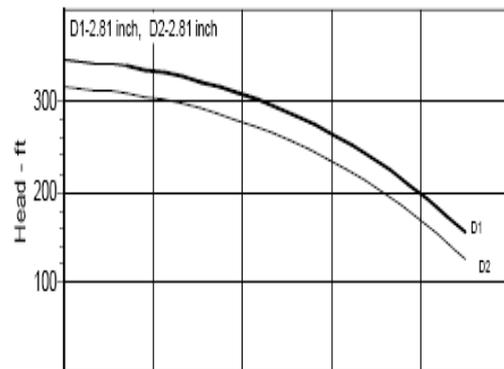
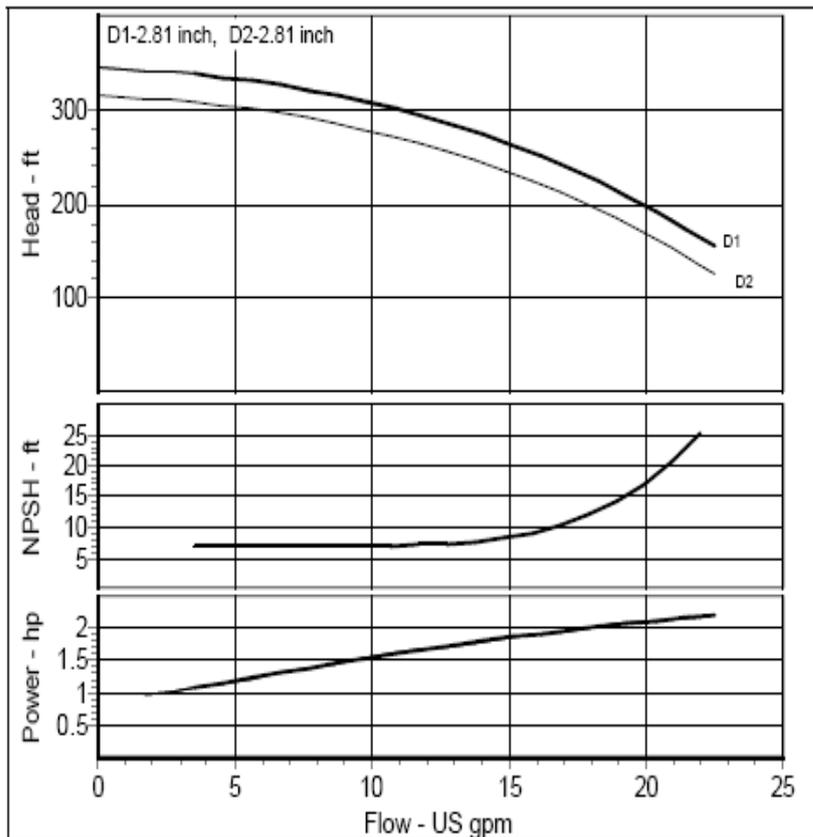


Figura 3.5 Bomba Jockey

Características de la Bomba Jockey

Type: CDL3 - Vertical Close Coupled Diffuser
 Pump Model: Peerless - CDL3 110 208-230/460V
 Nom. Speed: 3500 RPM, 60 Hz Electric
 Impeller Dia.: 2.81/2.81 inch
 Curve No.: CDL3-110
 Market: Water

Item: 1
 Impeller No.: 311
 Fluid: Water
 Temperature: 68 °F
 Viscosity: 1.007 cSt
 Sp. Gravity: 1.000
 Your Ref.:



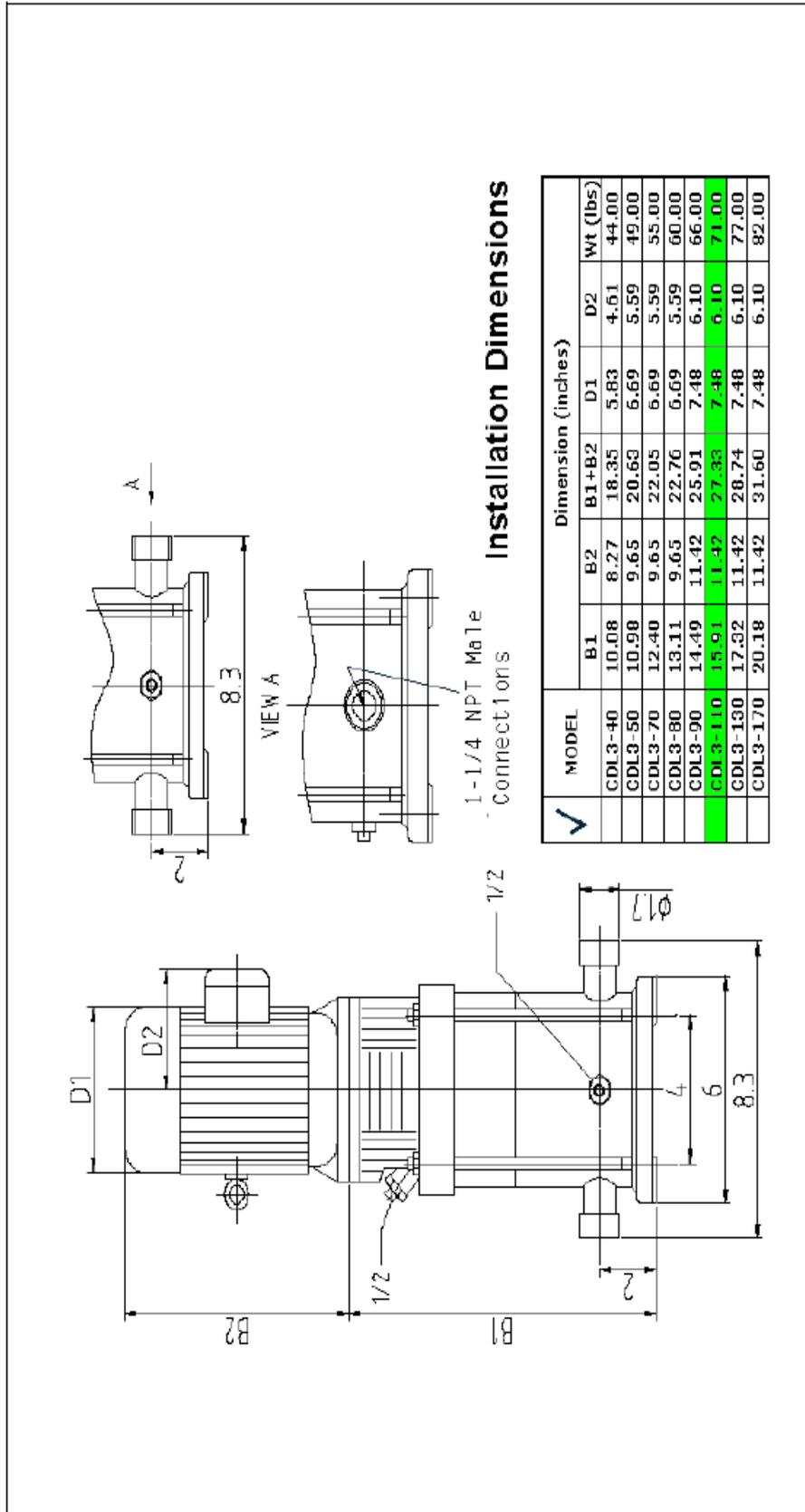
Min Flow	3.5 US gpm
Max Flow	22.5 US gpm
Nominal Speed	3500 RPM
Min Diameter	2.81 inch
Max Diameter	2.81 inch

Peak Power	2.2 hp
Peak Efficiency	54.1 %
Closed Valve Head	344.39 ft

Comments
 Performance curve represents typical performance. See Standard Hydraulic Performance document in the selective printing area of RAPID for testing tolerances & contractual guarantees.

Flow (US gpm)	Head (ft)	Efficiency (%)	Power Required (hp)	NPSH Required (ft)
3.5	337.5	27.7	1.1	6.8
5.9	329.5	38.9	1.3	6.8
8.3	318.1	46.2	1.4	6.9
10.6	303.1	51.0	1.6	7.0
13.0	283.8	53.6	1.7	7.4
15.4	259.8	53.8	1.9	8.6
17.8	230.7	51.7	2.0	11.7
20.1	195.9	47.2	2.1	17.6
22.5	155.1	39.9	2.2	

Figura 3.6 Cuvas de la Bomba Jockey



Dimensions in (inch)

Project :	Capacity:	Frame/Model: IEC
Customer:	Total Head:	Elec. Spec.: 208-230/460 V
Item No.: 1	Pump Speed: 3500 (RPM)	Service Factor: 1.1
Quote No. : US-2522-1	Impeller Dia.:	Rotation: Clockwise
Pump Model: Peerless - CDL-3	Power:	Enclosure/Type: Enclosed

Date :
Page No :

Figura 3. 7 Selección de la Bomba Jockey

3.7.6 SIMULACIÓN DEL SOTFWARE SIMATIC S7-200.

En este capítulo en cuanto tiene que ver con el sistema automatizado contra incendios se procederá con la validación de los resultados entregados por el Software Sima tic S7-200 TwidoSoft V .4, estos se analizaron por medio d el Emulador Sima tic S7-200 CPU 224, los cuales son descritos a continuación:

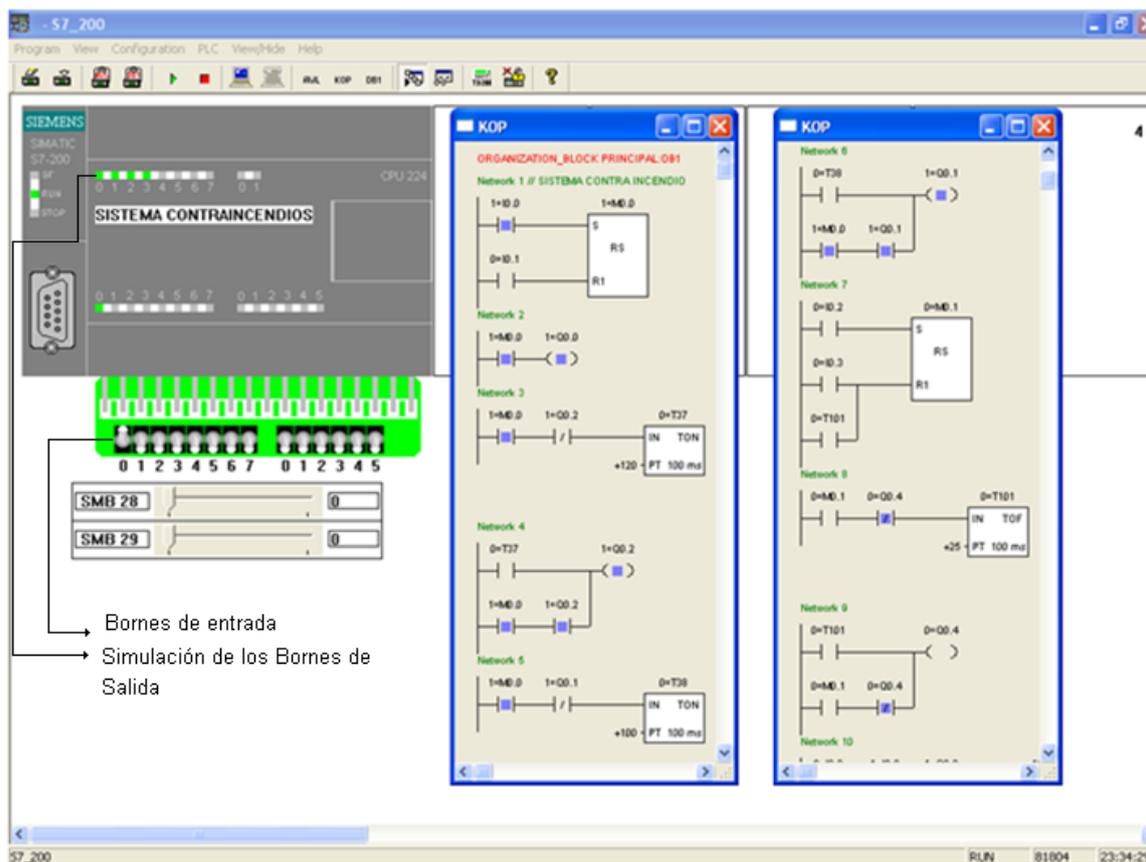


Figura 3.8 Simulación del Primer Borne de entrada (I0.0) y Salidas (Q0.0, Q0.1, Q0.2, Q0.3)

Entonces: cuando se activa la entrada I0.0 el Controlador (Emulador Sima tic S7-200 CPU 224) ejecuta la programación; del encendido de los variadores de frecuencia (Q0.0) de los motores eléctricos, al mismo tiempo envía la señal a la electroválvula (durante 10 segundos) para que este de inmediato empiece a abrir la electroválvula (Q0.3) de agua, transcurrido un tiempo de 10 segundos (100ms) se activara la bomba jockey (Q0.1), su función es la de mantener la presión elevada, es decir ayuda a reducir las perdidas de presión, por rozamiento en tuberías y accesorios, luego de haber transcurrido seguidamente 12 segundos

(120ms) se encenderá la bomba principal (Q0.2), su función será la de suministrar sección y descarga de agua. Ver Figura 3.8.

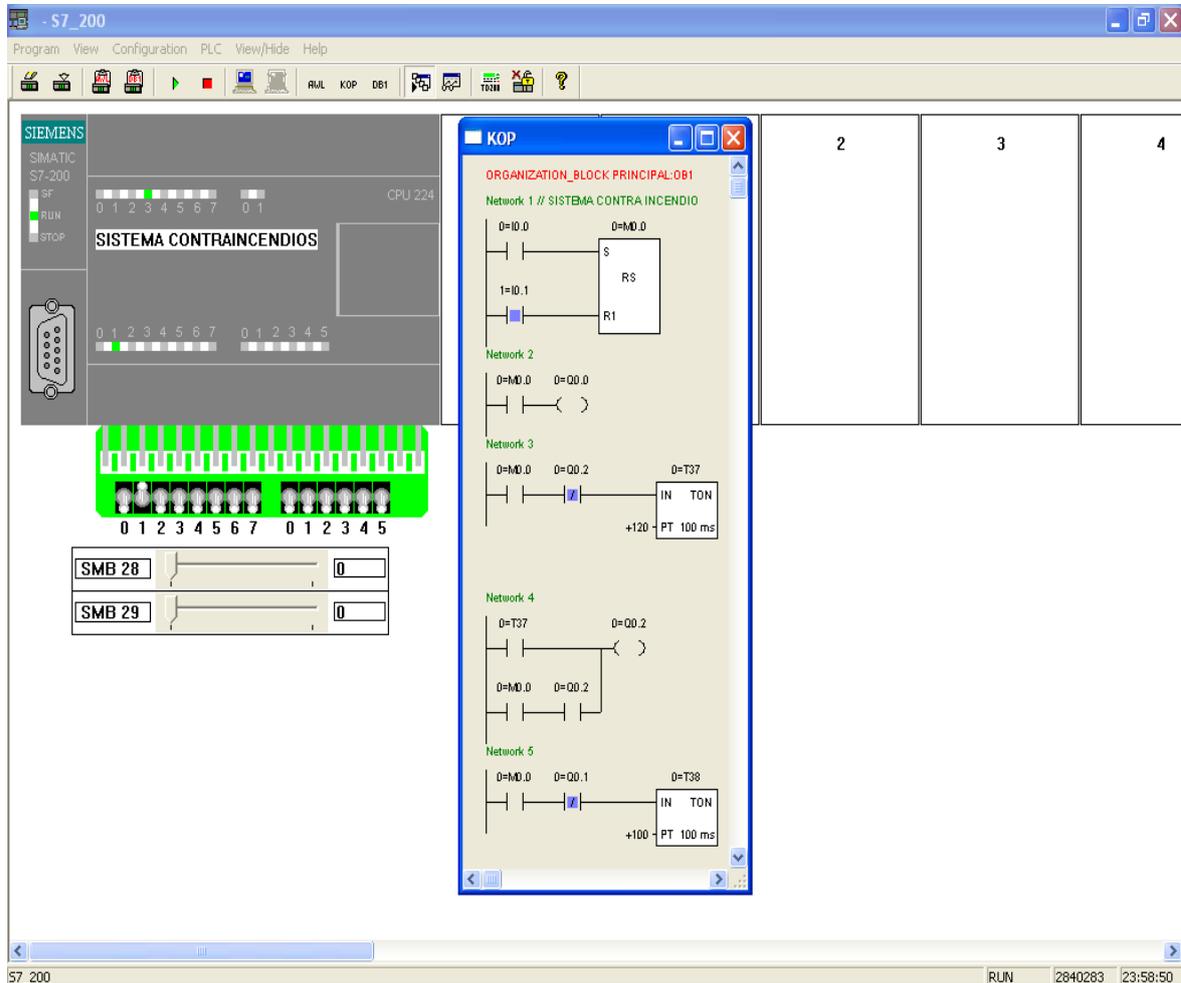


Figura 3.9 Simulación del Segundo Borne de entrada (I0.1) y Salidas (Q0.3)

Entonces: cuando se activa la entrada I0.1 (Parada de Emergencia) el Controlador (Emulador Simatic S7-200 CPU 224) ejecuta la programación; del apagado del sistema, de los variadores de frecuencia (Q0.0), bomba jockey (Q0.1) y bomba principal (Q0.2), al mismo tiempo envía la señal a la electroválvula (Q0.3) (durante 10 segundos) para que este de inmediato empiece a cerrar la Electroválvula de agua (Figura 3.9).

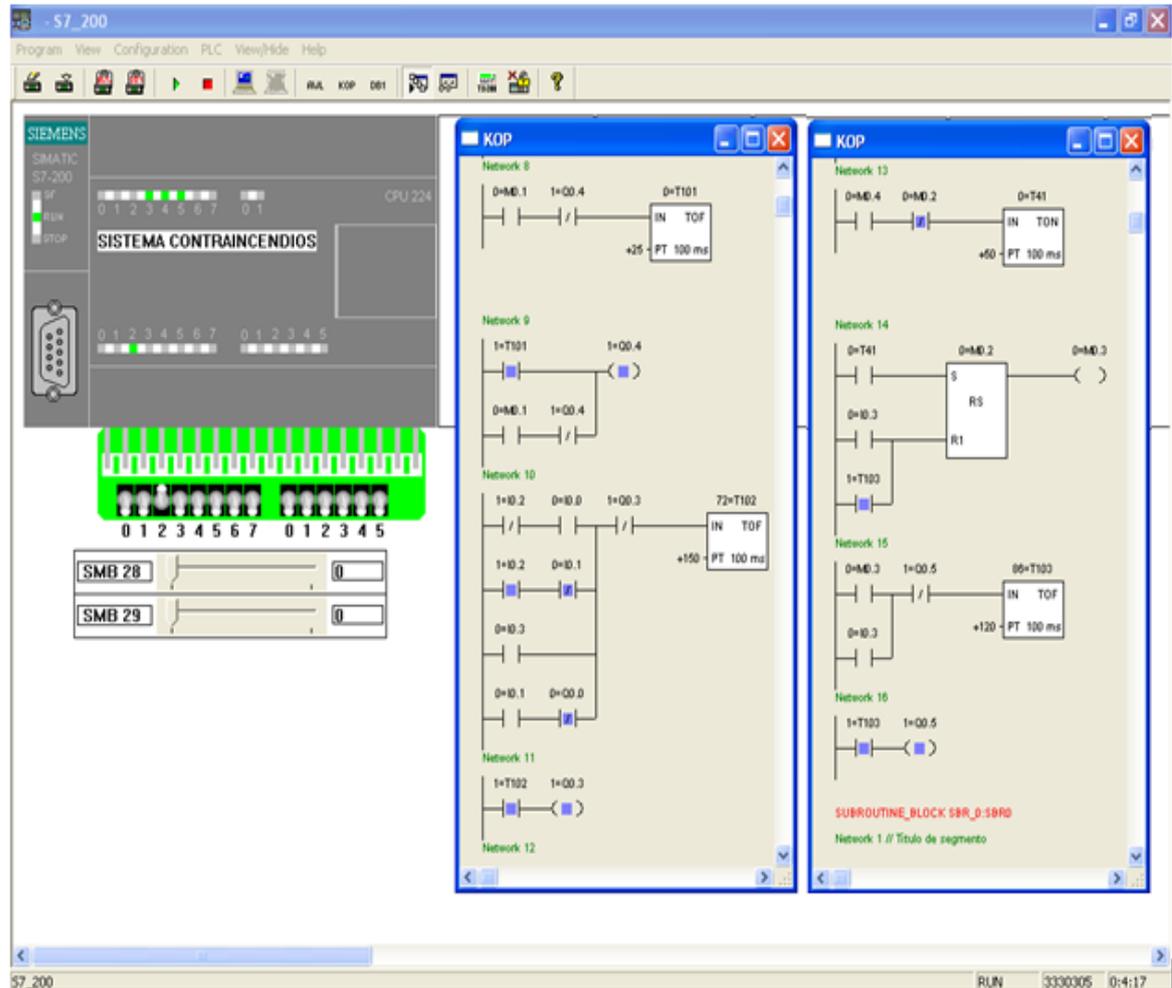


Figura 3.10 Simulación del Segundo Borne de entrada (I0.2) y Salidas (Q0.4, Q0.5, y Q0.6)

Entonces: cuando se activa la entrada I0.2 el Controlador (Emulador Simatic S7-200 CPU 224) ejecuta la programación; del encendido del Arranque de la bomba a diesel por arrastre (Q0.4) (durante 4 segundos), al mismo tiempo envía la señal a la electroválvula (Q0.3 durante 10 segundos) para que este de inmediato empiece a abrir la válvula de agua y posteriormente una señal a la salida (Q0.5) su función es de un enclavador para el encendido de la bomba a diesel durante 9 segundos (Figura 3.10).

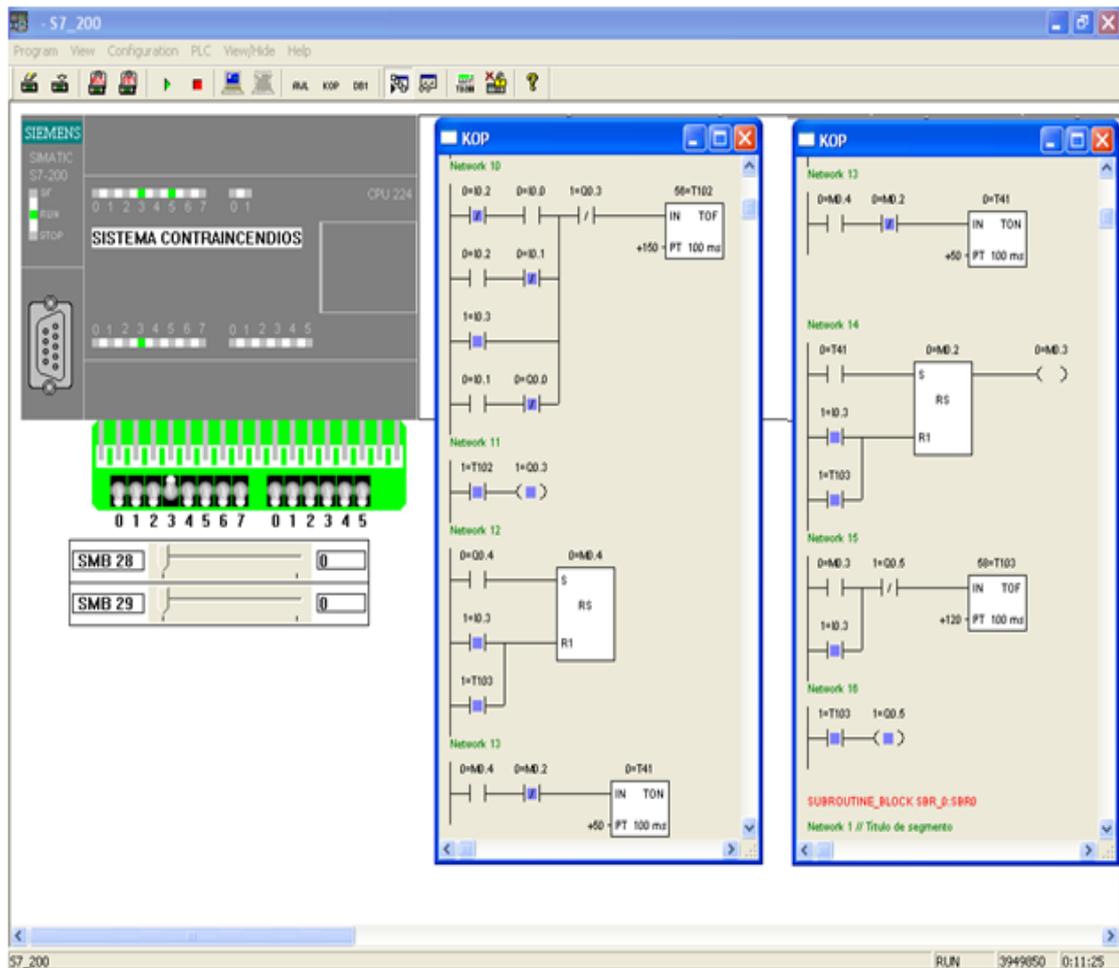


Figura 3.11 Simulación del Segundo Borne de entrada (I0.3) y Salidas (Q0.5, y Q0.6)

Entonces: cuando se activa la entrada I0.3 el Controlador (Emulador Simatic S7-200 CPU 224) ejecuta la programación; del apagado del sistema a diesel, envía una señal a la electroválvula (Q0.3 durante 10 segundos) para que este de inmediato empiece a cerrar la válvula de agua, y seguidamente una señal a la salida (Q0.5) su función es de ahogamiento de la bomba a diesel para el apagado durante 9 segundos (Figura 3.11).

3.8 VALORACIÓN TÉCNICA ECONÓMICA.

3.8.1 Elaboración de Rubros y Análisis de Precios Unitarios.

Cuando se trata de determinar que si costo de una obra guarde la relación con los beneficios que se espera de ella, se debe ejecutar un presupuesto aproximado, tomando como base unidades mensurables en números redondos y precisos unitarios, por lo cual se debe hacer referencia a los rubros, costos, y bienes que

disponga el fabricante para realizar dicha obra esto obliga a penetrar en todos los detalles y o formar precios unitarios de estas componentes.

Para lograr un congruente y óptimo aprovechamiento en el análisis de precios unitarios (APU), es necesario desglosar el costo por sus integrantes los cuales se dan en el diagrama general de balance de una obra. El diagrama general de balance de obra presupone el inicio, lo cual puede ser un proyecto de investigación, un proyecto para construcción o un servicio.

El análisis de costo es: aproximado específico dinámico puede elaborarse inductiva o deductivamente. El costo está precedido de costos anteriores y éste a su vez es integrante de costos posteriores. Dado a que el análisis de un costo es, en forma genérica la evaluación de un proceso determinado, sus parámetros principales son;

- ❖ **Presupuesto referencial**, es la suma detallada del precio total de cada uno de los rubros existentes para la elaboración del proyecto por parte del comprador.
- ❖ **Presupuestación**, es la suma detallada del precio total de cada uno de los rubros existentes para la elaboración del proyecto por parte del fabricante.
- ❖ **Rubro**, son todas las operaciones y actividades directas o indirectas que se tiene que realizar y que tiene relación con los procesos de montaje. Estas actividades tienen una determinada unidad de medida, y están previamente cuantificadas.
- ❖ **Precio unitario**, es el valor que se aplica a cada rubro, para determinar este valor se hace un análisis de cada una de las actividades que involucra: Maquinaria-equipos, mano de obra, rendimiento, materiales, transporte y costos indirectos.
- ❖ **Costo indirecto**, Aquellos gastos que no pueden tener aplicación a un producto determinado.
- ❖ **Costo directo**, Aquellos gastos que tienen aplicación a un producto determinado.

3.8.2 Metodología para el Cálculo del Costo.

Para hacer un análisis del costo total de la obra describiremos los gastos directos e indirectos de todo el proceso de fabricación.

3.8.2.1 Presupuesto Referencial, Construcción y Montaje Mecánico del Tanque.

Para calcular el precio de construcción, montaje mecánico, materiales utilizados y sus respectivos procedimientos de soldadura nos basamos en memorias de precios unitarios del complejo industrial y el software obteniendo los siguientes resultados.

Nº	Denominación	Und.	Cant.	Precio Unitario (UDS)	Precio Total (USD)
FONDO O PISO DEL TANQUE					
1	Suministro y Montaje de materia para el fondo del tanque, incluye corte, preparación de materia, escuadrado, y soldadura de punteado.	Kg	90087.21	1.09	98185.06
2	Suministro y Montaje de planchas para placa anular en el fondo, incluye corte, preparación de materia, escuadrado, y soldadura de punteado.	Kg	3773.88	1.09	4113.84
3	Soldadura a Traslape o tope de cordones longitudinales y transversales para el fondo del tanque, incluye número de pases, tipo de Electrodo AWS, limpieza y Esmerilado.	m	1978.88	2.78	5501.51
4	Soldadura a Tope de Cordones Radiales y Circunferenciales para la Placa Anular, incluye número de pases, tipo de Electrodo AWS, limpieza y Esmerilado.	m	193.84	2.78	537.50
5	Construcción de Sumidero de Drenaje y accesorio interior.	und	1.00	10266.54	10266.54
TOTAL					\$ 118604.45

Nº	Denominación	Und.	Cant.	Precio Unitario (UDS)	Precio Total (USD)
CUERPO DEL TANQUE Y ACCESORIOS.					
1	Suministro y Montaje de las planchas del cuerpo del tanque, incluye corte, preparación de materia, escuadrado, y soldadura de punteado.	Kg	98714.84	1.09	107599.17
2	Soldadura perimetral a filete, incluye número de pases, tipo de Electrodo AWS, limpieza y Esmerilado.	m	150.80	2.78	419.22
3	Soldadura a tope de cordones longitudinales y transversales de los anillos, incluye número de pases, tipo de Electrodo AWS, limpieza y Esmerilado.	m	1055.55	2.78	2934.42
4	Montaje del Angulo tope, corte, rolado, preparación de material, soldadura de punteado.	Kg	1843.88	1.09	2009.82
5	Soldadura perimetral a traslape del Angulo tope unión techo pared, incluye número de pases, tipo de Electrodo AWS, limpieza y Esmerilado.	m	150.80	2.78	419.22
6	Construcción de boquilla para entrada de producto, incluye corte de la abertura, placa de refuerzo, tubería, bridas, soldadura.	und	1.00	78.80	78.80
7	Construcción de boquilla para salida de producto, incluye corte de la abertura, placa de refuerzo, tubería, bridas, soldadura.	und	1.00	78.80	78.80
8	Construcción de boquilla de drenaje, incluye corte de la abertura, placa de refuerzo, tubería, bridas, soldadura.	und	1.00	78.80	78.80
9	Construcción de manhole, incluye corte de la abertura, placa de refuerzo, tubería, bridas, soldadura.	und	1.00	78.80	78.80
10	Construcción de accesos de limpieza, incluye corte de la abertura, placa de refuerzo, tubería, bridas, soldadura.	und	1.00	287.80	287.80

11	Construcción de boquilla para el techo, incluye corte de la abertura, placa de refuerzo, tubería, bridas, soldadura.	und	1.00	78.80	78.80
12	Construcción de manhole para el techo, incluye corte de la abertura, placa de refuerzo, tubería, bridas, soldadura.	und	1.00	78.80	78.80
13	Escaleras y Pasamanos	m	180.83	233.24	37548.77
TOTAL					\$ 151691.22

Nº	Denominación	Und.	Cant.	Precio Unitario (UDS)	Precio Total (USD)
ESTRUCTURA Y TECHO DEL TANQUE					
1	Suministro y montaje de material para el techo del tanque, incluye corte, preparación del material, escuadrado, soldadura de punteado.	m ²	90087.21	3.09	278369.47
2	Montaje de planchas para techo del tanque, incluye corte, preparación de material.	m ²	3773.88	3.09	1161.28
3	Soldadura a traslape o tope de cordones longitudinales y transversales para el techo del tanque, incluye numero de pases, tipo de electrodos AWS, limpieza, esmerilado.	m	350.80	3.78	1323.00
4	Soldadura a tope de cordones radiales y circunferenciales, para la base, de columnas y soldadura a tope de los ángulos asentados sobre la base, incluye número de pases, tipo de electrodos AWS, limpieza, esmerilado.	m	1055.55	3.78	3989.97
5	Montaje del columnas (corte, juntas, preparación de material; soldadura de punteado), soldadura longitudinal a lo largo de los perfiles.	und	6.00	1050.00	6300.00
6	Soldadura perimetral a traslape del ángulo tope unión techo-pared, incluye numero de pases, tipo de electrodo AWS, limpieza.	m	150.80	3.78	146.22

7	Montaje de la columna central y corona de la estructura del techo. Unidad. En unidades a dimensional. Según API 650	Kg	184.88	3.09	571.27
8	Montaje de las vigas WF de la estructura del techo. Unidad. En unidad a dimensional. Según API 650	Kg	1843.88	3.09	5697.58
9	Soldadura a traslape y de filete de cordones longitudinales y transversales, entre correas sobre las vigas. Según API 650	m	150.80	3.78	570.02
10	Esmerilado de excesos y salpicaduras de soldadura en forma general.	m	88.00	3.78	332.64
11	Reparación de soldadura defectuosa después del montaje de bases, columnas, disco central, correas y vigas.	m	150.80	3.78	570.02
12	Soldadura longitudinal de cordón de las cartelas al anillo superior del tanque.	m	85.00	3.78	321.30
13	Soldadura de filete y a tope ente cartela – ángulo tope.	m	125.50	3.78	474.39
14	Soldadura de filete ente placas del techo y ángulo tope.	m	150.80	3.78	570.02
TOTAL					\$ 300397.16

No	DESCRIPCION	P/UNIT.	P/TOT.
1	PLC SIMATIC S7 - 200 MODELO COMPACTO Contiene los siguientes accesorios:		913.00
	CPU224XP Tensión de alimentación 110/220 VAC Memoria de programa 16 kByte 2 Puertos de comunicación RS-485 14 Entradas Digitales 24 VDC 10 Salidas Digitales 24 VDC 2 Entradas Análogas 1 Salida Análoga		
		12% I.V.A:	73.00
		TOTAL	986.00

3.8.2.2 Cálculo del costo de la Mano de Obra.

Para calcular la mano de obra nos basamos en la resolución del artículo 134 del código de Trabajo del Consejo Nacional de Salarios (CONADES).

DENOMINACIÓN	SUELDO MENSUAL	SUELDO ANUAL
Sueldo unificado	219.72	2636.64
Décimo tercero	13.31	159.72
Décimo cuarto	11.30	135.62
Compensaciones salariales	8.00	96.00
Transporte	0.00	0.00
Aporte patronal	20.37	244.54
Fondo de reserva	13.31	159.72
TOTAL	286.02	3432.24

TORNO, FRESADOR, SOLDADOR ELECTRICO Y/O ACETILENO	
Sueldo anual	3432.24
Sueldo mensual	286.02
Jornada real de 8 horas	14.80
Costo horario (hora)	1.85

Según el tiempo maquina calculado a través de menorías en el complejo Industrial Shushufindi tenemos las horas de trabajo de operarios, este dato nos permite el costo total de la mano de obra directa.

Máquina	Operarios	Tiempo (horas)	Costo/Hora	Costo Total
Torno	2	20	1.47	58.80
Taladro	2	10	1.47	29.40
Suelda eléctrica	2	240	1.47	176.4
Compresor	2	8	1.47	705.6
Tecele	3	6	1.47	26.46
Grúa de 60 toneladas	3	10	3.00	90
TOTAL				1086.66

3.8.2.3 Cálculo del Costo Total del Tanque.

DENOMINACIÓN	TOTAL (\$)
Fondo o Piso del Tanque.	118604.45
Cuerpo del Tanque y Accesorios.	151691.22
Estructura y Techo del Tanque	300397.16
Costo de la Mano de Obra.	1086.66
PLC SIMATIC S7 - 200 MODELO COMPACTO	986.00
TOTAL	\$ 572765.49

3.8.3 Impacto Medio Ambiental.

A continuación analizaremos el impacto que tiene la fabricación del tanque atmosférico de techo cónico y el sistema automatizado contra incendios en el medio ambiente. Al igual que otras empresas se tratará de disminuir las afectaciones medio ambientales, evitando los efectos de su uso directo (contaminación atmosférica, residuos, etc.) y los derivados de su generación (excavaciones, canteras, etc.). Los efectos de la fabricación del tanque atmosférico de techo cónico y el sistema automatizado contra incendios sobre los principales factores ambientales son los siguientes:

- **Suelo:** La fabricación del tanque no produce alteraciones en la superficie, ya que el mismo se encontrará apoyado sobre una fundición de concreto reforzado, ya que esta minimiza la posibilidad de asentamientos diferenciales así como riesgos de corrosión del fondo del tanque

- **Aguas superficiales y subterráneas:** No se producirá alteraciones excesivas de las aguas superficiales, ya que el tanque provee de un sistema de protección contra derrame, el mismo que consta de un dique estanco y su capacidad volumétrica no es menor que el 110 por ciento del tanque, estos diques están provistos de cunetas y sumideros interiores que permiten el fácil drenaje del agua de lluvia o contra incendio, cuyo flujo debe controlarse con válvulas ubicadas en su exterior, de forma tal que permite la rápida evacuación del agua de lluvia o el bloqueo del combustible que se derrame en una emergencia, evitando su ingreso al sistema de drenaje o cursos de agua, evitando de esta manera algún tipo de contaminación.
- **Clima.:** Las Instalaciones contarán con sistemas de tratamiento que garanticen la calidad límite de sus efluentes. Entre los sistemas a utilizar y dependiendo de las características del efluente, está el tratamiento primario mediante separación por gravedad, tanques de asentamiento. El tratamiento intermedio con sistemas de aire o gas disuelto, filtros. Por último con tratamiento avanzado mediante tratamiento biológico, absorción, etc.
- **Geología:** Al producir la explotación del hidrocarburo a almacenarse esta provoca en sí movimientos de la tierra, la incidencia sobre las características físico – químicas del suelo o su erosionabilidad, siendo causante de alteraciones en las características litológicas, topográficas y estructurales del terreno.
- **Medio Social:** El área necesaria para instalar un tanque de almacenamiento de hidrocarburo rependa una cantidad significativa por lo cuál se realiza un estudio donde este no pueda causar un grave impacto.

El impacto ambiental se refleje en la sociedad y en la economía de los pueblos en diferentes formas y a distintos plazos, de ahí que se estime. Si la calidad ambiental se deteriora se afecta la calidad de vida.

La instalación y explotación de hidrocarburos tiene un notable impacto en la población porque este abarca un costo de producción grande y se estima que los beneficios sean de igual amplitud en beneficio al país como a la sociedad que lo rodea.

El trabajo de automatización no produce ningún tipo de impacto ambiental por el motivo de que no emite contaminación alguna.

3.8.4 Medidas de Seguridad e Higiene.

1.- La base legal para el cumplimiento de las obligaciones de seguridad industrial está delimitada por el Decreto Ejecutivo N° 2393 “Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo”, el “Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional del IESS, el “Reglamento Interno de Seguridad e Higiene para PETROECUADOR y sus Filiales” y diversas normas de PETROECUADOR especialmente las relativas a “Permisos de Trabajo”. “Registro y Estadística de Accidentes de Trabajo”. “Disposiciones de Seguridad para Contratistas” y “Elementos de Protección Personal”, el fabricante o contratista tiene la obligación de conocer y cumplir.

2.- No se permitirá fumar, ni ingerir bebidas alcohólicas, en ninguna área de la Refinería La Libertad.

3.- En sitios en los cuales la gran concentración de gas o vapor, pudiere presentar peligros de fuego o explosión, deberán usarse herramientas no chispeantes.

4.- Todos los trabajadores deberán usar casco, botas de seguridad, uniformes, distintivos guantes y adicionalmente protección auditiva y respiratoria de ser necesaria.

5.- Todo trabajo que se realice a una altura superior a tres metros, sea que se utilicen o no andamios, requiere el uso de cinturón de seguridad.

6.- Las herramientas, especialmente las eléctricas, así como todo enchufe, cable o conexión deberán mantenerse en perfecto estado.

7.- En las instalaciones que comprende el Reglamento, será obligatoria la fijación de carteles bien visibles, donde se informe y se dé instrucciones sobre requerimientos de seguridad y sistemas de emergencia. Entre otras cosas se informará sobre:

- Identificación de áreas donde esté prohibido fumar.
- Ubicación de válvulas e interruptores para aislamiento de zonas.
- Ubicación de válvulas de activación del sistema contra incendio.
- Números telefónicos para notificación de emergencia.
- Zonas de acceso restringido a personal y vehículos.
- Restricción al "trabajo en caliente".

8.- Cada vehículo de la Contratista deberá estar dotado de arresta flama, extintor, botiquín de primeros auxilios. En el transporte de personal es prohibido utilizar volquetes, tractores o vehículos de carga.

9.- La Contratista, sus trabajadores o sus subcontratistas, no podrán circular en áreas que no corresponden al espacio físico en donde realizan sus trabajos.

10.- Ningún trabajo podrá ser iniciado por la Contratista si no dispone del correspondiente permiso firmado por la autoridad competente.

11.- En todos los recintos de las instalaciones abarcadas por el Reglamento, deberá existir la más escrupulosa limpieza, las yerbas serán completamente eliminadas dentro de las zonas muy peligrosas; todos los residuos inflamables (papeles, madera, aserrín, sacos viejos, etc.) deberán ser destruidos o guardados lo más lejos posible de las áreas peligrosas;

todos los desperdicios y trapos sucios de aceite o de combustibles deberán ser guardados en cajas metálicas cerradas y destruidos diariamente en hornos o en lugares bastante alejados y adecuados a tal finalidad. Los residuos inutilizables de productos inflamables o combustibles deberán igualmente ser guardados en recipientes especiales y destruidos por proceso semejante. Además de eso los trabajadores se deberán sacar la ropa sucia de aceites o combustibles inmediatamente después de la finalización de su trabajo, debiendo la ropa ser guardada en armarios que estén siempre cerrados, y que deberán ser metálicos cuando estén instalados en las áreas peligrosas.

12.- La limpieza diaria del área de trabajo, escombros, desechos, etc, es responsabilidad del Contratista.

CAPÍTULO IV.

4. DISCUSIÓN

ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Para proceder con la validación de los resultados entregados por el proyecto de tesis, se analizaron por medio de dos fuentes de información. Utilizando el estándar API 650 y las memorias empleadas por Refinería Shushufindi. Para ambos ejemplos utilizaremos la estructura del presente proyecto de titulación para un diámetro de 88 pies Figura 4.1.

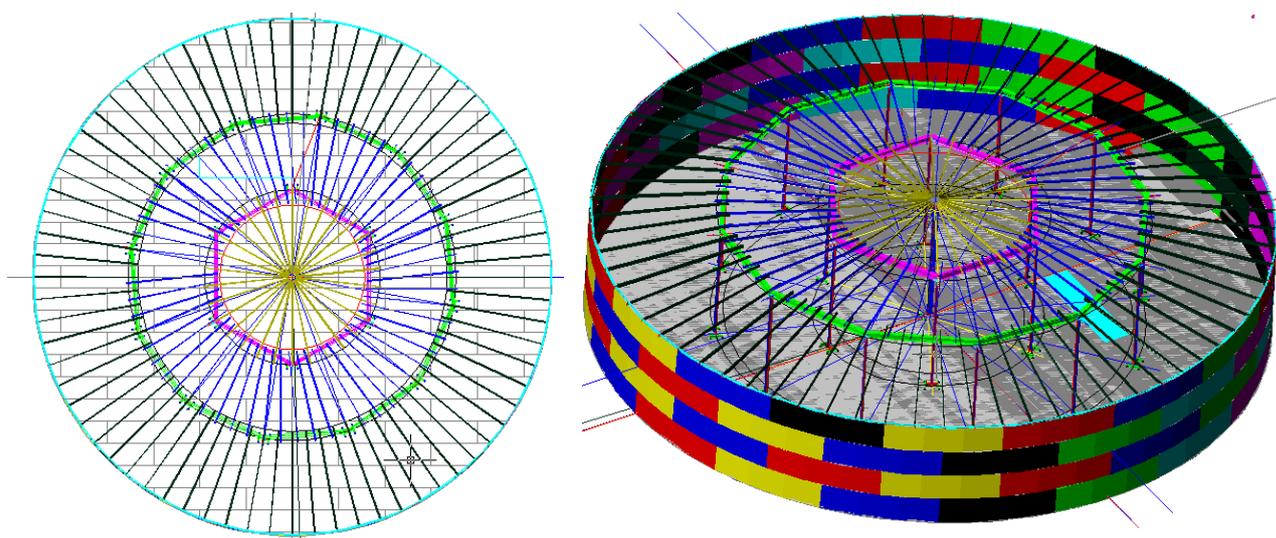


Figura 4. 1. Tanque de Almacenamiento de Techo Cónico. Vista superior y Vista en 3D

4.1 PRUEBA CON EL ANEXO K DEL API 650.

Los datos del ejemplo de la Tabla K1 del apéndice K (Estándar API 650 Pg K-1), son:

- Gravedad específica del líquido, G:1.0
- Corrosión admisible: 0.0 pulg
- Diámetro del tanque, D: 88 pies

- Altura total del tanque, H: 24pies
- Número de anillos: 5
- Esfuerzo permisible para diseño, S_d : 23.000 lbf/pulg²
- Altura del anillo del fondo: h_1 = 6 pies o 72 pulgadas
- Radio del tanque nominal, r:44 pies

En la Tabla 4.1. Se presenta los resultados obtenidos por los cálculos obtenidos de diseño de los Capitulo II, comparados con los resultados de la tabla K1 del Apéndice K de la norma API650.

Tabla 4.1. Comparación de espesores de anillos,

ANILLO	ESPEJOR CALCULADO DISEÑO MECANICO [PULGADAS]	APENDICE K NORMA API 650 [PULGADAS]	ALTURA TANQUE SIMULTANEA [PIES]
1	0.994	0.995	8
2	0.8166668	0.817	16
3	0.677	0.676	24
4	0.53703	0.537	32
5	0.39813	0.398	40
6	0.3125	0.313	48
7	0.3125	0.313	56

Para determinar el error entre los espesores dados por el estándar y capitulo II, se determino un indicador utilizando la siguiente expresión: $E = (t_1 - t_2) / t_2 * 100$; donde E= error estándar, t_1 =espesor calculado con el software de diseño, t_2 = espesor calculado por API 650, el mismo que evalúa estas desviaciones. Los resultados se presentan en la tabla 4.2.

Tabla 4. 2. Margen de error o desviación.

ANILLO	ESPESOR CALCULADO DISEÑO MECANICO [PULGADAS] (T₁)	APENDICE K NORMA API 650 [PULGADAS] (T₂)	ERROR E= (T₁-T₂)/T₂*100
1	0.994	0.995	-0.1
2	0.8166668	0.817	-0.040
3	0.677	0.676	0.14
4	0.53703	0.537	0.005
5	0.39813	0.398	0.032
6	0.3125	0.313	-0.15
7	0.3125	0.313	-0.15
Error promedio			0.088

Los errores obtenidos son tan bajos que puede ser despreciados, ya que no afectan de sobremanera los resultados (error promedio 0.088). Por tanto los resultados entregados por diseño mecánico del Capítulo II, para el cálculo de espesores por este método, son confiables en aproximadamente un 99.9%.

4.2 PRUEBA CON MEMORIA DEL COMPLEJO INDUSTRIAL SHUSHUFINDI

Los datos del ejemplo de la Tabla K1 del apéndice K, son:

- Gravedad específica del líquido, G:1.0
- Corrosión admisible: 0.0 pulg
- Diámetro del tanque, D: 88 pies
- Altura total del tanque, H: 24pies
- Número de anillos: 5
- Esfuerzo permisible para diseño, S_d: 23.000 lbf/pulg²
- Altura del anillo del fondo: h₁= 6 pies o 72 pulgadas
- Radio del tanque nominal, r:44 pies

En la Tabla 4.3. Se presenta los resultados obtenidos por los cálculos obtenidos de diseño de los Capitulo II, comparados con los resultados del programa para Diseño de tanques del Complejo Industrial Shushufindi.

Tabla 4. 3. Comparación de espesores de anillos,

ANILLO	ESPESOR CALCULADO DISEÑO MECANICO [PULGADAS]	MEMORIA C. I. SHUSHUFINDI [PULGADAS]	ALTURA TANQUE SIMULTANEA [PIES]
1	0.752	0.75	8
2	0.627	0.625	16
3	0.498	0.5	24
4	0.3125	0.3125	32
5	0.3125	0.3125	40
6	0.3125	0.3125	48

Para determinar el error entre los espesores dados por la memoria del Complejo Industrial Shushufindi y el software, se determinó un indicador utilizando la siguiente expresión: $E = (t_1 - t_2) / t_2 * 100$; donde E= error estándar, t_1 =espesor calculado con el software de diseño, t_2 = espesor calculado por API 650, el mismo que evalúa estas desviaciones. Los resultados se presentan en la tabla 4.5. El Complejo Industrial Shushufindi realiza sus diseños en base a la norma API 650, por lo tanto se podría comparar con el apéndice K de la misma norma.

Tabla 4.4. Margen de error o desviación.

ANILLO	ESPESOR CALCULADO DISEÑO MECANICO [PULGADAS]	MEMORIA C.I. SHUSHUFINDI [PULGADAS]	ERROR $E = (T_1 - T_2) / T_2 * 100$
1	0.752	0.75	0.2
2	0.627	0.625	0.32
3	0.498	0.5	-0.04
4	0.3125	0.3125	0.0
5	0.3125	0.3125	0.0
6	0.3125	0.3125	0.0
Error promedio			0.093

Similarmente la variación en las milésimas de pulgada, no afectan a los resultados, por lo tanto son aceptados, ya que no afectan de sobremanera los

resultados (error promedio 0.093). Por tanto los resultados entregados por el software para el cálculo de espesores por este método, son confiables en aproximadamente un 99.9%.

El punto 4.1. y 4.2. Está destinado a la comparación de los anillos de la envolvente del cuerpo, además que solo existe resultados de cálculo para estos sistemas, tanto de API 650 y Complejo Industrial Shushufindi, con respecto a la estructura, al piso, al fondo y accesorios, se realiza una interpretación en el punto 4.3. Recordar que el diseño de la estructura depende del diseñador, con restricciones de la norma API 650, los accesorios del Tanque es selección de Tablas de la norma, el fondo es una selección

4.3 COMPARACIÓN DEL SOFTWARE SIMATIC S7-200 CON EL SOFTWARE LOGOS.

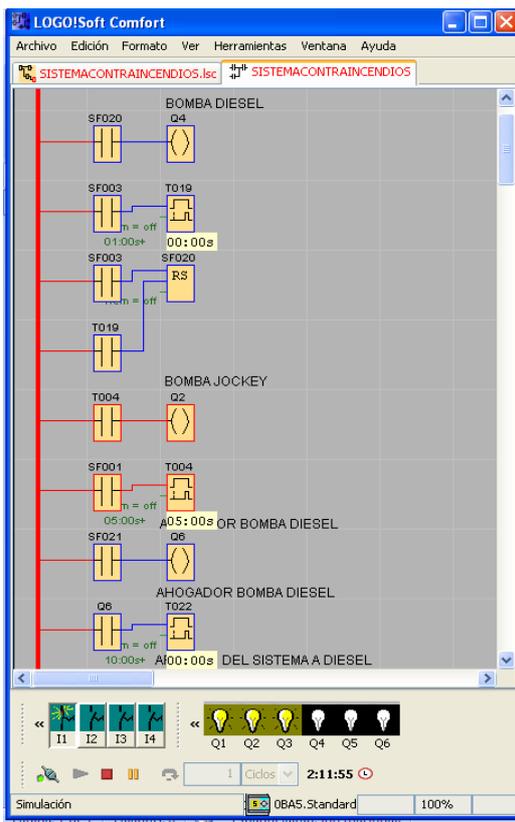


Figura 4. 2. LOGOS

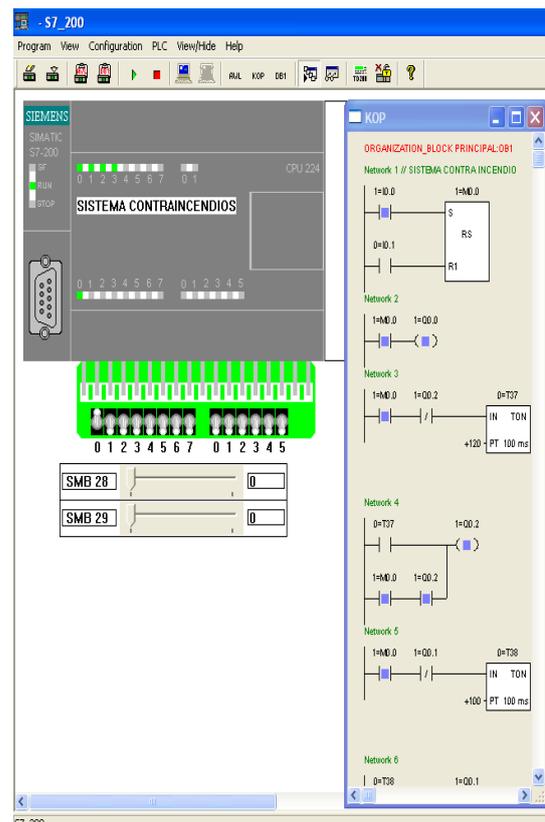


Figura 4.3. SIMATIC S7-200

En la industria existe una variedad de software para el control automático de maquinas secuenciales que ejecutan correlativamente las instrucciones indicadas en el programa de usuario almacenado en su memoria.

El software SIMATIC S7-200 empleado en el desarrollo de la presente tesis, trabaja mediante la programación del lenguaje ladder, teniendo una similitud con el lenguaje de programación Logos, mediante la simulación se pudo comprobar que su lenguaje de operatividad es común, obteniendo una respuesta inmediata del diseño.

El Software Logos es un programa técnico que actúa mediante señales analógicas y digitales, las cuales son limitadas para el proceso de desarrollo industriales y la mayoría de estas solo pueden responder a magnitudes físicas, mientras que el software SIMATIC S7-200 es un programa industrial que actúa mediante señales analógicas y digitales, y cuenta con una variedad de entradas para el proceso de desarrollos industriales y permite la conexión con varios autómatas, PC, Scada, etc. Y actúa mediante valores discretos, dichos estados se sustituyen por ceros y unos, lo que facilita la aplicación de la lógica y la aritmética binaria. Garantizado un funcionamiento rápido y eficaz.

4.4 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

- De las pruebas con casos contruidos en El complejo Industrial Shushufindi y comparados con el de diseño del Capítulo II se determinó, que la precisión entre los datos obtenidos del programa y diseños elaborados por otros métodos, son: para la determinación de la configuración de la estructura del 100%, es decir que la configuración escogida por el programa coincidió en todos los casos analizados, con la utilizada; mientras que la diferencia entre los pesos de las estructuras calculadas por el programa y los de las estructuras contruidas es de alrededor de un 25%, lo cual es admisible, puesto que se considera que un 20% de la diferencia se refiere al peso de la lámina utilizada en cartelas, soportes inferiores de columnas y en otros accesorios.
- El error en los resultados para los espesores obtenidos por el método del “Un Pie” (MUP), se encuentra en las milésimas de pulgada. Este error se

maneja entre el límite de -0.66% a 0.301%. Los espesores son aceptados ya que el error no afecta de sobremanera al resultado.

- El documento puede ser utilizado como introducción por los estudiantes y profesionales de la rama de ingeniería electromecánica, interesados con la aplicación y manejo del estándar API 650.
- El proceso de pruebas permitió también el acercamiento de las capacidades del diseño, a los requerimientos del cliente; un caso concreto es la ampliación de las posibilidades de ingreso de datos. Además de lo anotado, se han realizado sin número de pequeñas modificaciones, que garantizan la fiabilidad del programa como una herramienta de diseño de Tanques Atmosféricos de techos cónicos de tanques atmosféricos según API 650.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES.

- Las normas o estándares son leyes y principios técnicos que regulan la calidad de los bienes o de los servicios que venden u ofrecen las empresas, así como los aspectos ambientales implicados en la producción de los mismos. Para el desarrollo del presente proyecto de titulación se utilizó como pilar fundamental al estándar API 650, Welded Steel Tanks for Oil Storage del American Petroleum Institute. El mismo que orienta al diseñador, a la elaboración del diseño de tanques soldados de Almacenamiento de Petróleo, proporcionando herramientas útiles tanto para el diseño mecánico, métodos de fabricación, calificación y procedimientos de soldadura, erección, inspección técnica.
- El almacenamiento de hidrocarburos, proporciona a la industria petrolera una mejor planificación, reserva y operaciones tales como: distribución, refinación, transporte, etc., por lo cual es a menudo la utilización de grandes recipientes o tanques de almacenamiento. Existe una variedad y clasificaciones de los mismos, pero los de mayor frecuencia y los del presente proyecto son los de Techo Cónico, existentes en su mayoría en El Complejo Industrial Shushufindi. Son los de mayor uso y producto comercial, sencillos de fabricar y montar. Todos los tanques tienen altos costos de construcción.
- La selección de materiales, para la construcción de los tanques está especificada en API 650, realiza una clasificación y disponibilidad del los mismos, debe elegirse el que mejor se acople a las necesidades del diseño, fabricación, condiciones climáticas, cargas, lugar geográfico, etc. Solo se cambiará los materiales si es que existiese un mutuo acuerdo entre el fabricante y el cliente, y con la condición que los materiales

seleccionados posean propiedades mecánicas similares a los especificados en la norma.

- Los procedimientos de fabricación descritos en el proyecto, proporcionan una guía básica, específica y práctica, conservando las restricciones de las normas API650 y AISC, es fruto de la neta experiencia de empresas nacionales, extranjeras, y personal. Proporciona los mecanismos a seguir para la fabricación realizando una rápida evaluación de este trabajo, considera todos los aspectos de fabricación, así como también los procedimientos de inspección técnica.
- La seguridad industrial es indispensable y necesaria, para evitar cualquier accidente fortuito, queda a responsabilidad del contratista. Debe de proveer a todo el personal del equipo mínimo de protección (casco, protección auditiva, ropa de trabajo, guantes, gafas, etc).
- Una vez realizado el estudio funcional de la Empresa de Almacenamiento de Hidrocarburos Petroanaconda (Filial Complejo Industrial Shushufindi), se identificó los principales parámetros a controlar (apagado y encendido de bombas para el abastecimiento de agua del sistema, apertura de la válvula de la tubería principal de agua mediante una electroválvula y encendido del motor de diesel de la bomba de agua en caso de no existiese energía eléctrica) del sistema contra incendios.
- Se diseñó un sistema, mediante el cual se pudo controlar los parámetros que intervienen en el funcionamiento del sistema contra incendios de esta empresa, ya que de esto depende el correcto funcionamiento del mismo.
- Luego de haber realizado su respectiva simulación, podemos decir que la capacidad de respuesta del diseño del sistema es inmediata.
- Concluido este proyecto de tesis los resultados obtenidos fueron expuestos a los estudiantes de ingeniería electromecánica de la universidad nacional de Loja.

5.2 RECOMENDACIONES.

- Para el diseño mecánico general de los Tanques de Almacenamiento se recomienda considerar las condiciones de operación y diseño como: volumen, temperatura, peso específico del líquido, corrosión permisible, velocidad del viento, coeficientes sísmicos de la zona, etc. Todas estas debe ser proporcionada por el cliente, dado que conoce con exactitud las características del fluido a almacenara y el lugar donde se instalará dicho tanque, ya que no es factible suposiciones de estas condiciones.
- Recalcar que al momento de empezar este proyecto, en las instalaciones eléctricas específicamente en el tablero de fuerza y control de bombas y compresores para el abastecimiento de agua del sistema contra incendios de esta Empresa no había ningún tipo de señalización (maquillado) por lo que se recomienda que se haga una minuciosa señalización para así tener a futuro una completa visualización de todos los elementos para que se simplifique el mantenimiento o reparación de equipos.
- Tener presente que el sistema contra incendios depende en su totalidad de las cisternas de agua, por lo que se recomienda colocar sensores de nivel ya que si se presenta un conato de incendio, el sistema contra incendios colapsara si estas estuviesen vacías.
- Mejorar el sistema contra incendios de la Empresa de Almacenamiento de Hidrocarburos Petroanaconda, brindando mayor confiabilidad ante un conato de incendio, a todas las personas que laboran en estas instalaciones.
- Diseñar un canal para módulos de sección, ya que el sistema automatizado contra incendios están dimensionados para futuras ampliaciones.

6. Bibliografía.

Libros:

- BRESLER/LIN/SCALZI. Diseño de Estructuras de Acero. 4ª reimpresión. Limusa, México, 1989.
- GARCIA, Nicolás. ALMONACID, Miguel. SALTARÉN, Roque. PUERTOL, Rafael. Autómatas Programables: Teoría y Práctica. 2000 [15, 16, 17]. México, Universidad Miguel Hernández.
- LEVY GILDA, Resistencia de Materiales, Editorial Pueblo y Educación, Tomo II, Playa, Ciudad de la Habana, 1983
- McCORMAC JACK. Diseño de Estructuras Metálicas, Representaciones y Servicios de Ingeniería, cuarta edición, México. 1989.
- TIMOSHENKO S. Theory of Elastic Stability, Mc-Graw Hill, New Cork, 1976.
- SHIGLEY/MISCHKE. Diseño en Ingeniería Mecánica, Sexta edición. Editorial McGraw Hill, México 2002.
- SCHEINER ELECTRIC: Biblioteca técnica formación. [CD-ROM] V.2.0 Cáp. VII I. Esquemas eléctricos básicos 32-33 p.
- STEEL STRUCTURES PAINTING COUNCIL, Surface Preparation Specifications (SSPC-SP, 2, 3, 5, 6, 7, 10). USA, Portland, 2001.
- UNED ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES, Protocolos de Comunicación entre sistemas de información. (1999-2000). 96 p.

Tesis:

- BATALLAS E. /BARRERA R. Estandarización de la Estructura para Tanques de Almacenamiento de Techo Cónico. Tesis. Ingeniería Mecánica. E.P.N. Quito, Diciembre 1994.

Folleto:

- PETROECUADOR. El petróleo en Ecuador. Sistemgraf Impresión, Quito junio 2004.

- PETROECUADOR. Refinería La Libertad y Planta cautivo. Editorial Galarza. Guayaquil. Enero 1997.

Catalogos:

- Autómata Programable Simatic S7-200 Microwin V4.0 Catálogo 2005. 82 p.

Manuales:

- AISC. AMERICAM INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION. MANUAL OF STEEL CONSTRUCTION. EIGHTH EDITION, New York 1982.
- API STANDARD 650. AMERICAM PETROLEUM INSTITUTE. WELDED STEEL TANKS FOR OIL STORAGE, TENTH EDITION, NOVEMBER 1998. ADDENDUM 1, MARCH 2000. API Publisher Services, 1220 L Street, N.W., Washington D.C. 2005.
- MARKS. Manual del Ingeniero Mecánico, McGraw Hill. Décima edición México 1998.

Sitios web:

- www.cnnegocios.com Lider en telecomunicaciones. 2006.
- www.google.com
- www.monografías.com "Automatización"
- www.silica.com Jordi Mayné, ingeniero de aplicaciones 2003. 21-22. 65 p.
- www.wikipedia.org "Contactores y elementos auxiliares de mando"
- www.wikipedia.org "Elementos de protección eléctrica"
- www.wikipedia.org "lenguajes de programación"
- www.wikipedia.org "SEÑAL ANALOGICA Y DIGITAL"

NOMENCLATURA.

A. Espesores Método Punto Fijo- Punto Variable.

- **CA** : Corrosión admisible, en in. (mm.), especificada por el comprador
- **D** : Diámetro nominal del tanque, en ft. (mm.)
- **E** : Factor de eficiencia de la junta soldada.
- **G** : Gravedad específica de diseño del líquido a ser almacenado.
- **H_{máx}** : Nivel de líquido de diseño, en ft. (mm.)
- **h₁** : Altura del anillo, en in. (mm.)
- **L** : $(6 D t) 0.5$, en in. Factor de comprobación. punto variable
- **r** : Radio nominal del tanque, en in. (mm.)
- **S_d** : Esfuerzo admisible para la condición de diseño, en psi. (kg/cm²)
- **S_t** : Esfuerzo admisible para la condición de prueba hidrostática, en psi. (kg/cm²)
- **t_d** : Espesor de cuerpo en prueba diseño en in. (mm.)
- **t_t** : Espesor del cuerpo en prueba hidrostática, en in. (mm.)
- **t** : Espesor del anillo del fondo, calculado por el método de punto fijo en in. (mm.)
- **t₁** : Espesor de la plancha que conforma el primer anillo ya calculado, en in. (mm.)
- **t₂** : Espesor de la plancha que conforma el segundo anillo, en in. (mm.)
- **t_{2a}** : Espesor de plancha que conforma anillos superiores en interacciones, en in. (mm.)

B. Esfuerzos Permisibles.

- **A** : Área total del alma, en in. (mm.)
- **A_e** : Área efectiva
- **A_f** : Área del cordón comprimido, en in. (mm.)
- **C_{m/α}** : Factor de amplificación
- **C_{ma}** : Compresión permisible básica, (PSI) (kg/cm²).
- **1E** : Modulo de elasticidad
- **F** : Esfuerzo básico de diseño permisible, Mpa. (KSI)
- **FS** : Factor de seguridad
- **F_a** : Esfuerzo axial permisible, Mpa. (KSI)
- **F_b** : Esfuerzo permisible de flexión, Mpa. (KSI)
- **F_e** : Mínimo esfuerzo elástico para pandeo por flexión
- **F_y** : Esfuerzo de fluencia del acero, Mpa. (KSI)
- **I_b** : Momento de inercia de la sección transversal completa
- **K** : Factor de longitud efectiva
- **K_b** : Factor de longitud efectiva
- **L** : Largo sin apoyo lateral de la columna, en in. (mm.)
- **L** : Longitud sin soportes del miembro

- **L_b** : Longitud real sin apoyos
- **M** : Momento calculado
- **M** : Menor momento en el plano de flexión
- **M₁** : Mayor momento en el plano de flexión
- **M₂** : Momento permisible
- **M_a** : Menor momento nominal del esfuerzo de fluencia
- **P** : Carga axial calculada
- **P_a** : Carga axial permisible
- **P_{cf}** : Carga crítica de pandeo elástico
- **P_n** : Carga nominal
- **R`** : Radio exterior de la sección tubular, en in. (mm.)
- **S_e** : Modulo seccional elástico de la sección efectiva
- **V** : Cortante lateral, Kg. (lb)
- **d** : Altura de la sección, en in. (mm)
- **f_b** : Esfuerzo axial calculado, Mpa. (KSI)
- **f** : Esfuerzo de flexión calculado Mpa. (KSI)
- **h** : Distancia libre entre los patines del alma, en in. (mm)
- **l** : Longitud sin apoyo del cordón comprimido, en in. (mm)
- **r** : Radio de giro
- **t** : Espesor de la sección tubular, en in. (mm)
- **t** : Espesor del alma, en in. (mm)
- **x,y** : Ejes de flexión sobre los que se calcula el esfuerzo

C. Correas y Vigas.

- **C_m** : Carga muerta, (Lb/pie²), (Kg/m²)
- **C_t** : Carga triangular, (Lb), (Kg)
- **C_{tot}** : Carga total actuante sobre las correas, (PSI), (Kg/m²)
- **C_u** : Carga uniforme, (Lb), (Kg)
- **C_v** : Carga viva, (Lb/pie²), (Kg/m²)
- **C_{vg}** : Carga distribuida sobre la viga, (Lb), (Kg)
- **D** : Diámetro nominal del tanque, (pies), (mm)
- **D_c** : Diámetro circunscrito de las correas o polígono exterior, (pies), (mm)
- **D_i** : Diámetro inscrito de las correas o polígono interior, (pies), (mm)
- **E** : Módulo de elasticidad, (PSI), (Kg/mm²)
- **F_{máx}** : Esfuerzo máximo admisible, (PSI), (Kg/cm²)
- **I** : Momento de inercia, (pulg⁴), (mm⁴)
- **L_{vg}** : Longitud de la viga, (pies), (m)
- **M_{máx}** : Momento máximo, (Lb-pulg), (Kg-mm)
- **N** : Numero de correas seleccionadas
- **N_{min}** : Numero mínimo de correas
- **N_p** : Numero de lados del polígono
- **P_{cc}** : Carga aplicada sobre la columna central, (Lb), (Kg)
- **P_{cr}** : Peso por unidad de longitud real de la correa, (Lb/pie), (Kg/m)
- **P_e** : Peso por unidad de longitud, (Lb/pie), (Kg/m)
- **P_n** : Peso neto, (Lb), (Kg)
- **P_{vg}** : Peso por unidad de longitud de la viga, (Lb/pie), (Kg/m)
- **R₁, R₂** : Reacciones en los puntos de apoyo de la correa, (Lb), (Kg)

- R_{31}, R_{32} : Reacciones en los apoyos de la viga, (Lb), (Kg)
- R_c : Radio del circulo circunscrito del polígono, (pies), (mm)
- S : módulo de la sección, (pulg³)
- S_c : Superficie considerada, (pie²), (m²)
- S_u : Superficie uniforme, (pies²), (m²)
- S_v : Superficie variable, (pies²), (m²)
- e : Espesor del techo, (pulg), (mm)
- l_c : Espacio máximo entre correas interiores
- n_1 : Numero de correas intermedias seleccionadas
- Δy : Deflexión, (pulg), (mm)
- Δy_{max} : Desplazamiento máximo permitido, (pulg), (mm)

D. Columnas Laminadas en Caliente.

- F_c : Esfuerzo de compresión que soporta la columna, (PSI) (Kg/cm²)
- K : Factor de apoyo de las columnas
- L_{cc} : Longitud de la columna, (pies), (m)
- L_e : Longitud efectiva
- P_{ccm} : Carga máxima que soporta la columna, (Lb), (Kg)
- r_m : Menor radio de giro, (pulg), (mm)

E. Bases Laminadas en Caliente

- L_{c1}, L_{c2} : Longitud lateral sin soporte del patín de compresión, (pulg) (mm.)
- b_f : Ancho del patín del perfil, (pulg), (mm)
- d : Altura del alma del canal o perfil I, (pulg), (mm)
- t_f : Espesor del patín del perfil, (pulg) (mm.)
- t_w : Espesor del alma del canal o perfil, (pulg) (mm.)

F. Cartelas.

- D : Tamaño de la soldadura por 1/16, (pulg)
- F_t : Esfuerzo de tensión de la soldadura, Mpa (KSI)
- F_v : Esfuerzo cortante permisible de la soldadura, Mpa. (KSI)
- I : Momento de inercia
- M_{car} : Momento debido a la carga excéntrica
- P_{car} : Carga en cartela, (lb), (Kg)
- c : Distancia al centro de gravedad
- d_{car} : Longitud de la soldadura, (pulg), (mm)
- e_{car} : Brazo de excentricidad, (pulg), (mm)
- f_1 : Esfuerzo cortante, (Kips/pulg lineal)
- f_m : Esfuerzo máximo cortante, (Kips/pulg lineal)
- f_r : Esfuerzo resultante, (Kips/pulg lineal)

- ϕ : Diámetro mínimo del agujero de montaje, (pulg), (mm)

G. Disco Central.

- **Ac** : Área calculada, (cm²)
- **K, K'** : Constante determinada en base a la relación R_d/r_d
- **R_d** : Radio exterior de la placa, (cm)
- **B_f** : Ancho del patín a utilizarse, (cm)
- **H** : Espesor del disco, (cm)
- **r_d** : Radio interior de la placa, (cm)
- **$\sigma_{\text{máx.}}$** : Esfuerzo máximo, (Kg/cm)
- **σ_{perm}** : Esfuerzo permisible, (Kg/cm)