

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL
EJÉRCITO**

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

**DISEÑO DE LA TERMINAL DE
ALMACENAMIENTO DE DIESEL PARA EL
ABASTECIMIENTO DEL SECTOR INDUSTRIAL
DE LA PROVINCIA DE MANABI**

Previa la obtención del Título de:

INGENIERA MECÁNICA

MALENA SOFIA CHÁVEZ ASTUDILLO

Sangolquí, 2006-04-25

CERTIFICACIÓN

El presente proyecto ha sido elaborado En su totalidad por la Señora. Malena Sofía Chávez Astudillo, egresada de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica del Ejército, como requisito parcial para la obtención del título de Ingeniera Mecánica.

Sangolquí, 10 de Abril de 2006

ING. CARLOS NARANJO
DIRECTOR

IING. TELMO SANCHEZ
CODIRECTOR

LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO

**DISEÑO DE LA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO DE DIESEL
PARA EL ABASTECIMIENTO DEL SECTOR INDUSTRIAL DE LA
PROVINCIA DE MANABÍ**

ELABORADO POR:

MALENA SOFIA CHÁVEZ ASTUDILLO

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

MAYO DE E. ING. EDGAR PAZMIÑO

DECANO

DEDICATORIA

- A mis padres Rodrigo Chávez y Lupe Astudillo, quienes han sido el pilar fundamental de mi formación, basada en el amor, confianza y respeto
- A mi esposo Isaac Villavicencio y mis hijos Rebeca y Antonio, mi familia por quienes la perseverancia de ser cada día mejor son el estímulo y aliciente de mi vida.
- En memoria de Aurita Aymar

AGRADECIMIENTO

- Agradezco a Dios por permitirme alcanzar mis ideales, ser el apoyo incondicional que me da fortalezas y mi única guía.
- A la Escuela Politécnica del Ejército, donde obtuve mi formación profesional y delineé mi madurez personal
- A mis hermanos Fabián y Jorge Chávez Astudillo, un apoyo sincero y generoso
- A todas aquellas personas que me apoyaron a lo largo de mi carrera estudiantil.

GRACIAS POR CONFIAR EN MIS CAPACIDADES

INDICE DE CONTENIDOS

<i>RESUMEN</i>	23
----------------	----

CAPÍTULO I

<i>GENERALIDADES</i>	25
----------------------	----

1.1. Presentación	25
1.2. Definición del problema	26
1.3. Justificación e Importancia.	27
1.4. Objetivos.	28
1.5. Alcance	28

CAPÍTULO II

<i>DISEÑO BÁSICO</i>	29
----------------------	----

2.1. Estudio de la tendencia de consumo de Diesel	29
2.1.1. Estudio de la demanda	29
2.1.2. Demanda anual del producto y proyección a 20 años	36
2.2. Dimensionamiento de la tanquería	37
2.3. Dimensionamiento de los cubetos	41
2.4. Sistema de recepción del producto	46
2.4.1. Recepción por Autotanques	46
2.4.1.1. Cálculo del tiempo de carga y número de autotanques	46
Tiempo de carga:	46
2.4.1.2. Cálculo del número de islas	48
2.4.2. Despacho del producto	48
2.5. Implantación general de la terminal	49
2.5.1. Calculo del área de ejecución de la terminal.	49
2.5.1.1. Área de parqueo	52
2.5.1.2. Área de Planta Administrativa	53
2.5.1.3. Sala de Bombas de Combustible	54

2.5.1.4	Tanques de Almacenamiento	54
2.5.1.5	Piscina contra incendios	55
2.5.1.6	Sala de Bombas Contra Incendio	58
2.5.1.7	Área de Control	59
2.5.1.8	Área Islas de Carga y Descarga	60
2.5.2	Distancia entre equipos	60

CAPÍTULO III

REQUERIMIENTO DE OBRA CIVIL Y TOPOGRÁFICA 63

3.1	Estudio de las características y propiedades del terreno de implantación	63
3.1.1	Criterios básicos de análisis de suelos	63
3.1.2	Reconocimientos Geotécnicos	66
3.1.3	Análisis del suelo de Implantación	69
3.2	Cimentaciones requeridas para la Implantación de la Terminal.	70
3.2.1	Cimentaciones Superficiales	70
3.2.1.1	Zapatas de cimentación	71
3.2.1.2	Cimentaciones corridas o en faja	71
3.2.1.3	Placas de Cimentación	72
3.2.2	Cimentación en el terreno de Implantación	72
3.2.2.1	Capacidad portante del terreno de implantación	73

CAPÍTULO IV

DISEÑO EN DETALLE DE LA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO 77

4.1.	Diseño mecánico de los tanques de almacenamiento	77
4.1.1.	Materiales	79
4.1.2.	Determinación del espesor de la plancha	80
4.1.2.1.	Base del tanque	80
4.1.2.2.	Cuerpo del Tanque	82
4.1.2.3.	Techo del Tanque	86
4.1.3.	Aperturas en el tanque	87
4.1.3.1	Entrada de hombre y limpieza	87
4.1.3.2	Carga de Combustible	91
4.1.3.3.	Descarga de Combustible	93
4.1.3.4	Brida superior que une a la tubería de carga o descarga.	95

4.1.3.5	Apertura Toma Muestras	97
4.1.3.6	Apertura de Venteo	98
4.1.4	Accesorios del tanque	100
4.1.4.1	Escalera	100
4.1.5	Vigas contra viento en el parte superior e intermedia del tanque	113
4.1.5.1	Anillos rigidizadores	113
4.1.5.2	Viga contra viento en la parte superior del tanque	113
4.1.5.3	Viga contra viento en la parte intermedia del tanque	115
4.1.6	Techo del tanque	115
4.1.6.1	Área de participación en unión Techo - Cuerpo	117
4.1.6.2	Dimensiones generales del Techo	118
4.1.7	Cargas de viento (Estabilidad al volcamiento)	119
4.1.8	Cargas Sísmicas	123
4.1.9	Cálculo de la presión de Diseño del tanque	130
4.1.10	Juntas Soldadas	131
4.1.10.1	Base del Tanque	131
4.1.10.2	Unión entre la Base y el Cuerpo del Tanque	132
4.1.10.3	Juntas Verticales entre las Planchas del Cuerpo del Tanque	133
4.1.10.4	Juntas Horizontales entre las Planchas del Cuerpo del Tanque	133
4.1.10.5	Juntas entre Planchas del Techo	134
4.1.10.6	Juntas entre el Techo y el Cuerpo del Tanque	134
4.2	Diseño del sistema de tuberías de la terminal	135
4.2.1	Determinación de las variables para el diseño de las tuberías	136
4.2.2	Diseño del sistema de tubería de la línea de Carga de Combustible	137
4.2.2.1	Cálculo de las pérdidas en la línea de Carga	138
4.2.2.2	Balances de energía – Cálculo de Presiones internas	140
4.2.2.3	Selección de materiales de tuberías y accesorios	142
4.2.2.4	Espesores de la pared de la tubería	142
4.2.2.5	Selección de válvulas y accesorios	144
4.2.3	Diseño del sistema de tubería de la línea de Descarga de Combustible	146
4.2.3.1	Cálculo de las pérdidas en la línea de Descarga	147
4.2.3.2	Balances de energía – Cálculo de Presiones internas	149
4.2.3.3	Selección de materiales de tuberías y accesorios	151
4.2.3.4	Espesores de la pared de la tubería	151
4.2.3.5	Selección de válvulas y accesorios	152
4.2.4	Interconexiones entre tanques	153

4.2.4.1	Diseño del sistema de tubería de Interconexión entre tanques_____	154
4.2.5	Análisis de esfuerzos en el sistema de tuberías_____	160
4.2.6	Flecha máxima en la tubería_____	163
4.2.7.	Cubierta Bombas Combustible. _____	165
4.2.7.1	Análisis de la Cubierta de Sala de Bombas de Combustible _____	165
4.3	Control del abastecimiento _____	175
4.3.1	Carga y Descarga de Combustible _____	175
4.3.2	Control del flujo _____	177
4.4	Sistema contra incendios. _____	178
4.4.1	Códigos y especificaciones para el diseño _____	178
4.4.2	Características generales del sistema _____	179
4.4.2.1	Análisis de Riesgos _____	180
4.4.2.2	Sistema de Bombeo de agua _____	182
4.4.3	Diseño del sistema de Tubería de Agua Contra Incendios _____	187
4.4.3.1.	Cálculo de las pérdidas en la línea de Agua Contra Incendios _____	187
4.4.3.2.	Balances de energía – Cálculo de Presiones internas _____	189
4.4.3.3.	Selección de materiales de tuberías y accesorios _____	191
4.4.3.4.	Espesores de la pared de la tubería _____	191
4.4.3.5.	Selección de válvulas y accesorios _____	192
4.4.3.6.	Selección del Equipo de Agua contra Incendios _____	193
4.4.4.	Cubierta Equipo Contra Incendio _____	196
4.4.4.1	Análisis de la Cubierta de Sala de Bombas Contra Incendios _____	196
4.4.5	Sistema de Tubería de Drenaje _____	202
4.4.5.1	Generalidades _____	202
4.4.5.2	Componentes básicos de los Sistemas de Drenaje. _____	204
4.4.5.3	Métodos de Conducción y Contención _____	205
4.4.5.4	Requerimientos de diseño _____	206
4.5	Análisis de expansión de las líneas de tuberías. _____	210
4.5.1	Juntas de expansión _____	212

CAPÍTULO V

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS Y MATERIALES _____ 215

5.1.	Hoja de Datos para fabricación de tanques _____	215
5.2.	Selección y Dimensionamiento de Equipos y Materiales _____	219

5.2.1. Listado de Equipos y materiales necesarios para la implantación de la terminal _____	219
5.2.1.2 Cubierta Bombas _____	222
5.2.1.3 Escalera Tanque _____	223
5.2.2. Especificaciones Técnicas de Equipos y Materiales _____	224
5.2.2.1. Materiales _____	224
5.2.2.2. Equipos _____	225
<i>CAPÍTULO VI</i>	
<i>ANÁLISIS DE COSTOS</i> _____	227
6.1. Análisis económico del proyecto de diseño _____	227
6.2. Análisis de Costo de la implementación de la terminal _____	229
6.2.1. Costos parciales de la Implementación _____	230
6.2.1.1 Estructuras metálicas _____	230
6.2.1.2 Tanques de almacenamiento _____	233
6.2.1.3 Sistemas de Tuberías de la Terminal _____	233
6.2.1.4 Obra Civil _____	237
6.2.1.5 Requisitos de Funcionamiento _____	243
6.2.2. Costo Total de la Implementación _____	243
<i>CAPÍTULO VII</i>	
<i>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</i> _____	245
7.1. Conclusiones _____	245
7.2. Recomendaciones _____	248
<i>BIBLIOGRAFÍA</i> _____	251
<i>ANEXOS</i> _____	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>

INDICE DE TABLAS

CAPITULO II

Tabla 2.1	Proyección de Demanda de Diesel en Terminales y Depósitos por años (periodo 2004 – 2014), Terminal Manta	31
Tabla 2.2	Proyección del consumo de Diesel Industrial en Manabí a 20 años	31
Tabla 2.3	Industrias y Demanda de Diesel en Manabí	32
Tabla 2.4	Demanda de Diesel Industrial en Manabí período 2001-2004	34
Tabla 2.5	Consumo de Diesel Industrial vs Consumo de Diesel Total en Manabí, período 2001-2003	35
Tabla 2.6	Proyección de consumo de Diesel Industrial y Eléctrico en Manabí a 20 años	36
Tabla 2.7	Proyección de la Demanda de Diesel para el proyecto de Terminal de Almacenamiento	37
Tabla 2.8	Dimensiones generales y Capacidad de Almacenamiento	40
Tabla 2.9	Resumen recepción del producto	48
Tabla 2.10	Características de Vehículos del proyecto	52
Tabla 2.11	Dimensiones del sector de Tanques de Almacenamiento	55
Tabla 2.12	Distancia entre equipos	62

CAPITULO IV

Tabla 4.1	Espesores mínimos nominales de las planchas de acero para el cuerpo del tanque	82
Tabla 4.2	Especificaciones del material del Cuerpo, Base y Techo del tanque	84
Tabla 4.3	Dimensiones de la boquilla del Manhole	88
Tabla 4.4	Dimensiones de la Brida del Manhole	89
Tabla 4.5	Dimensiones específicas de la geometría de la Brida	89
Tabla 4.6	Especificaciones de materiales del Manhole	89
Tabla 4.7	Dimensiones de Boquilla – Apertura Carga de Combustible	92
Tabla 4.8	Dimensiones de Brida – Apertura Carga de Combustible	92
Tabla 4.9	Especificaciones de materiales para Carga de Combustible	93
Tabla 4.10	Dimensiones de Boquilla – Apertura Descarga de Combustible	94
Tabla 4.11	Dimensiones de Brida – Apertura Descarga de Combustible	95
Tabla 4.12	Especificaciones de materiales para Descarga de Combustible	95
Tabla 4.13	Detalle de Unión entre la brida y la tubería, Carga y Descarga	96

	de Combustible		
Tabla 4.14	Dimensiones de la Brida Ciega – Tapa toma muestras	_____	98
Tabla 4.15	Dimensiones de la Apertura de Venteo	_____	100
Tabla 4.16	Medidas generales – Escalera de Tanque	_____	103
Tabla 4.17	Radio de esfuerzos – Análisis peldaño escalera	_____	106
Tabla 4.18	Radio de esfuerzos – Soporte escalera	_____	110
Tabla 4.19	Viga superior contra viento	_____	114
Tabla 4.20	Especificaciones perfil para anillo rigidizador	_____	119
Tabla 4.21	Medidas generales del techo – Tanques primera etapa	_____	119
Tabla 4.22	Accesorios que intervienen en el cálculo – Línea de Carga de Combustible	_____	139
Tabla 4.23	Pérdidas de Carga en línea de Carga de Combustible	_____	140
Tabla 4.24	Balance de energías en la línea de Carga de Combustible	_____	141
Tabla 4.25	Presiones internas absolutas en la Tubería de carga	_____	142
Tabla 4.26	Material tubería	_____	142
Tabla 4.27	Material válvulas y accesorios	_____	142
Tabla 4.28	Espesores mínimos de la tubería – Línea de Carga de Combustible	_____	143
Tabla 4.29	Especificaciones tubería	_____	144
Tabla 4.30	Válvulas en la línea de Carga	_____	144
Tabla 4.31	Dimensiones de válvulas bridadas	_____	144
Tabla 4.32	Bridas en la línea de Carga	_____	145
Tabla 4.33	Dimensiones de las Bridas	_____	145
Tabla 4.34	Accesorios en la línea de Carga	_____	146
Tabla 4.35	Dimensiones de Accesorios Bridados	_____	146
Tabla 4.36	Accesorios que intervienen en el cálculo – Línea de Descarga de Combustible	_____	148
Tabla 4.37	Pérdidas de Carga en línea de Descarga de Combustible	_____	149
Tabla 4.38	Balance de energías en la línea de Descarga de Combustible	_____	150
Tabla 4.39	Presiones internas absolutas en la Tubería de Descarga	_____	151
Tabla 4.40	Materiales Tubería y Accesorios, Línea de descarga de Combustible	_____	151
Tabla 4.41	Espesores mínimos de la tubería – Línea de Descarga de Combustible	_____	152
Tabla 4.42	Válvulas en la línea de Descarga	_____	152
Tabla 4.43	Bridas en la línea de Descarga	_____	153
Tabla 4.44	Accesorios en la línea de Descarga	_____	153
Tabla 4.45	Accesorios que intervienen en el cálculo – Línea de Interconexión entre tanques	_____	156
Tabla 4.46	Pérdidas de Carga en línea de Interconexión entre tanques	_____	157

Tabla 4.47	Balance de energías en la línea de Interconexión entre tanques	_____	158
Tabla 4.48	Presiones internas absolutas en la Tubería de Interconexión entre tanques	_____	158
Tabla 4.49	Materiales Tubería y Accesorios, Línea de Interconexión entre tanques	_____	158
Tabla 4.50	Espesores mínimos de la tubería – Línea de Interconexión entre tanques	_____	159
Tabla 4.51	Válvulas en la línea de Interconexión entre tanques	_____	159
Tabla 4.52	Bridas en la línea de Interconexión entre tanques	_____	160
Tabla 4.53	Accesorios en la línea de Interconexión entre tanques	_____	160
Tabla 4.54	Resumen Presiones Internas – Sistemas de Tubería Terminal	_____	162
Tabla 4.55	Esfuerzos por presión, Tubería de Carga	_____	163
Tabla 4.56	Esfuerzos por cargas sostenidas, tubería de Carga	_____	163
Tabla 4.58	Tablas de resultados – Cubierta Bombas Diesel	_____	173
Tabla 4.58	Perfiles SAP 2000 – Cubierta Bombas Diesel	_____	173
Tabla 4.59	Especificaciones de perfiles para Cubierta Bombas Diesel	_____	174
Tabla 4.60	Requerimientos de las Bombas de Combustible	_____	175
Tabla 4.61	Características Generales Bombas Diesel	_____	176
Tabla 4.62	Medidas Bombas Diesel	_____	176
Tabla 4.63	Medidas Generales Bombas Diesel	_____	176
Tabla 4.64	Contadores mecánicos para carga y Descarga de Combustible	_____	177
Tabla 4.65	Accesorios que intervienen en el cálculo – Línea de Agua Contra Incendios	_____	187
Tabla 4.66	Pérdidas de Carga en línea de Agua Contra Incendios	_____	188
Tabla 4.67	Balance de energías en la línea de Agua Contra Incendios	_____	189
Tabla 4.68	Presiones internas absolutas en la Tubería de Agua Contra Incendios	_____	190
Tabla 4.69	Materiales Tubería y Accesorios, Línea de Agua Contra Incendios	_____	190
Tabla 4.70	Espesores mínimos de la tubería – Línea de Agua Contra Incendios	_____	191
Tabla 4.71	Válvulas en la línea de Agua Contra Incendios	_____	191
Tabla 4.72	Bridas en la línea de Agua Contra Incendios	_____	191
Tabla 4.73	Accesorios en la línea de Agua Contra Incendios	_____	192
Tabla 4.74	Requerimientos sistema Agua Contra Incendios	_____	193
Tabla 4.75	Especificaciones técnicas Equipo Contra Incendios	_____	194
Tabla 4.76	Dimensiones Equipo Contra Incendios	_____	194
Tabla 4.77	Medidas Generales Equipo Contra Incendios	_____	195
Tabla 4.78	Tablas de Resultados – Cubiertas Bombas C.I	_____	200

Tabla 4.79	Perfiles SAP 2000 – Cubierta Bombas C.I	_____	200
Tabla 4.80	Especificaciones de perfiles para Cubierta Bombas C.I	_____	201
Tabla 4.81	Elongaciones de tramos rectos de tuberías debido al incremento de temperatura	_____	211
Tabla 4.82	Especificaciones de juntas de expansión de arco sencillo	_____	214

CAPITULO V

Tabla 5.1	Materiales, Sistemas de Tubería	_____	215
Tabla 5.2	Tubería, Válvulas y accesorios – Carga de Combustible	_____	216
Tabla 5.3	Bomba – Carga de Combustible	_____	216
Tabla 5.4	Contómetro – Carga de Combustible	_____	216
Tabla 5.5	Tubería, Válvulas y accesorios – Descarga de Combustible	_____	217
Tabla 5.6	Bomba – Descarga de Combustible	_____	217
Tabla 5.7	Contómetro – Descarga de Combustible	_____	217
Tabla 5.8	Tubería, Válvulas y accesorios – Interconexión entre tanques	_____	217
Tabla 5.9	Bomba – Interconexión entre tanques	_____	218
Tabla 5.10	Tubería, Válvulas y accesorios – Agua Contra Incendios	_____	218
Tabla 5.11	Equipo - Agua Contra Incendios	_____	218
Tabla 5.12	Materiales Cubiertas Bombas	_____	219
Tabla 5.13	Requerimientos de materiales – Cubierta Bombas Diesel	_____	219
Tabla 5.14	Requerimientos de materiales – Cubierta Bombas Agua Contra Incendio	_____	219
Tabla 5.15	Requerimientos de materiales – Escalera Tanque	_____	219
Tabla 5.16	Materiales	_____	220
Tabla 5.17	Equipos	_____	221

CAPITULO VI

Tabla 6.1	Costos del proyecto de Diseño	_____	223
Tabla 6.2	Cotización de Servicios de diseño PETROAFIN S.A.	_____	224
Tabla 6.3	Costo cubierta Bombas Diesel	_____	226
Tabla 6.4	Costo cubierta Bombas Agua Contra Incendio	_____	227
Tabla 6.5	Costo cubierta Escalera Tanque	_____	227
Tabla 6.6	Costo Isla de Descarga	_____	228
Tabla 6.7	Costo Isla de Carga	_____	228
Tabla 6.8	Costos Estructuras Metálicas	_____	228
Tabla 6.9	Costos Tanques de Almacenamiento – Primera etapa	_____	229
Tabla 6.10	Listado de equipos y materiales – Sistemas de tubería primera	_____	230

	etapa		
Tabla 6.11	Costos de Materiales – Sistemas de Tubería primera etapa	_____	230
Tabla 6.12	Costos de Equipos – Sistemas de Tubería Terminal	_____	231
Tabla 6.13	Costo Mano de obra – Instalación sistemas de tubería	_____	232
Tabla 6.14	Costo Total Instalación sistemas de tuberías Terminal primera etapa	_____	233
Tabla 6.15	Costo distribución eléctrica Terminal	_____	238
Tabla 6.16	Costo obra Civil – Implementación Terminal Primera etapa	_____	238
Tabla 6.17	Costos varios de legalidad del proyecto	_____	239
Tabla 6.18	Costo TOTAL de Implementación de la Terminal de Almacenamiento – primera etapa	_____	239

INDICE DE GRAFICOS

CAPITULO II

Gráfico 2.1	Tendencia del consumo de Diesel en Manabí, período 1988-2003	_____	30
Gráfico 2.2	Expansión industrial en la provincia de Manabí	_____	32
Gráfico 2.3	Consumo de Diesel eléctrico en Manabí, período 1995-2001	_____	34
Gráfico 2.4	Dimensiones del cubeto No 1 según distancias mínimas	_____	43
Gráfico 2.5	Dimensiones del cubeto No 2 según distancias mínimas	_____	45
Gráfico 2.6	Dimensiones generales del terreno de implantación	_____	51

CAPITULO IV

Gráfico 4.1	Esquema de las aperturas y anexos del Tanque	_____	78
Gráfico 4.2	Manhole	_____	90
Gráfico 4.3	Tipos de refuerzos	_____	90
Gráfico 4.4	Boquilla bridada – Carga de Combustible	_____	92
Gráfico 4.5	Boquilla bridada – Descarga de Combustible	_____	94
Gráfico 4.6	Dimensiones de la brida que une a la tubería	_____	96
Gráfico 4.7	Brida ciega – Tapa toma muestras	_____	97
Gráfico 4.8	Apertura de venteo	_____	99
Gráfico 4.9	D.C.L peldaño escalera	_____	104
Gráfico 4.10	Sección transversal peldaño escalera	_____	104
Gráfico 4.11	Diagramas Cortante y Flector – Peldaño escalera	_____	105
Gráfico 4.12	Esquema tramo escalera	_____	106

Gráfico 4.13	D.C.L. Tramo escalera	_____	107
Gráfico 4.14	D.C.L. Elemento soporte escalera	_____	109
Gráfico 4.15	Sección transversal – Soporte escalera	_____	109
Gráfico 4.16	D.C.L. soldadura – Soporte escalera	_____	111
Gráfico 4.17	Soldadura a tope simple con platina de soporte	_____	132
Gráfico 4.18	Junta entre la base y el cuerpo del tanque	_____	133
Gráfico 4.19	Junta vertical a tope sobra planchas del cuerpo	_____	133
Gráfico 4.20	Junta horizontal a tope sobra planchas del cuerpo	_____	134
Gráfico 4.21	Juntas entre planchas del techo del tanque	_____	134
Gráfico 4.22	Juntas entre el techo y el cuerpo del tanque	_____	135
Gráfico 4.23	Línea de tubería de Carga hacia el punto más lejano	_____	139
Gráfico 4.24	Esquema para balance de energías en línea de Carga	_____	140
Gráfico 4.25	Línea de tubería de Descarga hacia el punto más lejano	_____	149
Gráfico 4.26	Esquema para balance de energías en línea de Descarga	_____	150
Gráfico 4.27	Línea de tubería de Interconexión hacia el punto más lejano	_____	156
Gráfico 4.28	Esquema para balance de energías en línea de Interconexión entre tanques	_____	157
Gráfico 4.29	Cubierta Bombas Diesel	_____	166
Gráfico 4.30	Fuerzas actuantes en cubierta bombas Diesel	_____	166
Gráfico 4.31	Distancias – Cubierta bombas Diesel	_____	167
Gráfico 4.32	Convención de signos utilizada para el análisis de cubiertas	_____	170
Gráfico 4.33	Línea de tubería de Agua Contra Incendio hacia los puntos más lejanos	_____	188
Gráfico 4.34	Esquema balance de energías - línea Agua Contra Incendios	_____	189
Gráfico 4.35	Agua Contra Incendio	_____	196
Gráfico 4.36	Fuerzas actuantes en cubierta bomba Agua Contra Incendio	_____	196

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO II

Figura 2.1	Fotos terreno de implantación	_____	50
------------	-------------------------------	-------	----

CAPITULO III

Figura 3.1	Estructura de los suelos	_____	65
Figura 3.2	Estratificación del terreno	_____	66
Figura 3.3	Diversidad del terreno bajo una estructura	_____	66

Figura 3.4	Tipos de zapatas	_____	71
Figura 3.5	Tipos de cimentaciones corridas	_____	72

CAPITULO IV

Figura 4.1	Arreglo de planchas del fondo	_____	81
Figura 4.2	Dimensiones generales de escalera	_____	101
Figura 4.3	Escalera circunferencial	_____	103
Figura 4.4	Análisis estructural – Peldaño escalera	_____	105
Figura 4.5	Radio de esfuerzos – Soporte escalera	_____	110
Figura 4.6	Unión techo – cuerpo del tanque	_____	116
Figura 4.7	Numeración de elementos de estructura Bombas Diesel	_____	172
Figura 4.8	Radios de esfuerzos críticos – Cubierta Bombas Diesel	_____	172
Figura 4.9	Curvas características – Bombas contra Incendio	_____	183
Figura 4.10	Bomba centrífuga vertical accionada por motor eléctrico	_____	184
Figura 4.11	Partes equipo contra Incendio	_____	193
Figura 4.12	Numeración de elementos de estructura Bombas C.I	_____	199
Figura 4.13	Caja de revisión provista por sello hidráulico - Detalles	_____	208
Figura 4.14	Áreas de tanques con muros de contención – Detalles	_____	209
Figura 4.15	Instalaciones comunes de juntas de expansión	_____	213
Figura 4.16	Junta de expansión de arco sencillo en elastómero y brida de hule	_____	214

INDICE DE ANEXOS

ANEXO A	PLANOS
ANEXO B	CORRIDA PROGRAMA SAP 2000
ANEXO C	DETALLE DE SOLDADURAS
ANEXO D	TABLAS Y FIGURAS
ANEXO E	DISEÑO DE TUBERÍAS

RESUMEN

El presente proyecto de grado denominado “Diseño de la Terminal de almacenamiento de Diesel para el abastecimiento del sector Industrial de la provincia de Manabí”, es realizado por la necesidad de la Comercializadora de Combustibles PETROLRIOS, de abrirse campo en el abastecimiento de Diesel al sector industrial.

Para poder abastecer a este sector, es requisito indispensable, contar con una propia terminal de almacenamiento con capacidad mínima de 100000 galones por producto, según Decreto Ejecutivo 2024 de Marzo del 2001. Teniendo en la actualidad la Comercializadora PETROLRIOS una gran acogida en la Provincia de Manabí, adquirió un terreno en dicha provincia, en el cantón de Santa Ana, donde pretende implementar la Terminal.

El paso previo para la Implementación, es contar con un Diseño, el cual debe estar basado en Normas y Estándares vigentes en Ecuador y que rigen para este tipo de infraestructuras. En primera instancia se realizó un estudio de la demanda de Diesel en el sector de Manabí, de ahí se sacaron datos precisos para determinar la capacidad de almacenamiento, a una proyección de 20 años; por lo que el Diseño de la Terminal tiene dos etapas, la primera que abarca la demanda programada hasta el año 2014 con una capacidad de de almacenamiento de 380 m^3 (100386 gal) distribuidos en dos tanques verticales de 190 m^3 de capacidad cada uno y la segunda hasta el año 2024 con una capacidad de almacenamiento de 188.4 m^3 (49770 gal) distribuidos en dos tanques verticales de 94.2 m^3 de capacidad cada uno.

Luego se procedió al Diseño de la Implantación general, donde se distribuyó las diferentes áreas que constan en la Terminal, tales como: Planta Administrativa, Planta de Control, Parqueaderos para Autotanques y administrativos, Área de Tanques de almacenamiento, Área de Bombas diesel, Islas de Carga, Piscina Contra Incendio, Bombas contra Incendio y Vías internas. La distribución de las diferentes áreas se la realizó en base al

compendio de Normas de Seguridad e Higiene Industrial de PETROECUADOR.

El Diseño básico constó de un estudio de los diferentes requerimientos para la funcionabilidad de la terminal, como es: Cálculo de número de islas necesarias para el abastecimiento y despacho del producto, capacidad de la piscina Contra incendio, Dimensionamiento de vías internas, distribución de la planta administrativa entre otros.

Teniendo el estudio básico se procedió al diseño en detalle la tanquería, en base a la norma API 650 – 1998 con Adenda del 2000. Se diseño los tanques correspondientes a la primera etapa, aquí se dimensionó las diferentes aperturas y accesorios y se realizó un análisis completo que prevé una estabilidad y correcto funcionamiento,

Posteriormente se diseñó los sistemas de tuberías en base a la Norma ASME B31.3, para la carga y descarga de combustible, el sistema de interconexión entre tanques y el sistema de Agua contra Incendios. Primero se realizó un análisis hidráulico donde se determinó las presiones y la capacidad de las bombas de combustible y la bomba contra incendio, posteriormente se calculó el espesor de la tubería y un análisis de esfuerzos de cada sistema.

El diseño contempla también las características del terreno de implantación y los requisitos del sistema de drenaje. Concluyendo con el diseño en detalle, se obtuvo las tablas de equipos y materiales necesarios para la implementación y las hojas de fabricación de los tanques.

Finalmente se presenta un estudio económico del proyecto de diseño y un análisis de costos de la implementación de la terminal.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1. Presentación

El presente proyecto de tesis de grado, es producto de la necesidad de la Comercializadora Petrolrios de ingresar en un nuevo segmento de comercio dentro de la comercialización de los combustibles derivados de los hidrocarburos, para lo cual se requiere la presentación de una Terminal de almacenamiento de combustibles que pueda implementarse en la medida de las necesidades de mercado asociadas a este tipo de proyectos

La Comercializadora PETROLRÍOS, en la actualidad tiene como actividad el abastecimiento de combustible al sector automotriz y cuenta con más de 50 estaciones de servicios afiliadas y localizadas en su mayoría en el Centro del país, no obstante, la comercializadora pretende ingresar en un nuevo mercado, que es el abastecimiento de Diesel al sector industrial, para lo cual debe ser calificada por la Dirección Nacional de Hidrocarburos, siendo uno de los requisitos más importantes contar con una propia terminal de almacenamiento de combustible, con capacidad mínima de 100.000 galones por producto, de conformidad con el Decreto Ejecutivo 2024 de Marzo del 2001.

Teniendo PETROLRÍOS una fuerte acogida en la Provincia de Manabí, pretende establecer para esta región la implementación de la Terminal, para lo cual, contrató a la empresa de Servicios Petroleros PETROAFIN S.A, para que se encargue de la ejecución del proyecto, debido a que cuenta con la experiencia y los permisos necesarios para la elaboración y ejecución de proyectos de esta índole.

El inicio de la ejecución de la Terminal de Almacenamiento, es presentar el Diseño de la misma, el cual debe estar basado bajo Normas de Diseño y

Seguridad que garanticen una adecuada manipulación del producto Combustible.

La empresa Petroafin S.A. en su constitución como empresa Certificadora de Calidad, Cantidad y de Seguridad Industrial a tomado en cuenta la aplicación estricta de las normas, procedimientos y estándares vigentes en el país para la ejecución de proyectos hidrocarburíferos.

La elaboración del presente proyecto, como punto de partida para la Implementación de la Terminal de Almacenamiento, permitirá contar con un Diseño acertado, confiable y seguro.

1.2. Definición del problema

La Comercializadora PETROLRIOS S.A. ha iniciado el proceso de calificación en la Dirección Nacional de Hidrocarburos, para la distribución de Diesel al sector Industrial. El requerimiento más importante es el contar con una terminal de almacenamiento del producto con capacidad mínima de 100000 galones, dicho centro de almacenamiento debe estar sujeto a las normas de Seguridad Industrial vigentes en el Ecuador y su diseño debe estar realizado en base a normas internacionales y Nacionales tales como las API, ASME, NPF entre otras, que garanticen una correcta funcionalidad del Centro de almacenamiento y distribución.

Ya que esta terminal maneja productos combustibles, es necesario que cuente con una infraestructura que garantice una correcta operación del mismo, siendo el Diesel un producto volátil se deberá prever de todas las providencias necesarias para que su almacenamiento y distribución cumpla con los requerimientos de seguridad industrial y protección ambiental vigentes en el país. Por lo tanto el presente Diseño estará fundamentado bajo Normas y estándares Internacionales para el manejo de combustibles y de seguridad Industrial.

La empresa Petroafin S.A. está a cargo de todos los aspectos técnicos necesarios para cumplir con los requerimientos de la calificación de Petrolrios S.A. en el sector Industrial, por lo que se plantea el diseño de la Terminal de almacenamiento de Diesel como punto de partida para lograr la calificación.

1.3. Justificación e Importancia.

El presente proyecto es el punto de partida que empleará la Comercializadora Petrolrios para alcanzar su objetivo de expansión comercial hacia el abastecimiento de Diesel al sector industrial.

La necesidad de incurrir en este nuevo segmento de comercio, a llevado a que esta comercializadora requiera de los servicios que la empresa Petroafin S.A. ofrece, debido principalmente a la acogida que ésta tiene por su prestigiosa labor basada en procesos tecnológicamente confiables y económicamente aceptables.

PETROAFIN S.A. es una empresa Certificadora en el ámbito hidrocarburífero, bajo su mando se han ejecutado innumerables proyectos relacionados con el abastecimiento de combustibles Su experiencia en el manejo de normas, permite desarrollar un proyecto que cumpla con las más exigentes normas de Diseño y de Seguridad Industrial aplicables en el país, garantizando un diseño confiable en la práctica, a costos razonables y factible para su implementación.

La importancia del presente proyecto radica en que se ofrecerá a la comercializadora Petrolrios el diseño de una Terminal de almacenamiento analizada bajo normativas apropiadas y vigentes en el país, para de esta manera tener un sistema de almacenamiento confiable y seguro

Desde el punto de vista del alumno proyectista, realizar el diseño en detalle de la parte mecánica de la terminal de almacenamiento de diesel le

proporcionará mayores conocimientos además de los ya obtenidos a lo largo de la carrera, se pondrá en práctica desde el punto de vista de factibilidad la teoría proporcionada en clases y se evaluará su propio trabajo con la finalidad de presentar un proyecto con bases en ingeniería acertadas y un análisis de cada una de las partes que conforman el proyecto de manera minuciosa ingeniosa y profesional .

1.4. Objetivos.

- 1 Realizar el estudio de la capacidad y diseño básico de la terminal de almacenamiento.
2. Realizar un estudio descriptivo de las características del terreno y las cimentaciones necesarias para este tipo de infraestructura
3. Realizar el diseño de la parte mecánica en detalle del proyecto en base a los parámetros de capacidad, proyección a 20 años y normas Nacionales e Internacionales de seguridad industrial.
4. Obtener las características técnicas de los equipos y materiales necesarios para la implementación de la terminal
5. Generar un estudio de costos de la terminal de almacenamiento.
6. Obtener las conclusiones y recomendaciones que surjan durante el avance paulatino del ideal.

1.5. Alcance

Realizar el diseño a nivel de detalle de la parte mecánica de la terminal de almacenamiento de diesel suponiendo un terreno adecuado para este tipo de infraestructura y con una proyección a 20 años.

CAPÍTULO II

DISEÑO BÁSICO

2.1. Estudio de la tendencia de consumo de Diesel

2.1.1. Estudio de la demanda

El estudio de la tendencia de consumo de Diesel en la Provincia de Manabí, está basado en dos parámetros: La demanda de diesel y el incremento del sector industrial en esta provincia. Con estos dos datos básicos, se realizara la proyección a 20 años del consumo de Diesel 2 industrial y así calcular una estimación de la capacidad de almacenamiento de la terminal en las dos etapas de desarrollo del proyecto; una etapa inicial con una capacidad de almacenamiento que comprenda el consumo de diesel hasta el año 2014, y una segunda y última etapa, que contempla la capacidad de almacenamiento para un consumo de diesel hasta el año 2024, abarcando así la duración del proyecto de 20 años.

Según los datos obtenidos de Estadísticas de Planificación de Petroecuador y Unidad de Programación de Petrocomercial el consumo total de Diesel 2 (Industrial y automotriz) en la provincia de Manabí para el año 2003 es de 1218942 barriles/año.

Existe fluctuaciones muy acentuadas de la demanda entre los años 1993 y 1998, debido entre otras cosas al los estiajes provocados por los largos e intensos veranos que sumado a los problemas existentes en la reserva de Paute, provocó que la demanda de diesel incremente notablemente por el abastecimiento de los sistemas termoeléctricos, para luego normalizar el consumo cuando la temporada de lluvia permitía un desempeño normal de las empresas hidroeléctricas. A partir del año 1998 la demanda de diesel en la

provincia de Manabí ha tenido un incremento con tendencia lineal debido entre otras cosas al incremento del mercado industrial ya que la ciudad de Manta principalmente, en la actualidad presenta una economía favorable para la inversión.

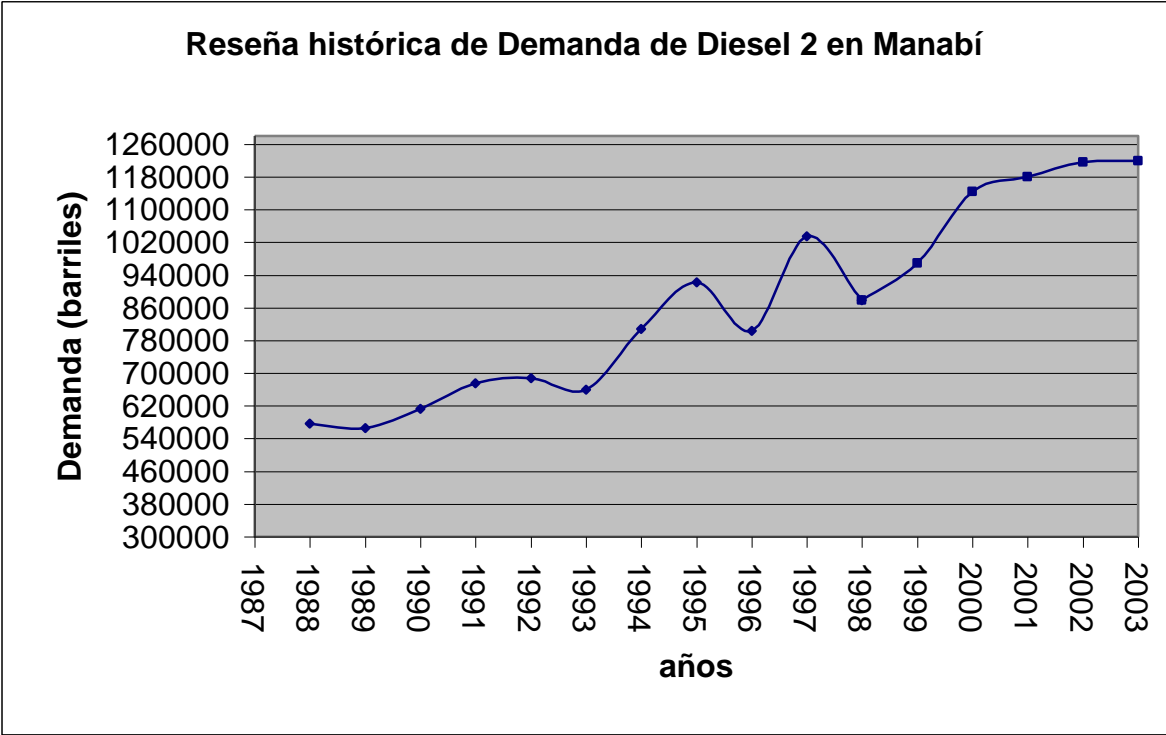


Gráfico No 2.1. Tendencia del consumo de diesel en Manabí, período 1988 – 2003

Fuente: Estadísticas de Planificación – PETROECUADOR.
Unidad de Programación – PETROCOMERCIAL

Para encontrar el incremento promedio del consumo de diesel anual, a partir del año 2005 hasta el año 2024 se analiza la tabla No. 1, obtenida de la Unidad de programación de Petrocomercial, en la cual se encuentran los consumos estimados de Diesel 2 en la provincia de Manabí (Terminal Manta), para los próximos 10 años, según los registros de la base de datos que analiza el incremento anual de los productos por terminales y depósitos

Tabla No 2.1. Demanda de Diesel en Terminales y Depósitos por años
(período 2004 – 2014), Terminal de Manta

año	Cantidad (barriles)	Incremento anual (%)
2004	1255511	-
2005	1294431	3.1
2006	1330675	2.8
2007	1367934	2.8
2008	1404868	2.7
2009	1442800	2.7
2010	1481755	2.7
2011	1520281	2.6
2012	1559808	2.6
2013	1598803	2.5
2014	1638773	2.5
Promedio		2.7

Fuente: Unidad de Programación - PETROCOMERCIAL.

Según los datos de la tabla No. 1, el incremento del consumo de Diesel 2 tiene un promedio de 2.7%, para los cálculos de proyección a 20 años, los datos obtenidos se detallan a continuación:

Tabla No. 2.2. Proyección del consumo de Diesel en Manabí a 20 años

Cifras en barriles							
Año	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Cantidad	1289410	1324224	1359978	1396697	1434408	1473137	1512912
año	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Cantidad	1553760	1595712	1638796	1683044	1728486	1775155	1823084
año	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
Cantidad	1872307	1922860	1974777	2028096	2082854	2139092	

El segundo punto a analizar para realizar una estimación de la demanda en los próximos 20 años es el incremento del sector industrial en Manabí. Como lo muestra el gráfico No. 2 existe un aumento constante de compañías tanto limitadas como anónimas, Para el año 2001, 84 son las compañías del sector industrial de Manabí registradas en la superintendencia de Compañías, comparadas con las 63 compañías

registradas en el año 1995, se concluye que el mercado industrial a incrementado gradualmente.

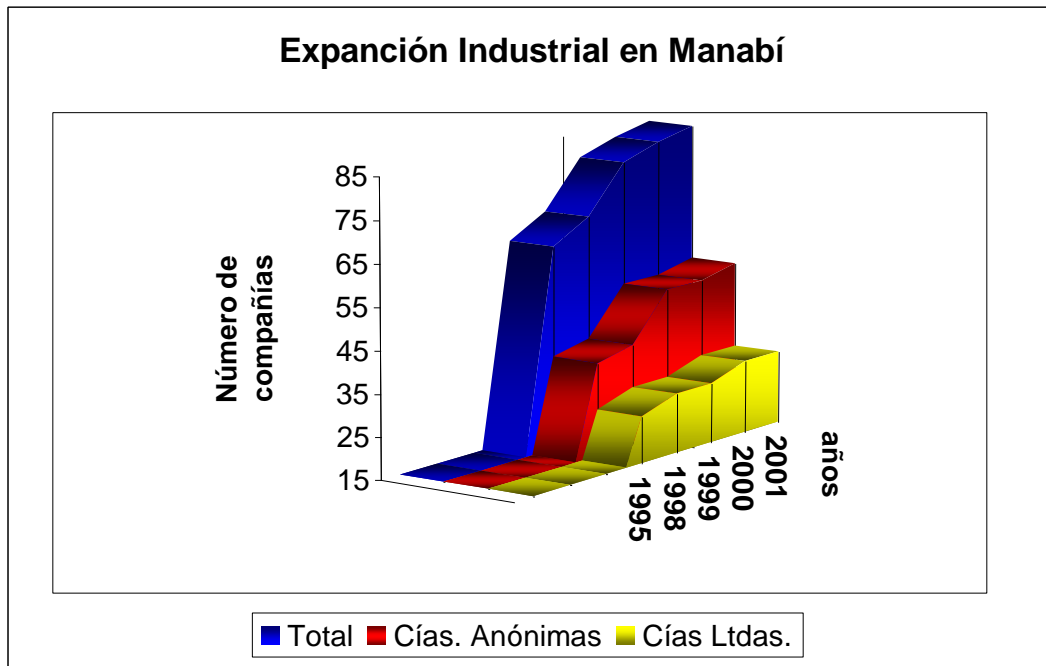


Gráfico No 2.2. Expansión Industrial en la provincia de Manabí

Fuente: Anuario de estadísticas de la Superintendencia de Compañías

A continuación se presenta un listado de las principales industrias de Manabí que consumen Diesel 2 abastecido por Petrocomercial en Manta:

Tabla No. 2.3. Industrias y Demanda de Diesel en Manabí

Industrias	Demanda en Barriles (Año 2000)
Industrias Ales C.A	4738
Conservas Isabel Ecuador S.A.	2286
Inepaca	3000
Camaronera Manabita Cia. Ltda...	71
Cia. Elabor. de café El Café	1786
Dan Química C.A.	143
Poggi Barbieri Cia. Ltda.	810

Fuente: Petrocomercial

Tabla No. 2.3. Industrias y Demanda de Diesel en Manabí (Continuación)

Industrias	Demanda en Barriles (Año 2000)
Hospital Rodríguez Zambrano	190
Comercial Santa Cedeño Cosace	1257
Cia. Transporte Carga Ciud. Rodrigo	5117
Gas. Est. Ser. "Aeropuerto"	19976
Const. Julio Santos y Asociado	929
Baltmnata S.A.	143
CAm. Marcelo Velez	286
Cantera Basçaltica Picoaza S.A.	286
Cridec S.A.	214
Herdoiza Crespo Construct. S.A.	2195
Canteras Uruzca S.A.	417
Costapac Larvas S.A.	71
Coop. Interprovincial Manabita de Tans.	1187
Mantaoro, Hotelera Manta S.A.	143
Agregados Rocafuerte Agrefort.	687
Hormigones Rocafuerte Horfifor.	195
Cons. Civiles Asoc. S.A. Cosiasa	1714
Op. Y Proc. Prod. Marinos. Hormasa S.A.	143
ABB Susa Inc.	114
Coop. Intpr. Tr. Psd. Crg. Did. Imo	952
Coop. Tr. Psd. Crg. El Carmen	667
Empresa pesquera Polar S.A.	1619
Ecuatoriana de construcciones	6857
Const. Norberto Odebrecht S.A.	5714
Vial Fabara y Asociados Cia. Ltda..	463
Cuerpo de Ingenieros del ejercito	786
Total	65.155

Existe incremento significativo del 15% de la demanda de diesel industrial entre el año 2001 y 2004, como lo muestra la tabla No. 4, debido a que las proyecciones de expansión de mercado industrial en esta provincia son bastante favorables, ya que su economía sobretodo en la ciudad de Manta han mejorado notablemente, haciendo de esta provincia una zona de inversión provechosa.

Tabla No 2.4. Demanda de diesel industrial en Manabí período 2001 - 2004

Año	2001	2002	2003	2004
Manabí	415010	432050	462750	477400

Fuente: Petrocomercial

Existen dos empresas eléctricas importantes en la provincia de Manabí, la Empresa Eléctrica regional de Manabí y una termoeléctrica de soporte privado.

La demanda de diesel eléctrico a lo largo de la historia siempre a tenido muchas fluctuaciones, debido a que el consumo en este sector tiene como variable importante las temporadas de caudal mínimo, donde la reducción del nivel de agua para el funcionamiento de las empresas hidroeléctricas obligan a tener un soporte de sistemas termoeléctricos para un abastecimiento normal de electricidad en el sector, así mismo, las industrias en general optan por tener generadores termoeléctricos para evitar paros en la producción debido a cortes repentinos o programados de la distribución eléctrica, de esta manera mientras más inestable sea el abastecimiento normal de electricidad, el consumo de diesel eléctrico aumentará gradualmente, así lo demuestra la gráfica No 3, que destaca el consumo en el sector eléctrico en un período desde 1995 - 2001.

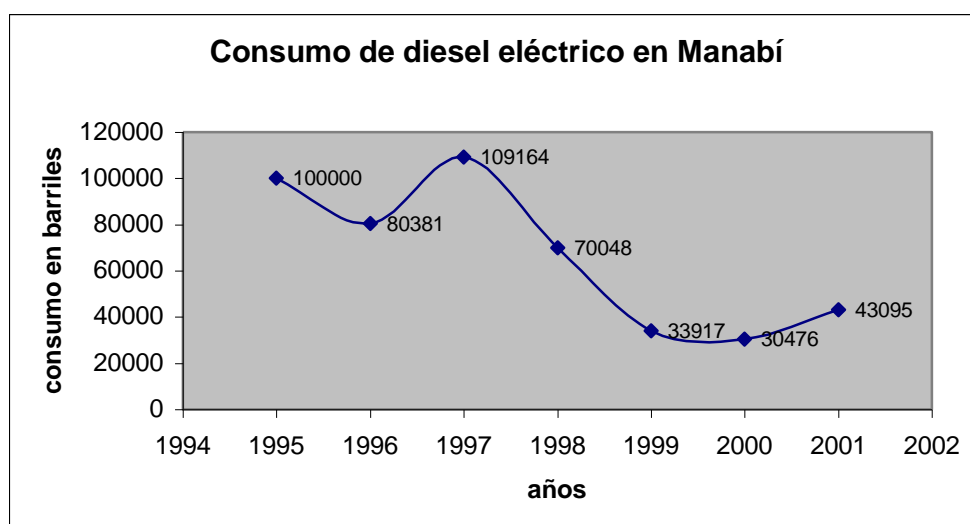


Gráfico No 2.3. Consumo de diesel eléctrico en Manabí, período 1995 - 2001

Fuente: Petrocomercial

Asumiendo un incremento anual del consumo de Diesel eléctrico igual a 2.7% (igual que el diesel industrial), para el año 2004 el consumo será de 46681 barriles.

En la tabla siguiente se presentan las relaciones de consumo del Diesel Industrial y eléctrico (según tabla No 2.4 y gráfico No 2.3) con el Consumo Total de Diesel en Manabí (según grafico No2.1) para el período 2001-2003

Tabla No 2.5 Consumo Diesel Industrial vs Consumo de Diesel Total en Manabí, período 2001 - 2003

Año	Consumo Total de Diesel (barriles)	Consumo de Diesel Industrial y eléctrico (barriles)	Consumo del Diesel Industrial con respecto al Consumo Total
2001	1179909	458105	39%
2002	1215776	476222	39%
2003	1218942	508027	42%
2004	1255511	524081	42%

En base al estudio realizado de la Demanda de Diesel, se sacan las siguientes conclusiones:

1. Analizando la proyección del consumo Total de Diesel (Industrial, eléctrico y Automotriz) desde el año 2004 al 2014 (Datos obtenidos de la Unidad de planificación de Petrocomercial) se observa que existe una tendencia al incremento del consumo de un 2.5% anual.
2. Analizando la tabla No 2.5. se observa que el consumo de diesel Industrial y eléctrico representa aproximadamente el 41% del consumo Total de Diesel para la provincia de Manabí.

En la tabla siguiente se presentan las proyecciones de la demanda de Consumo de Diesel Industrial y Eléctrico en la provincia de Manabí, asumiendo un incremento anual del consumo total de Diesel en un 2.5% y considerando

una relación de consumo del Diesel Industrial y eléctrico con respecto al Consumo Total igual al 41%.

Tabla No. 2.6. Proyección del consumo de Diesel Industrial y Eléctrico en Manabí a 20 años

Cifras en barriles							
Año	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Cantidad	528658	542932	557591	572646	588107	603986	620294
año	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Cantidad	637042	654242	671906	690048	708679	727814	747464
año	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
Cantidad	767646	788373	809659	831519	853970	877028	

2.1.2. Demanda anual del producto y proyección a 20 años

La demanda anual de Diesel en la Comercializadora, permitirá establecer la capacidad de almacenamiento que tendrá la terminal, y este valor es un porcentaje de la demanda total de diesel industrial y eléctrico de la provincia de Manabí.

En la actualidad 6 son las comercializadoras que están calificadas para el abastecimiento de Diesel en el sector Industrial, de estas 3 abastecen Industrialmente en la provincia de Manabí, no obstante, el hecho de contar con una Terminal de Almacenamiento en este sector es muy ventajoso ya que se puede distribuir directamente a las Industrias sin el enlace con Petrocomercial.

Por lo tanto se estima ingresar y mantener en el mercado con un volumen de ventas igual al 30% ¹ de la demanda total existente en la zona de influencia, así:

¹ Criterio del Diseñador

D_{TM} = Demanda de Diesel en Terminal Almacenamiento de Diesel en Manabí

V_{VT} = Volumen de ventas Diesel Industrial y Eléctrico en la zona de influencia

$$D_{TM} = 30\% \times V_{VT} \quad (2.1)$$

En la tabla siguiente se detalla la demanda por años para el proyecto de Terminal de Almacenamiento de Diesel

Tabla No 2.7. Proyección de la Demanda de Diesel para el Proyecto de Terminal de Almacenamiento

Descripción	Anual en barriles	Mensual en barriles
Demanda proyectada para el año 2005	158597	13216
Demanda proyectada para el año 2014	201572	16798
Demanda proyectada para el año 2024	263108	21926

2.2. Dimensionamiento de la tanquería

Para dimensionar la tanquería requerida en base a la demanda, se deben tomar ciertas consideraciones importantes, que se detallan a continuación:

1. Los tanques de almacenamiento, son para recepción de un solo producto "Diesel"
2. Las condiciones de operación son tales, que un tanque puede recibir o despachar el producto, pero no puede realizar las dos operaciones simultáneamente, lo que implícitamente significa que mínimo debe contar la terminal con dos tanques de almacenamiento para cumplir con la restricción planteada.
3. Para el dimensionamiento en si, se deberá tomar como reserva estratégica del producto, mínimo de tres días, lo que quiere decir que en

cualquier instante del proceso de abastecimiento, la cantidad mínima de producto en los tanques debe ser igual a tres veces su demanda diaria.

4. Según el registro oficial N° 445, decreto N° 2024, “Reglamento para autorización de actividades de comercialización de combustibles líquidos derivados de los hidrocarburos”, la capacidad mínima de almacenamiento requerida para ingresar a la comercialización de combustibles líquidos al sector industrial es de 100000 galones

Para dimensionar a los tanques se debe basar en función de la tanquería máxima total, cuya formula expresada por William Brothers es la siguiente:

$$TMO = (Demanda \times 1.2) + Reserva\ estratégica \quad (2.2)$$

Donde:

TMO = Tanquería máxima operativa

Demanda = Demanda diaria de Diesel

1.2 = Factor que toma en cuenta picos de la demanda y fluctuaciones de inventario

Reserva estratégica: Criterio de diseñador, que determine cual será la reserva de combustible expresada en demanda diaria, en caso de existir un desabastecimiento temporal debido a varios factores como problemas de transportación, despacho desde Petrocomercial, etc.

$$TMT = \frac{TMO}{0.86} \quad (2.3)$$

Donde:

TMT = Tanquería máxima total

0,86 = Factor que toma en cuenta el volumen del tanque que no se bombea por razón de la mínima altura de la válvula de salida del tanque.

El proyecto va a ser ejecutado en dos etapas, la primera que abastecerá la demanda de combustible proyectada hasta el año 2014 y la segunda que abastecerá la demanda proyectada hasta el año 2024, se dimensionará la tanquería en estas dos etapas.

Año 2005:

$$Demanda = 13216 \frac{\text{barriles}}{\text{mes}} = 440.5 \frac{\text{barriles}}{\text{dia}}$$

$$TMO = Demanda \times 1,2 + \text{Reserva estratégica}$$

$$TMO = 440.5 \times 1,2 + (440.5 \times 3) = 1850 \text{ barriles}$$

$$TMT = \frac{TMO}{0.86} = \frac{1850}{0.86}$$

$$TMT = 2151 \text{ barriles} = 90356 \text{ galones}$$

$$TMT = 342m^3$$

Año 2014:

$$Demanda = 16798 \frac{\text{barriles}}{\text{mes}} = 560 \frac{\text{barriles}}{\text{dia}}$$

$$TMO = Demanda \times 1,2 + \text{Reserva estratégica}$$

$$TMO = 560 \times 1,2 + (560 \times 3) = 2352 \text{ barriles}$$

$$TMT = \frac{TMO}{0.86} = \frac{2352}{0.86}$$

$$TMT = 2735 \text{ barriles} = 114861 \text{ galones}$$

$$TMT = 435m^3$$

Año 2024:

$$Demanda = 21926 \frac{\text{barriles}}{\text{mes}} = 731 \frac{\text{barriles}}{\text{dia}}$$

$$TMO = Demanda \times 1,2 + \text{Reserva estratégica}$$

$$TMO = 731 \times 1,2 + (731 \times 3) = 3070 \text{ barriles}$$

$$TMT = \frac{TMO}{0.86} = \frac{3070}{0.86}$$

$$TMT = 3569 \text{ barriles} = 149920 \text{ galones}$$

$$TMT = 568m^3$$

La tanquería máxima para el año 2014 es de 114861 galones o 435 m³. Debido a las restricciones de carga y descarga, la terminal debe tener mínimo dos tanques de almacenamiento, además que para el inicio del proyecto se debe contar con una capacidad de almacenamiento mínima de 100000 galones (según decreto ministerial 2024). Las dimensiones de los tanques para la primera etapa del proyecto serán tales que contemple el requisito de almacenamiento mínimo y que sus dimensiones sean estandarizadas por la norma API 650 la cual rige para este tipo de diseño

La tanquería máxima para el año 2024 es de 149920 galones o 568 m³, el o los tanques de almacenamiento de la segunda etapa, serán dimensionados en base a la norma API 650, teniendo en cuenta que para la primera etapa, se tendrá que reservar parte del terreno que será ocupado por el o los tanques futuros.

Tabla No 2.8. Dimensiones generales y capacidad de almacenamiento

Etapa	Identificación del Tanque	No de anillos h = 1200 (mm)	Diámetro del tanque (m)	Altura del tanque (m)	Capacidad de almacenamiento nominal (m ³)
1era etapa	TD-01	5	6.35	6	190
	TD-02	5	6.35	6	190
2da etapa	TD-03	4	5.0	4.8	94.2
	TD-04	4	5.0	4.8	94.2
Total					568.4

Las capacidades de almacenamiento han sido calculadas usando la siguiente fórmula:

$$C = 0,785 D^2 . H$$

Donde: C = Capacidad de almacenamiento
D = Diámetro del tanque, *en metros*
H = Altura del tanque, *en metros*

En la primera etapa se fabricarán dos tanques con un total de capacidad de almacenamiento de 380m³ equivalente a 100385.4 galones, en la segunda etapa del proyecto se fabricará dos tanques con una capacidad de almacenamiento de 188.4m³, equivalente a 49770 galones, dando un total de

568.4 m³, equivalente a 150155.4 galones, con esto se cubre íntegramente la demanda del proyecto.

2.3. Dimensionamiento de los cubetos

Se dimensionará los cubetos en base al Compendio de Normas de Seguridad e Higiene Industriale Petroecuador, Normas SH 006 y SH 023.

Cubeto o dique de contención es una pared, generalmente de concreto, tierra o arena, levantada alrededor de los tanques superficiales de almacenamiento de productos combustibles o inflamables, para retener el líquido almacenado en caso de un derrame, previniendo principalmente:

- a) Disminuir los daños debido a incendios y/o explosiones de un determinado equipo o instalación, sobre los adyacentes.
- b) Evitar la pérdida total del producto debido al esparcimiento del combustible por toda la terminal.
- c) Evitar un posible daño ambiental y garantizar un nivel razonable de protección al personal

Para el dimensionamiento del cubeto se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) El área alrededor del tanque deberá tener una pendiente mínima del 1% hacia los diques de contención para acceder a un adecuado drenaje, ser llana y libre de obstáculos, siendo la distancia desde la pared del tanque hasta el cubeto adecuada para permitir la circulación de equipos de mantenimiento, personal y vehicular.

- b) La capacidad volumétrica del área de contención será igual al volumen del tanque en su máxima capacidad, considerando una altura mínima de 1,0 metros para el dique de contención. En el caso de existir varios tanques dentro de la misma área de contención, su volumen será igual al 150% del volumen máximo del tanque mayor.
- c) La altura máxima de los diques de contención serán de 3 metros.

Existirá un dique para cercar los dos tanques de almacenamiento de la primera etapa, y otro dique cercará los dos tanques de almacenamiento construidos posteriormente.

La distancia desde la pared del tanque hacia el cubeto será mínimo de 3.0 metros, lo cual permitirá una adecuada circulación del personal y del equipo de mantenimiento de los tanques.

Según la norma SH-006 de Petroecuador, la distancia mínima entre los tanques de almacenamiento será de 1/6 la suma de los diámetros de los tanques adyacentes pero no menor a 1.5 metros, para tanques cuyo diámetro sea menor a 46 metros.

Primera etapa:

Distancia entre tanques:

DISTANCIA TD01–TD02

$$distancia\ entre\ tanques = \frac{\sum \phi\ adyacentes}{6}$$

$$distancia\ entre\ tanques = \frac{6.35 + 6.35}{6} = 2,12mts$$

$$altura\ del\ cubeto = 1,20mts$$

Volumen ocupado por los tanques dentro del cubeto

$$\phi_{TD-01} = 6.35\text{mts}$$

$$\phi_{TD-02} = 6.35\text{mts}$$

$$V1 = V2$$

$$h = 1.20\text{mts}$$

$$V1 = \frac{\pi}{4} \phi^2 h = \frac{\pi}{4} (6.35)^2 (1.2) = 38\text{m}^3$$

$$V_{total} = 2 \times V1\text{m}^3 = 76\text{m}^3$$

Dimensiones del Cubeto:

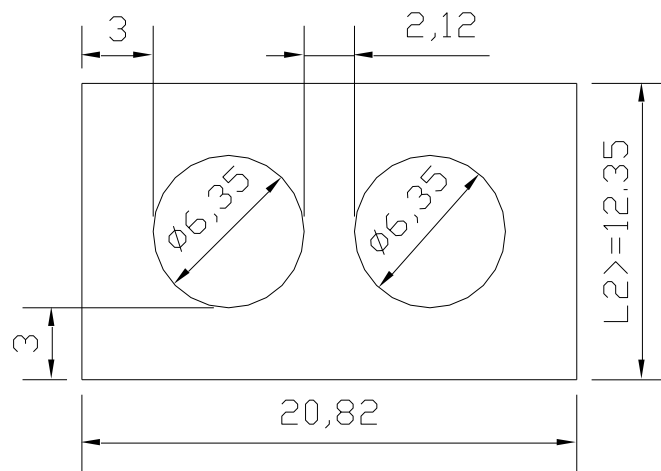


Gráfico No 2.4 Dimensiones del cubeto No 1 según Distancias mínimas

Para más de un tanque dentro del mismo cubeto

Volumen del cubeto = 150% del Volumen del tanque de mayor capacidad

$$V_C = 150\%(V_{TD-01})$$

$$V_C = 150\%(190\text{m}^3) = 285\text{m}^3$$

$$V_C = L1 \times L2 \times hc - V_{total}, \text{ donde}$$

$$L1 = 20.82\text{m} \quad hc = 1,2\text{m} \quad V_{total} = 76\text{m}^3 \quad L2 = ?$$

$$V_C = (20,82\text{m}) \times (1,2\text{m}) \times L2 - 76\text{m}^3$$

$$285 + 76 = (20,82) \times (1,2) \times (L2)$$

$$L2 = \frac{285 + 76}{24,98} = 14.45\text{mts}$$

La longitud L2 calculada, es mayor a 12,35 mts, longitud que cumple con el requisito de distancia mínima desde la pared del tanque hasta el cubeto. Por lo tanto la distancia L2 será: 14,45 mts

Las dimensiones finales del cubeto que cercará los dos tanques de la primera etapa son:

$$L1 = 20,82 \text{ metros}$$

$$L2 = 14,45 \text{ metros}$$

$$h = 1,20 \text{ metros}$$

Segunda Etapa:

En la segunda etapa se dimensionará un cubeto, el cual contendrá los dos tanques TD03 y TD04,

Distancia entre tanques:

DISTANCIA TD03 – TD05

$$\text{distancia entre tanques} = \frac{\sum \phi \text{adyacentes}}{6}$$

$$\text{distancia entre tanques} = \frac{5.0 + 5.0}{6} = 1.7 \text{ mts}$$

$$\text{altura del cubeto} = 1,20 \text{ mts}$$

Volumen ocupado por los tanques dentro del cubeto

$$\phi_{TD-03} = 5.0 \text{ mts}$$

$$\phi_{TD-04} = 5.0 \text{ mts}$$

$$V3 = V4$$

$$h = 1,20 \text{ mts}$$

$$V_3 = \frac{\pi}{4} \phi^2 h = \frac{\pi}{4} (5.0)^2 (1,2) = 23.6 \text{ m}^3$$

$$V_{total2} = 2 \times V3 = 47.2 \text{ m}^3$$

Dimensiones del Cubeto:

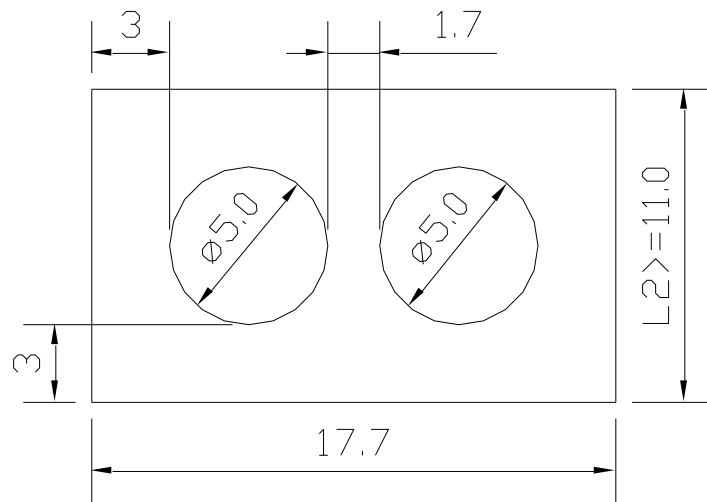


Gráfico No 2.5 Dimensiones del cubeto No 2 según Distancias mínimas

Para más de un tanque dentro del mismo cubeto

Volumen del cubeto = 150% del Volumen del tanque de mayor capacidad

$$V_C = 150\%(V_{TD-03})$$

$$V_C = 150\%(94.2m^3) = 141.3m^3$$

$$V_C = L1 \times L2 \times hc - V_{total2}, \text{ donde :}$$

$$L1 = 17.7m \quad hc = 1.2m \quad V_{total} = 47.2m^3 \quad L2 = ?$$

$$V_C = (17.7m) \times (1.2m) \times L2 - 70m^3$$

$$141.3 + 47.2 = (17.7) \times (1.2) \times (L2)$$

$$L2 = \frac{141.3 + 47.2}{21.24} = 8.9mts$$

La longitud L2 calculada, es menor a 11.0 mts, longitud que cumple con el requisito de distancia mínima desde la pared del tanque hasta el cubeto. Por lo tanto la distancia L2 será: 11.0 mts

Las dimensiones finales del cubeto que cercará los dos tanques de la segunda etapa son:

$$L1 = 17.7 \text{ metros}$$

$$L2 = 11.0 \text{ metros}$$

$$h = 1.20 \text{ metros}$$

2.4. Sistema de recepción del producto

El abastecimiento de Diesel en la terminal de almacenamiento se lo realizará mediante autotanques, los cuales cargarán el combustible desde la Terminal de Productos Limpios de Petro Ecuador de la ciudad de Manta

2.4.1 Recepción por Autotanques

A continuación se calculará tanto el número de autotanques necesarios para suplir la demanda normal del combustible en la planta, como también el tiempo mínimo estimado para el abastecimiento, con estos datos se determinará el número de islas de carga y descarga de combustible.

2.4.1.1 Cálculo del tiempo de carga y número de autotanques

Para realizar estos cálculos se predetermina el caudal de bombeo con el que se va a trabajar en la etapa de abastecimiento de combustible, asumiendo que se abastecerá diariamente de diesel al terminal

$$\text{Caudal de bombeo} \approx 250\text{GPM}^{(2)}$$

Diseño para auto tanques de mayor capacidad existentes en el mercado

Capacidad del auto tanque: 10000 gl.

Tiempo de carga:

² Caudal de bombeo aproximado, el caudal de bombeo real será calculado en el capítulo IV, diseño de tuberías de carga y descarga de Combustible

$$tcd = \frac{\text{Capacidad del tanque}}{\text{Taza de carga}} = \frac{10000 \text{ gl}}{250 \frac{\text{gl}}{\text{min}}}$$

$$tcd = 40 \text{ min}$$

Tiempo de ingreso y salida del vehículo = 10 min (tiempo estimado)

$$t_{\text{total}} = tcd + t(\text{ingreso y salida}) \approx 50 \text{ min}$$

Año 2005:

$$\text{demanda} = 440.5 \frac{\text{bbl}}{\text{dia}} = 18501 \frac{\text{gal}}{\text{dia}}$$

$$\text{No de tanqueros requeridos} = \frac{\text{demanda}}{\text{capacidad del tanque}}$$

$$\text{tanqueros requeridos} = \frac{18501 \frac{\text{gal}}{\text{día}}}{10000 \frac{\text{gl.}}{\text{tanquero}}} = 1.85 \text{ tanqueros}$$

$$\text{tanqueros requeridos} : 2 \times 10000 \text{ gl}$$

$$\text{Tiempo de carga} = 2 \times 50 \text{ min} = 100 \text{ min} = 1 \text{ hora} : 40 \text{ min}$$

Año 2014:

$$\text{demanda} = 560 \frac{\text{bbl}}{\text{dia}} = 23520 \frac{\text{gal}}{\text{dia}}$$

$$\text{tanqueros requeridos} = \frac{23520 \frac{\text{gal}}{\text{día}}}{10000 \frac{\text{gl.}}{\text{tanquero}}} = 2.35 \text{ tanqueros}$$

$$\text{tanqueros requeridos} : 3$$

$$2 \times 10000 \text{ gl} \text{ y } 1 \times 4000 \text{ gl}$$

$$\text{Tiempo de carga} = 2 \times 50 \text{ min} + 1 \times 30 \text{ min} = 130 \text{ min} = 2 \text{ horas} : 10 \text{ min}$$

Año 2024:

$$demanda = 731 \frac{bbl}{dia} = 30702 \frac{gal}{dia}$$

$$tanqueros\ requeridos = \frac{30702 \frac{gal}{día}}{10000 \frac{gl.}{tanquero}} = 3.1 tanqueros$$

tanqueros requeridos : 3 × 10000gl y 1 × 1000gl

Tiempo de carga = 3 × 50min + 1 × 15min = 165min = 2horas : 45min

2.4.1.2 Cálculo del número de islas

Para el cálculo del número de islas requeridas para el abastecimiento normal de combustible, se analiza el tiempo estimado de carga del producto, considerando que las horas ordinarias de trabajo en la terminal de almacenamiento son 8 diarias.

Según lo anterior, para el año 2024 el tiempo estimado de descarga de combustible es de 2 horas 45 minutos, por lo que será necesaria una sola isla, para suplir la demanda de combustible.

Tabla No 2.9. Resumen recepción del producto

Año	No Autotanques	Tiempo de carga	No islas
2005	2	1h40min	
2014	3	2h10min	1
2024	4	2h45min	

2.4.2 Despacho del producto

El despacho del producto hacia el sector industrial, se lo realiza de igual manera por medio de autotanques pertenecientes a las fábricas clientes de la comercializadora, como también de propiedad de Petrolríos S.A.

Los resultados obtenidos de los cálculos del abastecimiento de diesel, serán los mismos que para el despacho, cabe resaltar que el número de autotanques ocupados para el despacho, dependerá de la capacidad de los tanqueros adquiridos para este fin.

Según lo indicado anteriormente, se concluye que se requiere de una isla de descarga para el despacho a los autotanques.

2.5 Implantación general de la terminal

Se dimensionará y se ubicará cada una de las áreas que comprenden la terminal de almacenamiento, de acuerdo con las regulaciones establecidas en normas de seguridad (norma PETROECUADOR SH – 006 “Distancias mínimas de seguridad que deben contemplarse en instalaciones petroleras). Se han definido áreas de: edificaciones, almacenamiento, distribución, parqueo y control, posteriormente se procederá a definir los detalles de cada uno de estos componentes que permitan su funcionalidad y faciliten las actividades operativas en la terminal.

La implantación general de la terminal, donde se encontrarán las disposiciones de las diferentes áreas y sus medidas generales se encuentra detallada en el plano No 01/24 En el Anexo A

2.5.1 Calculo del área de ejecución de la terminal.

Las características apropiadas del terreno para estos proyectos son las detalladas a continuación

- Acceso a carreteras de primer y segundo orden

- Disponibilidad de espacio favorable para localizar cada una de las áreas de ejecución
- Facilidades de energía eléctrica
- Facilidades de agua potable y agua contra incendio.

El terreno con el que cuenta la comercializadora Petriolrios para la ejecución de este proyecto, se encuentra en Km 4 ½ de la vía Manta - Rocafuerte, Parroquia Manta, Cantón Manta, Provincia Manabí, las coordenadas geográficas son las siguientes:

	UTM	GEOGRÀFICAS
LATITUD	98 94319 N	00° 57' 22" S
LONGITUD	17 535692 E	80 ° 40' 45" W

Las dimensiones generales del terreno de implantación son las mostradas a continuación:



Figura No 2.1. Fotos terreno de Implantación

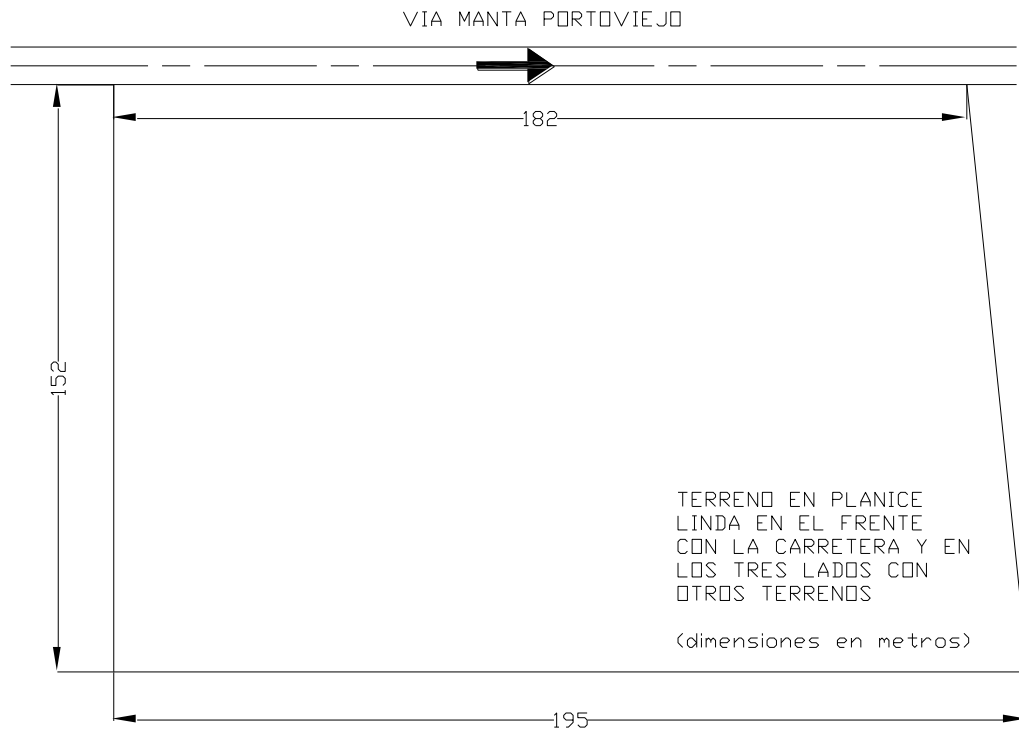


Grafico No 2.6. Dimensiones generales del terreno de implantación

Para calcular el área de ejecución de la terminal se definió todos los componentes civiles de la obra tales como:

- Acceso a la terminal
- Vialidad interna
- Parqueo de tanqueros y vehículos
- Edificio Administrativo
- Cuarto de control
- Tanques de almacenamiento
- Sala de bombas de carga y descarga de tanqueros.
- Islas de carga y descarga del producto
- Reservorios de agua contra incendios
- Sala de Bombas contra Incendios

Todas las vías de acceso al Terminal y las de circulación interna serán dimensionadas de manera que permita la movilidad de los vehículos hacia y dentro de las instalaciones. A continuación se presenta las características de los vehículos de referencia seleccionados para el proyecto

Tabla No 2.10. Características de vehículos del proyecto

CARACTERÍSTICAS DE LOS VEHÍCULOS		DE 335	DE 1525
	Longitud total del vehículo (cm)	580	1678
	Ancho total del vehículo (cm)	234	259
	Altura total del vehículo (cm)	167	214
	Altura de los ojos del conductor (cm)	114	114
	Altura de los faros delanteros (cm)	61	61
	Altura de los faros traseros (cm)	61	61
	Radio de giro mínimo (cm)	732	1372
	Vehículo vacío (peso total kg)	2500	14000
	Vehículo cargado (peso total kg)	5000	30000
	Relación Peso / Potencia (kg/HP)	45	180

Fuente: MOP

El vehículo DE 335 es la referencia para vehículos de mantenimiento y el DE 1525 para la carga y descarga de combustible.

Según la norma SI 006 de Petroecuador las vías internas de circulación tendrán un ancho mínimo de 6 metros, para el proyecto existirá un carril para cada dirección.

La disposición de los equipos dentro del terminal deberá ser normalizado dentro de lo posible y práctico, que prevea el fácil acceso para la operación y mantenimiento de las instalaciones, dentro de las normas de seguridad industrial vigentes en el Ecuador.

2.5.1.1 Área de parqueo

La dimensión del área de parqueo, se divide en dos partes: Área de parqueo de tanques y área de parqueo administrativo y control.

Área de parqueo de tanques

Para el año 2025 el número de tanqueros requeridos es cuatro, por lo tanto este será en número de estacionamientos requeridos.

Vehiculo DE 1525

$$a = 2.59m$$

$$L \approx 17m$$

Dimensiones del estacionamiento

$$a = 3.80m$$

$$L = 17m$$

No estacionamientos : 4

$$ancho_{total} = (\# \text{ estacionamientos} \times ancho \text{ estacionamiento})$$

$$ancho_{total} = (4 \times 3.80m) = 15.20m$$

$$Area = A_T = 15.20 \times 17(m^2)$$

Área parqueo administrativo y control

Se dimensionara para en total de 5 estacionamientos,

Vehiculo DE 335

$$a = 2.34m$$

$$L \approx 6m$$

Dimensiones del estacionamiento

$$a = 3m$$

$$L = 6m$$

No estacionamientos : 5

$$ancho_{total} = (\# \text{ estacionamientos} \times ancho \text{ estacionamiento})$$

$$ancho_{total} = (5 \times 3m) = 15m$$

$$longitud \text{ vehiculo} = 6m$$

$$Area = A_T = 15 \times 6(m^2)$$

La distribución de las áreas de Parqueo se encuentra en el plano No 22/24 en el Anexo A.

2.5.1.2 Área de Planta Administrativa

En la planta administrativa existirán tres ambientes: La planta central, donde funcionara la Administración General de la terminal, el área de cafetería y reuniones y la sección de servicios higiénicos externos.

El esquema arquitectónico de la planta administrativa esta en el Anexo A plano 02/24

2.5.1.3 Sala de Bombas de Combustible

En esta área de ubicará la bomba que lleva el producto desde el autotanque hacia los tanques de almacenamiento y la bomba que lleva el producto desde los tanques de almacenamiento hacia las islas de carga.

En el área de bombas se encuentra una cubierta metálica dentro de la cual irán las bombas de combustible, su dimensionamiento garantiza una adecuada operación y mantenimiento de las mismas y están tomadas en base a las dimensiones generales de las bombas, detalladas en el Capitulo II numeral 4.3 “Control del abastecimiento”. Las medidas generales de la cubierta son:

Longitud frontal:	2.0 metros
Longitud posterior:	2.5 metros.
Altura total:	2.4 metros.

El plano de diseño de la cubierta se encuentra detallado en el Anexo A plano No 09/24

2.5.1.4 Tanques de Almacenamiento

El área reservada para los tanques de almacenamiento, será el área total de la primera y segunda etapa. La disposición de los tanques dentro de los cubetos está detallada en el Anexo A plano No 18/24

Tabla No 2.11. Dimensiones del sector de tanques de almacenamiento

	1era. etapa	2da etapa
L1 (ancho en m)	14.5	11.0
L2 (largo en m)	21.8	17.7
Área en m²	316.1	194.7

$$Area_{tanques} = Area_{1era} + Area_{2da.}$$

$$Area_{tanques} = 316.1 + 194.7 = 510.8m^2$$

2.5.1.5 Piscina contra incendios

Para dimensionar esta área, primero se deberá encontrar la capacidad de almacenamiento de la piscina contra incendios, la norma SH-018 de Petroecuador, rige para este tipo de instalaciones, considerando que el Diesel está dentro de la categoría de líquidos combustibles Clase III

Criterios:

- El diseño del sistema de agua contra incendios estará basado en el principio de que solamente ocurrirá un incendio mayor al mismo tiempo en una instalación
- Cuando la fuente de suministro de agua es limitada (nuestro caso) se requiere una capacidad de almacenamiento mínima de 3 horas, a la demanda máxima de diseño para el incendio único mayor que pueda producirse en una instalación
- La calidad del agua puede ser la misma presentada desde su fuente natural, siempre que esté libre de contaminantes químicos que impidan la formación de espuma contra incendios.

- El caudal de agua contra incendios, se determinará en función de tasas mínimas de aplicación, tomando en cuenta la distancia entre equipos, el tipo de riesgo presente y la naturaleza de los productos involucrados

A continuación se detallan las tasas de aplicación para las zonas más sensibles del terminal

a. Tanques de almacenamiento:

Para tanques que contienen líquidos combustibles clase III, según la norma SH-018 de Petroecuador, el consumo de agua para el enfriamiento del tanque incendiado se determinará utilizando la tasa única de aplicación de 0.48 m³/h x m² (0.2 gpm / pie²), considerando que se requiere enfriar únicamente el 50% del área total de las paredes del tanque (ya que en caso incendio, solamente deberá enfriarse la pared del tanque por encima del nivel del líquido contenido y se supone que la situación prevaleciente es tener los tanques a no menos del 50% de llenado, de igual forma se considerará para el tanque adyacente.

Etapa 1

Area superficial tanque TD-01 y TD-02

$$A_{TD-01} = \frac{1}{2} \pi r_1 h_1 = \frac{1}{2} (\pi \pi) (3.175)(6) = 29.92 m^2$$

$$A_{TD-01} = A_{Td-02}$$

$$A_{Td-02} = 29.92 m^2$$

$$A_{total} = A_{TD-01} + A_{Td-02} = 59.84 m^2$$

$$Agua\ contra\ incendios_{1era\ etapa} = \left(0.48 \frac{m^3}{hxm^2} \right) (59.84 m^2) = 28.72 \frac{m^3}{h}$$

Etapa 2

Area superficial tanque TD-03 y TD-04

$$A_{TD-03} = \frac{1}{2} \pi r_1 h_1 = \frac{1}{2} (\pi) (2.5)(4.8) = 18.85 m^2$$

$$A_{TD-03} = A_{Td-04} = 18.85m^2$$

$$A_{total} = A_{TD-03} + A_{Td-04} = 37.7m^2$$

$$Agua\ contra\ incendios_{2daetapa} = \left(0.48 \frac{m^3}{hxm^2}\right)(37.7m^2) = 18.1 \frac{m^3}{h}$$

$$Caudal\ total = Agua\ contra\ incendios_{1eraetapa} + Agua\ contra\ incendios_{2daetapa}$$

$$Caudal\ total = 46.8 \frac{m^3}{h} \quad (206\ GPM)$$

$$\underline{Caudal\ para\ tanques\ de\ almacenamiento = 46.8\ m^3/h\ (206\ GPM)}$$

b. Estaciones principales de bombas y compresores

El requerimiento de agua se determinará en base a una tasa de $0.48m^3/h \times m^2$ ($0.2\ gpm/ft^2$) del área proyectada por los equipos.

$$A_{bombas} = 32m^2$$

$$Caudal\ de\ Agua = \left(0.48 \frac{m^3}{hm^2}\right)(32m^2) = 15.36 \frac{m^3}{h}$$

$$\underline{Caudal\ para\ estaciones\ principales\ de\ bombas = 16\ m^3/h\ (70\ GPM)}$$

c. Islas de Carga:

El requerimiento de agua será el mismo necesario para estaciones principales de bombas y compresores esto es $16\ m^3/h$ (70 GPM),

d. Plantas de Servicio, Generación y Distribución Eléctrica

El requerimiento mínimo de agua para estas instalaciones será de $57\ m^3/h$ (250 GPM) de agua que podrá ser aplicada mediante el uso de monitores, hidrantes y carretes de mangueras

Para dimensionar la piscina contra incendios, se tomará el mayor de los requerimientos de agua obtenidos, en nuestro caso $57 \text{ m}^3/\text{h}$ (250 GPM).

$$\text{Capacidad de almacenamiento} = 3\text{horas}$$

$$\text{Caudal requerido} = 57 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$\text{Volumen de la piscina} = \left(57 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right) \times (3\text{h}) = 171\text{m}^3$$

$$h_{\text{piscina}} = 1.5\text{mts} \quad (\text{propuesto})$$

$$\text{Area piscina} = \frac{171\text{m}^3}{1.5\text{m}} = 114\text{m}^2$$

$$L1 = 12\text{mts}$$

$$L2 = \frac{114\text{m}^2}{12\text{m}} = 9.5\text{mts}$$

Medidas generales de la piscina son:

$$L1 = 12 \text{ m}$$

$$L2 = 9.5 \text{ m}$$

$$h = 1.5 \text{ m}$$

El plano de ubicación y medidas de la piscina Contra incendios se encuentra detallado en el anexo A plano 23/24

2.5.1.6 Sala de Bombas Contra Incendio

En esta área se ubicará el equipo contra incendio, el cual cuenta con dos bombas principales la una accionada por motor eléctrico y la segunda por motor a Diesel, una bomba jockey de presurización del sistema y sus respectivos controladores, este sistema se encargará del suministro de agua contra incendios hacia todas las instalaciones de la terminal.

En el área se encuentra una cubierta metálica dentro de la cual irá el quipo contra incendio, su dimensionamiento garantiza una adecuada

operación y mantenimiento de las bombas y están tomadas en base sus dimensiones generales, detalladas en el Capítulo II numeral 4.4 “Sistema de agua contra Incendios”. Las medidas generales de la cubierta son:

Longitud frontal: 1.5 metros
Longitud posterior: 2.0 metros.
Altura total: 2.5 metros.

El plano de diseño de la cubierta se encuentra detallado en el Anexo A plano No 10/24

2.5.1.7 Área de Control

El área de control estará dividida en tres partes:

1. La subestación eléctrica, donde se instalará el generador de electricidad, que abastecerá de energía eléctrica a toda la terminal en caso de que existiese cortes inesperados o programados de luz.
2. El cuarto de control, que es la estación centralizada de abastecimiento de electricidad del terminal, en este cuarto existirá monitores de uso para cada uso específico dentro del terminal como, recepción y despacho de producto, cuarto de bombas etc.
3. El taller bodega, el cual servirá como bodega de maquinas y herramientas necesarias en el terminal y como un pequeño taller de uso múltiple para adecuaciones e implementaciones

El esquema arquitectónico de la Planta de Control se encuentra en el Anexo A plano No 21/24

2.5.1.8 Área Islas de Carga y Descarga

Isla de Carga

Es donde se abastecerá de diesel a los tanques de almacenamiento de la terminal, el uso de autotanques. La longitud de la isla será tal que facilite la descarga del producto de cada uno de los compartimientos del tanque cisterna del autotankue estando el vehículo apagado (las bocas de descarga se encuentran en la parte inferior del tanque cisterna). Su ancho será tal que facilite el trabajo del operario y que quepan los equipos para el proceso de abastecimiento de Diesel.

Isla de Descarga

Es donde se expenderá el diesel hacia los autotanques que lo distribuyen hacia las industrias. La longitud de la isla será tal que facilite la descarga del producto a cada uno de los compartimientos del tanque cisterna del autotankue estando el vehículo apagado (las bocas de abastecimiento se encuentran en la parte superior del tanque cisterna). Su ancho será tal que facilite el trabajo del operario y que quepan los equipos para el proceso de despacho de Diesel.

El esquema de ubicación de las islas y las áreas empleadas, se encuentra detallado en el Anexo A plano No 24/24.

2.5.2 Distancia entre equipos

Debido a que el producto a almacenarse en la terminal, es un producto combustible, los equipos deberán estar distanciados unos de otros, cumpliendo las Normativas para distancias mínimas de seguridad aplicables en instalaciones petroleras.

Las distancias entre equipos están basadas en la norma SH 006 de Petroecuador (vigente en Ecuador).

Esta norma a su vez es una recopilación de normas internacionales tales como: NORMA NFPA No 30 (Vol 1) "Código de líquidos inflamables y combustibles", PETROLOS DE VENEZUELA S.A, Norma "Separación entre equipos e instalaciones", Caracas 1987, LEY No 13.660. "Seguridad de las instalaciones de elaboración, transformación y almacenamiento de combustibles sólidos, minerales, líquidos y gaseosos", Buenos Aires 1949,

Las distancias están tomadas desde los puntos más cercanos entre equipos y en línea horizontal o vertical, corresponde a las medidas señaladas en el plano de implantación de la Terminal, Anexo A plano No 01/20

Tabla No 2.12. Distancia entre equipos

(Medidas en metros)

	Planta Administrativa	Cuarto Control	Bombas Contra Incendio	Piscina Contra Incendio	Bombas Diesel	Islas de Carga y Descarga	Tanques de Almacenamiento	Cerca Perimetral Izquierda	Carretera
Planta Administrativa	X								
Cuarto de Control	34	X							
Bombas Contra Incendio	11	11	X						
Piscina Contra Incendio	11	11	X	X					
Bombas Diesel	16	16	17	17	X				
Islas de Carga y Descarga	29	29	44	44	20	x			
Tanques de almacenamiento	31	31	23	7	20	47	X		
Cerca Perimetral Izquierda	18	59	36	12	51	77	12	X	
Carretera	28	29	52	52	62	74	75	X	x

De toma de agua contra incendio a cualquier otra toma de agua contra incendio: 15 metros (mínimo)

CAPÍTULO III

REQUERIMIENTO DE OBRA CIVIL Y TOPOGRÁFICA

3.1 Estudio de las características y propiedades del terreno de implantación

En general, cualquier tipo de terreno, en cualquier zona geográfica, puede ser acondicionado y utilizado, para instalaciones hidrocarburíferas, es así que dependiendo de las propiedades y comportamiento del terreno se adecuará para soportar las estructuras mecánicas y obras civiles; este proceso implica, analizar las características del terreno de implantación y obteniendo todas las propiedades del suelo se procederá a realizar los trabajos de cimentaciones necesarios para este fin.

3.1.1 Criterios básicos de análisis de suelos

Según la norma DIN 1054 y 4023, los materiales que componen el terreno se dividen en rocas y suelos.

La roca se define como material endurecido que para excavarlo se necesita de fuerza bruta, el grado mínimo de dureza que caracteriza a una roca se ha fijado como la resistencia a la compresión de 14 Kg/cm². En general constituyen un terreno de cimentación excelente siempre que la solera de excavación esté libre de material alterado y las posibles diaclasas se rellenen bien con hormigón. Según su origen se pueden clasificar en:

Eruptivas.- Proceden del magma fundido encerrado bajo la corteza terrestre, Las rocas eruptivas constituyen el mejor terreno de cimentación, poseen la máxima capacidad portante y no asientan bajo carga.

Sedimentarias.- Proceden de sedimentos que se han consolidado en el curso del tiempo. Si se han formado a partir de los productos de desintegración de rocas más antiguas se denominan Rocas Detríticas, si su formación se debe a un proceso químico se denominan Rocas de Sedimentación Química, si su formación es de origen orgánico se denominan Rocas de Origen Orgánico. Las rocas sedimentarias constituyen en general un buen terreno de cimentación si la estratificación es apropiada.

Metamórficas.- Son aquellas rocas que por movimientos tectónicos o de subsidencia han pasado a grandes profundidades quedando ahí sometidas a grandes presiones y temperatura, Las rocas metamórficas constituyen terrenos de cimentación muy buenos.

El suelo es cualquier material no consolidado compuesto de distintas partículas sólidas con gases o líquidos incluidos, el suelo contiene una amplia variedad de materiales tales como: grava, arena , arenas aluviales, limos y arcillas de los depósitos aluviales de los ríos, arcillas marinas blandas, escorias, entre otros, los suelos pueden ser mezclas bien definidas de unos cuantos minerales específicos o mezclas heterogéneas de cualquier cosa.

La clasificación de los suelos depende de la capacidad de adherencia (cohesión) de las partículas que lo constituyen, y se dividen en: suelos granulares y suelos cohesivos

Suelos Granulares.- Las gravas y los granos de arena constituyen una estructura suelta de elementos individuales (grafico No 3.1a). Estos elementos se apoyan unos contra otros y en la superficie de contacto actúan únicamente fuerzas de rozamiento. Constituyen un buen terreno de cimentación si su compacidad es media o alta y el espesor del estrato (capa) es suficiente,

Suelos Cohesivos.- Según la humedad y la composición química poseen diferentes características. En la superficie de contacto de las partículas, actúan además de las fuerzas de rozamiento, fuerzas de cohesión debido a la mutua atracción del agua higroscópica ⁽⁸⁾ que rodea las partículas y que se mantiene a presión negativa

Las partículas de estos suelos no se depositan en el fondo cuando se forma una suspensión en agua, sino que se origina una estructura en panal (Figura 3.1 b.), si los materiales en suspensión se agrupan, se produce una estructura floculada (Figura 3.1. c.). De la estructura de las partículas depende la porosidad por tanto la magnitud de los asentos.

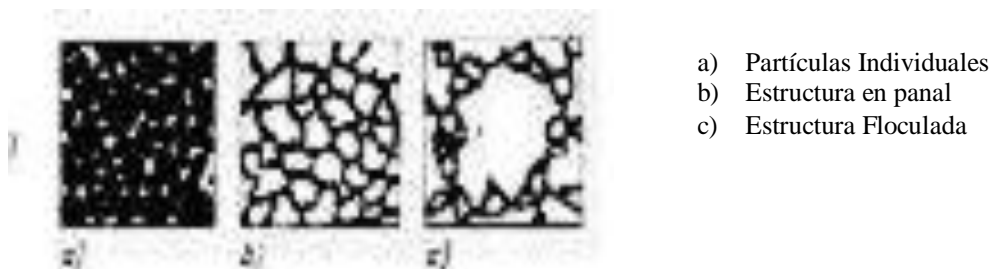


Figura No.3.1. Estructura de los suelos

La consistencia de los suelos cohesivos (pastosa, blanda, semidura o dura) y con ella su capacidad portante, depende de la humedad del suelo, razón por la cual hay que evitar que los suelos cohesivos puedan absorber el agua.

El terreno está formado por capas o estratos de diferentes materiales, los cuales tienen influencia sobre la estabilidad de las obras y las condiciones del agua freática, la estratificación puede ser paralela o formando cuñas o lentejones, tal como lo muestra la figura No 3.2.

⁸ Higroscopicidad = Adsorción del agua por las partículas finas de un suelo

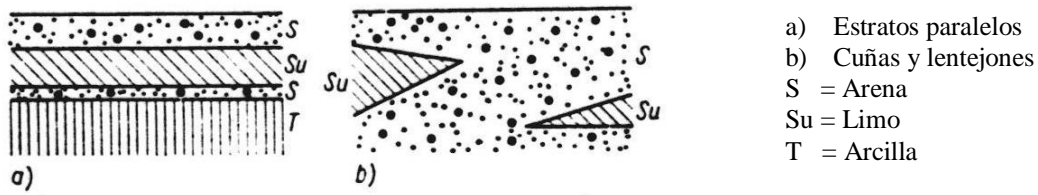


Figura No 3.2. Estratificación del terreno

En lo que se refiere a las cimentaciones hay que tener en cuenta:

1. El espesor de terrenos resistentes sobre estratos fuertemente deformables, para repartir las cargas en la capa resistente de tal manera que lleguen al estrato compresible con el valor admisible para este tipo de terreno

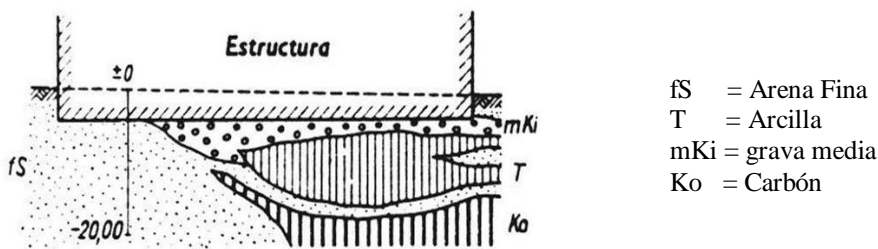


Figura No 3.3. Diversidad del terreno bajo una estructura

2. La existencia de agua. Los poros del suelo están llenos de aire y agua, mientras el suelo tiene mayor capacidad de absorción de agua, se vuelven más pastosos y sometidos a cargas pueden producirse asentamientos que dañen las estructuras

3.1.2 Reconocimientos Geotécnicos

El objetivo de los reconocimientos geotécnicos, es la preparación de las bases necesarias para el proyecto y ejecución de obras técnica y económicamente correctas.

Determinar la carga admisible del terreno, para garantizar la seguridad frente al hundimiento. Los reconocimientos dan idea sobre la estratificación, inclinación y espesor de las diferentes capas y las características de los suelos que las constituyen.

Son necesarios los reconocimientos geotécnicos, según la norma DIN 1054, cuando las experiencias locales no dan indicaciones suficientes sobre el tipo, características, extensión, estratificación y espesor de las capas del suelo, si existen antecedentes desfavorables en obras próximas, también si se quiere sobrepasar las presiones admisibles, para comprobar mediante cálculos, que los asentamientos son admisibles y existe seguridad frente al hundimiento, de igual manera es aconsejable el reconocimiento para todas las cimentaciones y trabajos bajo la capa freática.

Para el estudio geotécnico del terreno se puede utilizar diferentes métodos tales como:

Características geomorfológicas del terreno.-

Los mapas geológicos del sector donde se encuentre situado el terreno, dan datos sobre las formaciones geológicas presentes, así como indicaciones de las características del terreno.

Experiencias de estructuras próximas.-

Estas experiencias dan valiosas indicaciones para las nuevas obras a construir, hay que tomar en cuenta: el tipo de cimentación, la disposición constructiva del edificio, la presión de cimentación prevista y los eventuales defectos para adoptar precauciones especiales.

Métodos de investigación de la capacidad portante del terreno.-

Estos métodos serán necesarios cuando no se tenga datos sobre la estructura del terreno o si no existiesen estructuras similares en cuanto a la

capacidad de soporte, que permitan entender el tipo de cimentación requerida. Estos métodos pueden ser por medio de:

1. Calicantos y Pozos de reconocimiento donde se puede dar indicaciones relativas sobre las resistencias de las capas de suelo más profundas.
2. Sondeos que sirven para realizar un reconocimiento geológico de las características del terreno, extrayendo muestras del suelo a grandes profundidades.
3. Ensayos de penetración que permiten obtener ciertos datos sobre la densidad de los suelos granulares y la consistencia de los suelos cohesivos, así como su compresibilidad y resistencia al corte, en general se obtiene indicaciones sobre la resistencia del terreno.
4. Reconocimientos Geofísicos, permiten determinar el tipo y espesor de las distintas capas sin extracción de muestras. Al combinarlos con sondeos permiten estudiar grandes superficies.
5. Ensayos de carga, donde se determina la capacidad de soporte de la capa superior del terreno. La carga y descarga se producen en forma escalonada, en algunos ensayos se realizan varios ciclos de carga y descarga.
6. Consideraciones edafológicas, Si se conocen las exigencias vitales de las plantas, su presencia y grado de desarrollo, se pueden sacar conclusiones sobre la característica del terreno; por ejemplo señalan la circulación del agua por el terreno: fleos y esquisetos (agua próxima a la superficie), son plantas características de tierras con arcilla el muguete o lirio del valle, la uña de caballo, etc.

3.1.3 Análisis del suelo de Implantación

Según como lo menciona la norma DIN 1054 serán necesarios los reconocimientos geotécnicos en los siguientes casos:

- Cuando las experiencias locales no dan indicaciones suficientes sobre el tipo, características, extensión, estratificación y espesor de las capas del suelo
- Si existen antecedentes desfavorables en obras próximas
- Si se quiere sobrepasar las presiones admisibles, para comprobar mediante cálculos que los asentos son admisibles y existe seguridad frente al hundimiento.
- En cimentaciones y trabajos bajo la capa freática.

El reconocimiento Geotécnico del terreno, está basado en la geomorfología del sector donde estará ubicada la Terminal y experiencias de estructuras próximas.

GEOLOGIA:

Para obtener datos sobre la geología de la zona del terreno de implantación, se recurrió a información emitida por el Instituto Geográfico Militar. En la hoja correspondiente al mapa geológico del sector se pudo conocer que este corresponde a la formación Onzole (Mioceno medio – superior), la formación se presenta con arcillas y limonitas de color azul y café verdoso, en afloramientos no meteorizados, tornándose arenosa de color gris en la parte alta, las capas contienen a veces una fauna rica en foraminíferos y moluscos. La potencia de la formación es 240 metros en el pozo Santa Ana No 1 y se calcula que hay 160 metros más que afloran en el sector del pozo. El cantón Santa Ana se incluye dentro de la clasificación de suelos, sobre materiales antiguos, de forma más específica, el suelo de la zona corresponde a suelos con motmorillonita, o vertisoles con poco carbonato de calcio, cuya característica es que son suelos muy plásticos cuando están húmedos y muy duros y fisurados cuando están secos, clasificándose dentro de los suelos poco cohesivos.

El terreno está ubicado en una zona urbana, existe cerca del terreno algunas infraestructuras de importancia como lo es un colegio y escuela local y una hostería. Estas infraestructuras no han requerido de grandes cimentaciones, concluyendo que la resistencia del suelo del sector permite capacidades consideradas, incluyéndose dentro de estas a la Terminal de almacenamiento.

3.2 Cimentaciones requeridas para la Implantación de la Terminal.

Las cargas de la estructura se transmiten al terreno resistente a través de la cimentación. Si las cargas de la estructura pasan directamente al terreno resistente situado inmediatamente debajo, la cimentación es superficial. Si la capa resistente a la carga de la estructura se encuentra muy por debajo de la base de la misma, las cargas deben transmitirse mediante elementos especiales (pilotes pozos etc.) al terreno resistente profundo, en este caso se denomina cimentaciones profundas

Analizando la geología del sector de Santa Ana, donde estará ubicada la Terminal de Almacenamiento, en el suelo será necesario cimentaciones superficiales , al estar asentado sobre estratos grandes y con buena resistencia.

En la primera parte se estudiará los diferentes tipos de cimentaciones para posteriormente analizar cual sería la cimentación apropiada para el proyecto, según la capacidad y el tipo de suelo.

3.2.1 Cimentaciones Superficiales

Este tipo de cimentación es utilizada cuando inmediatamente bajo la estructura existe una capa de terreno resistente de suficiente espesor, las

profundidades de cimentación en estos casos son menores a 1,5 mts. Según la capacidad de soporte de terreno, la forma de la estructura y sus cargas, se pueden transmitir mediante zapatas, cimentaciones corridas o placas de cimentación.

3.2.1.1 Zapatas de cimentación

Pueden utilizarse cuando las cargas de la estructura se transmiten por pilares y el terreno tiene suficiente resistencia. Dado que la carga admisible del terreno, es notablemente menor a la del material de construcción de las zapatas (mampostería, hormigón, etc), la cimentación debe transmitir la carga a una superficie mayor (Figura No 3.4.). Dependiendo de las dimensiones de la estructura pueden variar desde una forma sencilla (3.4- a) a formas truncadas o escalonadas que soportarán mayor peso.

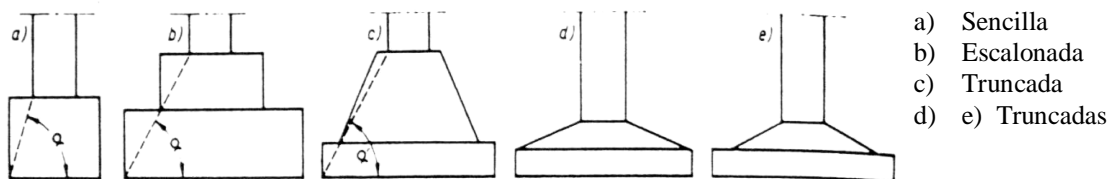
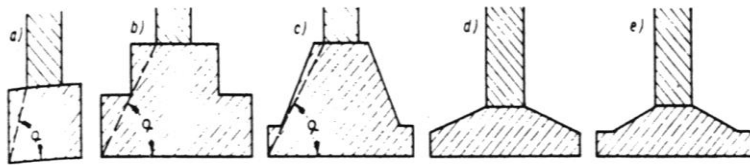


Figura No 3.4. Tipos de zapatas

3.2.1.2 Cimentaciones corridas o en faja

Se colocan para cimentación de muros cuando el terreno tiene suficiente capacidad de soporte, la forma de la cimentación es similar a la de las zapatas aisladas.

Se realizan de hormigón en masa y hormigón armado. Las cimentaciones de hormigón en masa se suelen utilizar para pequeños edificios o estructuras, las de hormigón armado soportan y absorben mayor presión sobre el terreno.



- a) Sencilla
- b) Escalonada
- c) Truncada
- d) e) truncadas

Figura No 3.5. Tipos de cimentaciones corridas

3.2.1.3 Placas de Cimentación

Si las zapatas o las cimentaciones corridas no son suficientes para la transmisión de cargas cuando la capacidad del soporte del terreno es baja, toda la planta de la estructura debe realizarse en forma de una placa de cimentación de hormigón armado, para repartir las cargas y disminuir con ello la presión sobre el terreno.

Otro tipo de cimentaciones superficiales son:

- Cimentaciones sobre relleno de arena, grava o escollera.
- Cimentaciones al amparo de Tablestacados.
- Cimentaciones superficial de torres
- Muros de Contención.

Este tipo de cimentaciones no serán analizadas ya que estos casos no corresponden a las características del terreno de implantación.

3.2.2 Cimentación en el terreno de Implantación

El área a analizar será la zona donde estarán ubicados los tanques de almacenamiento, para determinar ahí que tipo de cimentación se requerirá para el soporte de los mismos. Se analizará el peso de los tanques de la primera etapa, cuyos datos son los enunciados a continuación:

3.2.2.1 Capacidad portante del terreno de implantación

No tanques : 2

$$\phi = 6.35m$$

$$H = 6.00m$$

Cuerpo del tanque

$$S_{tanque} = \phi \times \pi$$

$$S = 6350\pi = 19949mm$$

Planchas de acero :

$$L = 2400mm$$

$$h = 1200mm$$

No de planchas requeridas para bordear la superficie del tanque

$$No\ planchas\ lera\ fila = \frac{S}{L} = \frac{19949}{2400} = 8.3\ planchas$$

Para la construcción del cuerpo del tanque se necesitan 5 filas de planchas de h= 1200mm

$$\frac{H}{h} = \frac{6000}{1200} = 5\ filas$$

No planchas requeridas para la construcción del cuerpo del tanque

$$No\ planchas = 5 \times (8.3) = 41.5\ planchas$$

Base del tanque

$$\phi(\text{ exterior del tanque }) = 6350mm$$

$$A_{base} = \frac{\pi \phi^2}{4}$$

$$A_{base} = \frac{\pi * (6350)^2}{4} = 31669217.44mm^2$$

Dimensiones de la plancha

$$L = 2400mm \quad h = 1200mm$$

$$A_{plancha} = L \times h$$

$$A_{plancha} = 2400 \times 1200 = 2880000mm^2$$

No de planchas requeridas para cubrir la base del tan que

$$\text{No planchas} = \frac{A_{\text{base}}}{A_{\text{plancha}}}$$

$$\text{No planchas} = \frac{31669217.44}{2880000} = 11 \text{ planchas}$$

Techo del tanque

Dimensiones del cono (techo del tanque)

$$\phi = 6350\text{mm} \quad h = 500\text{mm}$$

$$A_{\text{cono}} = \frac{\pi \phi^2}{4} = \frac{\pi * (6350)^2}{4} = 32059511.51\text{mm}^2$$

$$\text{No planchas} = \frac{A_{\text{cono}}}{A_{\text{plancha}}}$$

$$\text{No planchas} = \frac{32059511.51}{2880000} = 11.13 \text{ planchas}$$

Peso total del tanque

No planchas total tan que

$$\text{No planchas} = \text{planchas}(\text{cuerpo} + \text{base} + \text{techo})$$

$$\text{No planchas total} = 41.5 + 11 + 11.13$$

$$\text{No planchas total} \approx 64 \text{ planchas}$$

$$W_{\text{plancha}} \approx 135 \text{ Kg.}$$

$$W_{\text{tanque}}(W_{\text{tanque}}) = (\text{No planchas}) \times (W_{\text{plancha}})$$

$$W_{\text{tanque}} = (64) \times (135) = 8640 \text{ Kg}$$

Peso del Diesel Contenido en el Tanque

$$\delta(\text{Diesel}) \approx 750 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$V_{\text{tanque}} = 190\text{m}^3$$

$$W(\text{Diesel contenido}) = \delta \times V$$

$$W(\text{Diesel}) = (750) \times (190) = 142500 \text{ Kg}$$

Peso TOTAL Tanques primera etapa:

$$W(\text{total tan que}) = W_{\text{tanque}} + W_{\text{diesel}}$$

$$W(\text{total tan que}) = 8640 + 142500$$

$$W(\text{total tan que}) = 151140 \text{ Kg}$$

Área de proyección de los tanques

$$A = \pi \times r^2$$

$$A = \pi \times (3175)^2 = 63330435 \text{ mm}^2 \left| \frac{1 \text{ cm}^2}{(10 \text{ mm})^2} \right| = 316692.2 \text{ cm}^2$$

Esfuerzo a compresión efectuado en el área de proyección

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

$$F = 302280 \text{ Kg}$$

$$\sigma = \frac{151140 \text{ Kg}}{316692.2 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma \cong 0.48 \left(\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \right)$$

Como se mencionó anteriormente, el sector de Santa Ana, donde se realizará la implantación de la terminal, es un sector de zona urbana, donde existen infraestructuras de tamaño considerable, con pesos de estructuras que sobrepasan a la de la zona de tanques de almacenamiento de la terminal.

En el sitio específico de instalación de los tanques verticales se requerirá efectuar ensayos para determinar la carga admisible del suelo, estos ensayos pueden ser desarrollados por los siguientes métodos más comunes:

- Ensayo de penetración estándar.
- Ensayo triaxial.

Determinada la carga admisible del terreno, se compara con el esfuerzo efectuado en el área de proyección debido al peso del tanque y se procede a determinar el tipo de cimentación específica para el área de los tanques de almacenamiento.

Las cimentaciones para tanques verticales de almacenamiento, difieren con las requeridas para la edificación, ya que el peso del tanque es completamente distribuido en toda la base, por lo que hay que procurar que el peso de éste no esté colocado directamente sobre el suelo, ya que puede ocasionar dos tipos de asentamientos.

- Asentamientos laterales: que provocarían el volcamiento de la estructura.
- Asentamiento vertical o hundimiento.

Por lo que será necesario según el tipo de cimentación, dos formas de soporte de la estructura:

- **Mediante una losa de cimentación:** la altura de la misma será determinada según la carga admisible del suelo.
- **Mediante anillo de cimentación:** en el caso de que el terreno tenga una capacidad portante buena, es necesario únicamente colocar un anillo en donde, su altura es determinada según la carga admisible del suelo.

Para ambos casos es indispensable tratar el suelo bajo la estructura mediante el uso de grava y si es necesario con la colocación de pilotes. La profundidad de la excavación para el mejoramiento del terreno lo determina el ensayo del suelo.

CAPÍTULO IV

DISEÑO EN DETALLE DE LA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO

4.1. Diseño mecánico de los tanques de almacenamiento

Para el diseño de los tanques de almacenamiento, se utiliza la norma API 650, la cual se refiere a “Tanques de acero soldados para almacenamiento de hidrocarburos”,

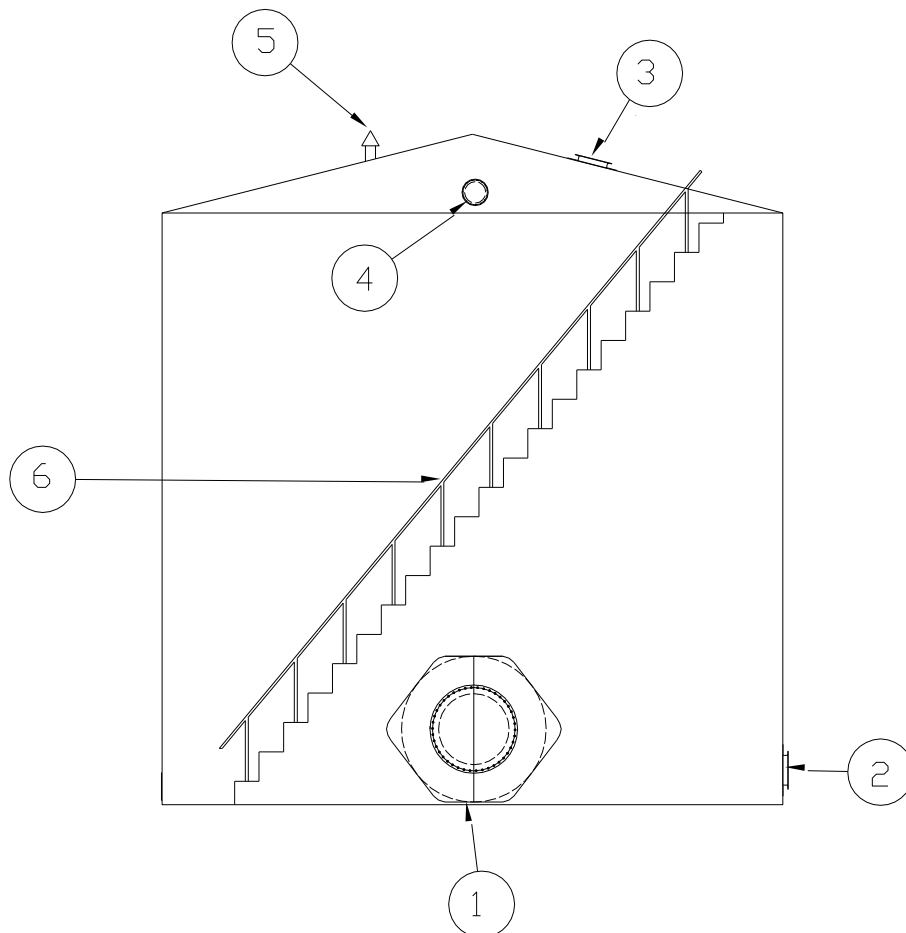
El estándar API 650, en su décima edición de noviembre de 1998 con adenda 1 de marzo 2000, cubre los materiales, el diseño, la fabricación y el montaje de tanques de acero verticales, de techo abierto o cerrado con fondo uniformemente soportado.

En este estándar se encuentra bases para el diseño de tanques atmosféricos para el almacenamiento de hidrocarburos, los cuales deberán estar dentro de ciertos parámetros de de funcionalidad, los cuales son:

- a) La presión interna de diseño es aproximadamente la presión atmosférica (se permite una presión interna de hasta 2.5 psi, siempre y cuando se reúnan los requisitos del ítem 1.1.10 del estándar API 650).
- b) La temperatura de operación máxima del tanque es de 90 °C (200 °F). Sin embargo el Apéndice M provee requerimientos para tanques que operen a una temperatura de diseño mayor a 90 °C, pero que no excedan los 260 °C (500° F).

- c) Los tanques que se diseñen bajo este código, deberán operar bajo una presión interna del espacio de vapor menor a 2.5 psi y con una temperatura máxima de 200 °F.

En el gráfico siguiente se muestra esquematizado las diferentes aperturas y accesorios requeridos en cada uno de los tanques de almacenamiento.



APERTURAS Y ANEXOS EN EL TANQUE	
No	DESCRIPCION
6	ESCALERA
5	TUBERIA VENTEO
4	TOMA MUESTRAS
3	TUBERIA CARGA
2	TUBERIA DESCARGA
1	MANHOLE Y SALIDA DE LIMPIEZA

Grafico No 4.1. Esquema de las aperturas y anexos del tanque

4.1.1. Materiales

Los materiales utilizados para la construcción del tanque (cuerpo base, techo, aperturas y anexos) serán los listados por la norma API 650.

- 1.** El material de las planchas utilizadas para la elaboración del cuerpo, el techo y la base del tanque, se escogerá el Acero estructural ASTM A36M/A36,
- 2.** Los perfiles estructurales, utilizados para la elaboración de las vigas contra viento, los anillos de compresión y demás miembros de soporte y anexos serán del acero estructural ASTM A36M/A36,
- 3.** Los materiales para los cuellos de la boquillas (tubería) de las aperturas en el tanque, serán los especificados para tubería sin costura, se escogerá el material según las medidas de la tubería, la presión que soporta y su existencia en el mercado Nacional. El material seleccionado es el ASTM: A 106 cedulas 20 y 40.
- 4.** Los materiales para las bridas sean estas, Hub, slip on, welding y welding neck flanges, se escogerá el material en base al tipo, medida, presión que soporta y su existencia en el mercado Nacional. El material seleccionado es el: ASTM: A 105 clase 150.
- 5.** El material de los pernos podrá ser ASTM A 307
- 6.** Se escogerá del manual de los electrodos para soldaduras por arco, electrodos de clasificación de la serie E60 y E70 (las características de corriente eléctrica, posición de la soldadura y demás condiciones serán ejecutadas según las normas AWS A5.1).

4.1.2. Determinación del espesor de la plancha

Para la determinación del espesor de las planchas que conforman la base, el cuerpo y el techo del tanque, se utiliza las recomendaciones y formulas descritas en el capítulo 3 “Diseño”, de la Norma API 650 + Add 1998, el detalle del procedimiento se encuentra en el Anexo F.

4.1.2.1. Base del tanque

Las planchas del fondo del tanque deberán tener un espesor mínimo de 1/4” (6mm) excluido de cualquier factor de corrosión,

Para la región Costa la velocidad de corrosión de las paredes de tanques de almacenamiento es de 0.004 plg/año (0.1mm/año)⁽⁹⁾, considerando que la vida útil de los tanques a diseñar se la proyecta a 20 años⁽¹⁰⁾, el factor de corrosión CA para todas las paredes del tanque será el siguiente:

$$CA = V_c \times Años_{vida\ util}$$

$$V_c = \text{Velocidad de corrosión} = 0.004(\text{plg/ año})$$

$$Años = 20(\text{años})$$

$$CA = (0.004)(20) = 0.08(\text{plg}) = (2\text{mm})$$

Según la Norma API 620, el factor de corrosión para tanques de almacenamiento será de mínimo 1/16” (1.6mm), por lo tanto el factor de corrosión calculado será el utilizado para el cálculo del espesor.

⁹ Sacado de recomendaciones aplicadas por verificadoras e Inspectoras del Ecuador

¹⁰ Criterio del diseñador

El espesor de las planchas de la base t_b del tanque será por consiguiente:

$$t_b = 0.625 + 0.08$$

$$t_b = 5/16(p \lg) = (8mm)$$

La norma API 650 recomienda la utilización de placas anulares para tanques de gran capacidad, que soporten esfuerzos a prueba hidrostática mayores a 24900 lbf/plg². El esfuerzo a prueba hidrostática que soporta el primer anillo es el siguiente.

$$S_t = \frac{2.6D(H-1)}{t} \quad (4.1)$$

Donde:

S_t = Esfuerzo a prueba hidrostática en (lbf/plg²)

D = Diámetro del tanque en (ft) = 20.83 (ft)

H = Altura del nivel del líquido en (ft) = 19.68 (ft)

t = Espesor de la plancha del primer anillo del cuerpo del tanque (plg). Se considerará el espesor mínimo recomendado por la Norma API 650 = 3/16 (plg)

$$S_t = \frac{(2.6)(20.83)(19.68-1)}{0.1875} = 4529.05 \frac{lbf}{plg^2}$$

Por lo tanto la base no requiere de una placa anular.

El arreglo de las planchas deberá ser según el esquema mostrado en la siguiente figura:

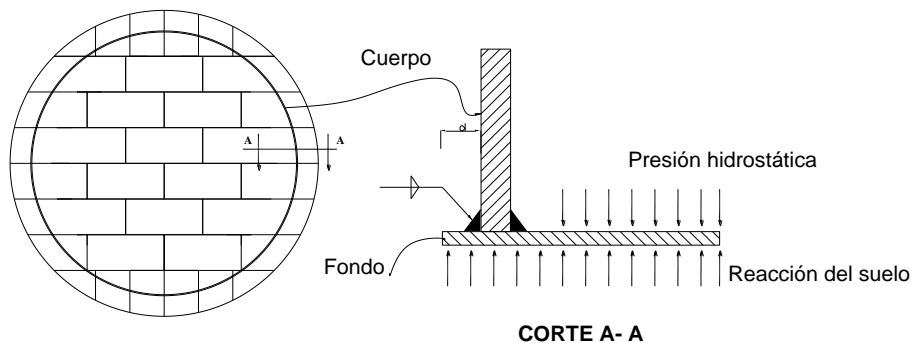


Figura No. 4.1. Arreglo de las planchas del fondo

Planchas del fondo de suficiente tamaño, serán ordenadas de tal manera que cuando sean recortadas, al menos 25 mm del ancho será proyectado más allá del borde exterior de la soldadura entre la base y el cuerpo del tanque

4.1.2.2. Cuerpo del Tanque

1. El espesor de la plancha del cuerpo del tanque deberá ser el mayor entre los espesores de diseño calculados, incluyendo cualquier factor de corrosión o pruebas hidrostáticas en las planchas de acero, pero el espesor de la plancha del cuerpo del tanque NO deberá ser menor que los encontrados en la siguiente tabla

Tabla No 4.1. Espesores mínimos nominales de las planchas de acero para el cuerpo del tanque

<i>Díámetro Nominal del tanque</i>		<i>Espesor nominal de la plancha</i>	
(m)	(ft)	(mm)	(in)
<15	<50	5	3/16
15 a <36	50 a <120	6	¼
36 a 60	120 a 200	8	5/16
>60	>200	10	3/8

Fuente API 650 - 1998 sec 3.6.1.1

2. Para el diseño del espesor de la plancha se deberá considerar que el tanque está lleno hasta un nivel H con un líquido cuya gravedad específica es descrita por el fabricante.
3. La tensión calculada para cada anillo del tanque no deberá ser mayor que la tensión permitida por el material de la plancha usado para la construcción.
4. Cargas radiales aisladas sobre el cuerpo del tanque, como las causadas por las plataformas y pasillos elevados entre dos tanques, deberán estar

distribuidas por secciones de estructuras laminadas o miembros ensamblados.

5. Para el cálculo del espesor de las planchas de acero se tomará el **Esfuerzo admisible de diseño (S_d)** del material seleccionado el cual es 2/3 del esfuerzo de fluencia del material o 3/5 del esfuerzo último.

El método utilizado para el cálculo del espesor mínimo de las planchas del tanque es el "1 foot method", este método no deberá ser utilizado para tanques cuyo diámetro nominal sea mayor a 60 m.

El espesor mínimo de las planchas deberá ser el mayor de los calculados por las siguientes formulas:

$$td = \frac{2.6D(H-1)G}{S_d} + CA \quad (4.2)$$

$$tt = \frac{2.6D(H-1)}{S_t} \quad (4.3)$$

Donde:

td= espesor de diseño (plg)

tt= espesor para prueba hidrostática (plg)

D= diámetro nominal del tanque (ft)

H= Altura nominal del tanque, distancia desde el fondo del tanque hasta el tope de la última plancha superior del tanque, o hasta otro nivel especificado por el fabricante (ft).

G= Gravedad específica del líquido recolectado.

CA = Factor de corrosión (plg)

Sd= Esfuerzo admisible del material de la plancha (lbf/plg²)

St= Esfuerzo admisible para condiciones de prueba hidrostática (lbf/plg²)

Tabla No 4.2. Especificaciones del Material del Cuerpo Base y Techo del
Tanque

Especificación de la plancha	Esfuerzo a la Fluencia MPa (psi)	Esfuerzo a la Rotura MPa (psi)	Esfuerzo de diseño S_d MPa (psi)	Esfuerzo prueba Hidrostática S_t MPa (psi)
A36M	250 (36000)	400 (58000)	160 (23200)	171 (24900)

Fuente: API 650 - 1998, Tabla 3-2

Cálculo del espesor de la plancha

Tanques de primera etapa

Espesor para diseño

$$TD01 = TD02$$

$$D = 20.83 \text{ ft}$$

$$H = 19.68 \text{ ft}$$

$$\text{Material : A36M}$$

$$S_d = 23200 (\text{Psi})$$

$$S_t = 24900 (\text{Psi})$$

$$G(\text{diesel}) = 0.86$$

$$CA = 0.08 (\text{plg})$$

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

$$td = \frac{2.6 \times 20.83(19.68-1)0.86}{23200} + 0.08$$

$$td = 0.1175 (\text{plg}) = 3 (\text{mm})$$

Espesor para prueba Hidrostática

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

$$tt = \frac{2.6 \times 20.83(19.68-1)}{24900}$$

$$tt = 0.041 (\text{plg}) = 1.04 (\text{mm})$$

Tanques de Segunda etapa

Espesor para diseño

$$TD03 = TD04$$

$$D = 16.4m$$

$$H = 15.75m$$

$$\text{Material : A36M}$$

$$Sd = 23200(Psi)$$

$$St = 24900(Psi)$$

$$G(\text{diesel}) = 0.86$$

$$CA = 0.08(plg)$$

$$td = \frac{2.6D(H-1)G}{Sd} + CA$$

$$td = \frac{2.6 \times 16.4(15.75-1)0.86}{23200} + 0.08$$

$$td = 0.103(plg) = 2.6(mm)$$

Espesor para prueba Hidrostática

$$tt = \frac{2.6D(H-1)}{St}$$

$$tt = \frac{2.6 \times 16.4(15.75-1)}{24900}$$

$$tt = 0.025(plg) = 0.64(mm)$$

El mayor de los espesores para el cuerpo del tanque tanto para los tanques de la primera etapa como para los de la segunda etapa, es el td (espesor para diseño), pero no cumple con el requerimiento de espesor mínimo. Según la tabla No 4.1. el espesor del cuerpo del tanque **td** deberá ser:

$$td = \frac{3}{16}(plg) = 5(mm)$$

4.1.2.3. Techo del Tanque

El estándar API 650 define en su numeral 3.10 (Techos), los diferentes tipos de techos que se pueden diseñar:

- Techo cónico soportado
- Techo cónico auto soportado
- Techo domo auto soportado,
- Techo paraguas auto soportado,

Las planchas que conforman el techo del tanque deberán tener un espesor nominal mínimo de 5mm.

Fabricantes Ecuatorianos recomiendan diseñar tanques con techo auto soportado, para diámetros menores o iguales a 50 pies. Los techos serán fabricados en acero con especificaciones ASTM.

El ángulo que forma la inclinación del techo cónico auto soportado deberá estar entre estos límites:

$$9.5^\circ (\text{pendiente } 2:12) \leq \theta \leq 37^\circ (\text{pendiente } 9:12)$$

Por lo tanto la inclinación del techo seleccionado es de **16°**

El espesor mínimo de las planchas que conforman el techo es calculado por la siguiente ecuación:

$$\text{espesor mínimo} = \frac{D}{400 \sin(\theta)} \geq 3/16(p \lg) \quad (4.4)$$

$$\text{espesor máximo} = 1/2(p \lg)$$

Donde:

D = Diámetro del tanque en (ft)

θ = Ángulo que forma la inclinación del techo con la horizontal en (°)

$$tt = \frac{20.83}{400 \text{sen}(16^\circ)} = 0.189$$

$$tt = 0.197(\text{plg}) = 5(\text{mm})$$

4.1.3. Aperturas en el tanque

Las principales aperturas en el tanque son las detalladas a continuación:

- Entrada de hombre y limpieza
- Carga de combustible
- Descarga de combustible
- Apertura toma muestras
- Apertura de venteo

4.1.3.1 Entrada de hombre y limpieza

Esta apertura es utilizada para ingresar al interior del tanque y realizar los trabajos de construcción, como por ejemplo las soldaduras internas, además será utilizada para posibles reparaciones posteriores.

También será utilizada para realizar las limpiezas en la base del tanque y retirar las cimentaciones por lodo, agua y residuos provocadas por las impurezas que lleva consigo el Diesel y en general todos los líquidos hidrocarburos. La limpieza interna es recomendada para evitar futuras corrosiones en la base y/o cuerpo del tanque que a corto y mediano plazo provocan el deterioro del mismo apareciendo fugas del combustible y siendo

necesario en muchos de los casos realizar el cambio total del tanque y remplazarlo por uno nuevo con costos muy elevados.

La apertura de limpieza debe ser de dimensiones que garanticen la entrada normal de los trabajadores y ventilación adecuada en el caso de manejar productos como las gasolinas, estará ubicada en el cuerpo del tanque. En condiciones normales esta apertura será abierta cada dos años aproximadamente.

Esta apertura es de tipo Manhole y deberá estar provista de una plancha de refuerzo la cual tendrá un agujero delatador de 6mm ($\frac{1}{4}$ ") de diámetro expuesto a la atmósfera, que servirá para detección de fugas en el interior de las sueldas

El diámetro de la entrada de hombre escogido es de 762 mm (30"), tipo manhole con refuerzo tipo Diamante. El plano de diseño del manhole se encuentra en el Anexo A, plano No 03/24.

El manhole será diseñado en base al esquema mostrado en el Grafico No 4.2, la apertura del manhole es una boquilla bridada (brida tipo cuello soldado TWF) y la tapa es una brida ciega, para un diámetro nominal de tubería NPS 30. Las especificaciones se encuentran en las tablas siguientes:

Tabla No 4.3. Dimensiones de la boquilla del Manhole

Medidas en mm (in)							
Tamaño de la boquilla NPS	Diámetro externo de la tubería (OD)	Espesor plancha del techo y de refuerzo (t y T)	Espesor nominal boquilla (Espesor del tubo) (tn)	Altura mínima de boquilla (J)	Distancia mínima desde la base al centro de la boquilla (H_N)	Diámetro hueco techo y plancha de refuerzo (D_P)	Diámetro externo de la plancha de refuerzo (D_R)
30	762 (30)	5 ($\frac{3}{16}$)	12.5 ($\frac{1}{2}$)	300 (12)	772.5 ($30\frac{3}{8}$)	765 ($30\frac{1}{8}$)	1545 ($60\frac{3}{4}$)

Tabla No 4.4. Dimensiones de la brida del Manhole y tapa (Brida ciega)

Medidas en mm (in)								
Diámetro nominal Tubería NPS	Diámetro de la superficie de apoyo (D)	Espesor mínimo de brida (Q)	Diámetro círculo pernos (C)	Diámetro externo de la brida (A)	Diámetro de agujeros (R)	Diámetro de los pernos (P)	Longitud Pernos (L)	Numero de agujeros y pernos
30	855 (33 ^{3/4})	54 (2 ^{1/8})	915 (36)	985 (38 ^{3/4})	33 (1 ^{3/8})	30 (1 ^{1/4})	178 (7)	28

Tabla No 4.5. Dimensiones específicas de la geometría de la Brida

Medidas en mm (in)				
Diámetro nominal Tubería NPS	Altura total brida (Y)	Diámetro externo del Cubo (X)	Diámetro del tope del cubo (B)	Radio de fielte (r 1)
30	137 (5.38)	781 (30.75)	762 (30)	11 (0.44)

Tabla No 4.6. Especificaciones de materiales del Manhole

Parte del Manhole	Material	Identificación	Especificaciones
Cuello	A106	Cedula 20	NPS 30
Brida	A105	Tipo TWF Clase 150	NPS 30, Presión Trabajo 285 psig a 38°C
Tapa	A105	Tipo brida Ciega Clase 150	NPS 30, Presión Trabajo 285 psig a 38°C
Pernos	A307	Grado B	Usado para clases 150 y 300 Longitud 7"

La tapa del manhole está provista de 2 agarraderas hechas en varilla de 10 mm de espesor, una a cada lado de la línea de centro a una distancia de 230 mm (9"), cuya altura es de 75mm (3") y largo 150mm (6").

EMPAQUES:

- mahole 500mm (20") : 635mm (25 3/8")OD x 500mm (20")ID x 3mm espesor
- mahole 600mm (24") : 735mm (29 3/8")OD x 600mm (24")ID x 3mm (1/8") espesor
- mahole 750mm (30") : 885mm (35 3/8")OD x 750mm (30")ID x 3mm (1/8") espesor
- mahole 900mm (36") : 1035mm (41 3/8")OD x 900mm (36")ID x 3mm (1/8") espesor

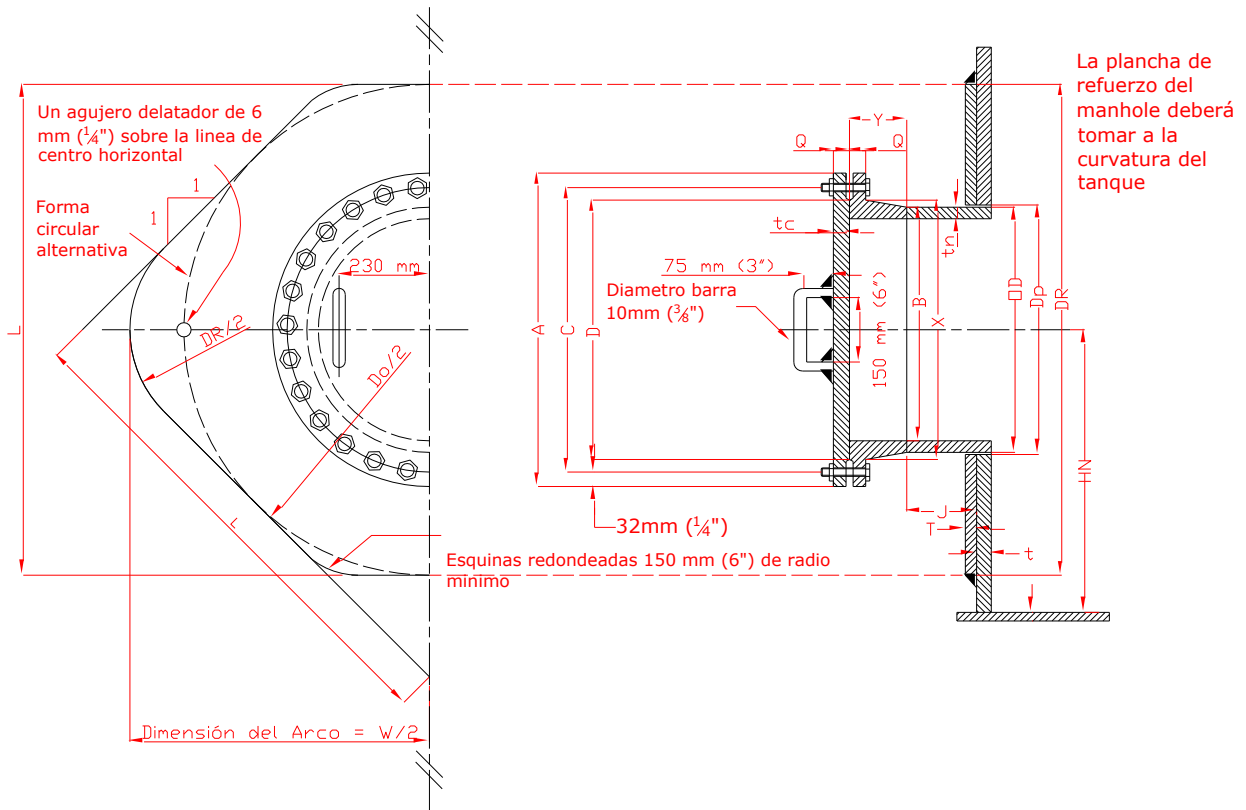


Grafico No 4.2. MANHOLE

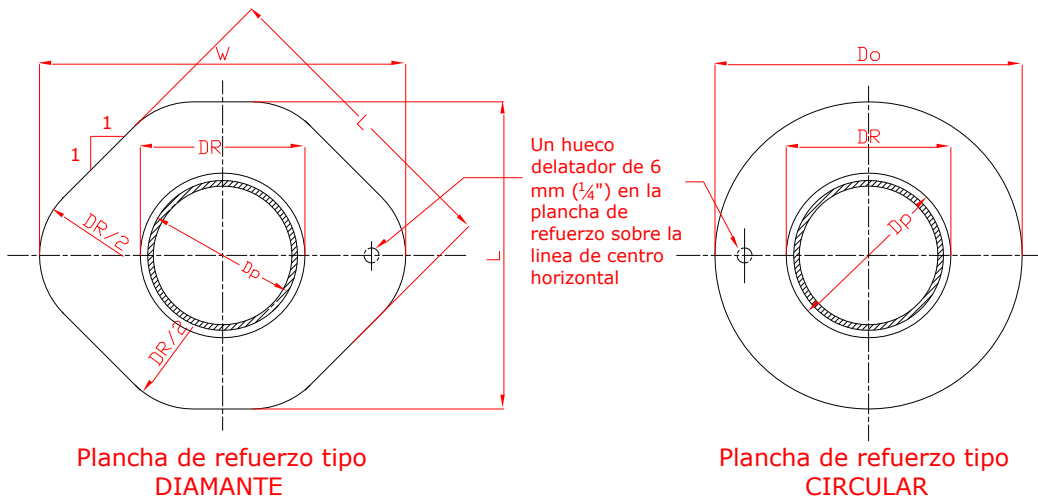


Grafico No 4.3. Tipos de refuerzos

Fuente API 650 - 1998 Figura 3-5

4.1.3.2 Carga de Combustible

La apertura para carga de combustible va a estar ubicada en el techo del tanque y es de tipo boquilla bridada.

Existirán dos aperturas de carga, la una ubicada en la parte frontal del techo y la segunda en la parte trasera, la primera para la carga de combustible desde la isla de carga y la otra para la carga desde el sistema de interconexión de tanques

El diámetro nominal de la tubería de carga se escogió en base al análisis de pérdidas en tuberías para tuberías de Carga, dicho análisis se encuentra en el tema siguiente de este capítulo, el diámetro nominal encontrado es de 76.2 mm (3 pulgadas).

La medida de la boquilla será NPS 3. Planchas de refuerzo en el techo del tanque no son requeridas para boquillas NPS 6 y menores pero puede ser utilizada si se desea

El empaque utilizado deberá tener medidas de diámetro interno igual al valor D , diámetro externo igual al valor A (ver gráfico No 4.4.), y un espesor mínimo de 3 mm, el material será especificado en los planos

La boquilla bridada será diseñada en base al esquema del gráfico No 4.4. El plano de diseño se encuentra en el anexo A plano No 05/24.

Las especificaciones para el diseño se encuentran en las tablas a continuación

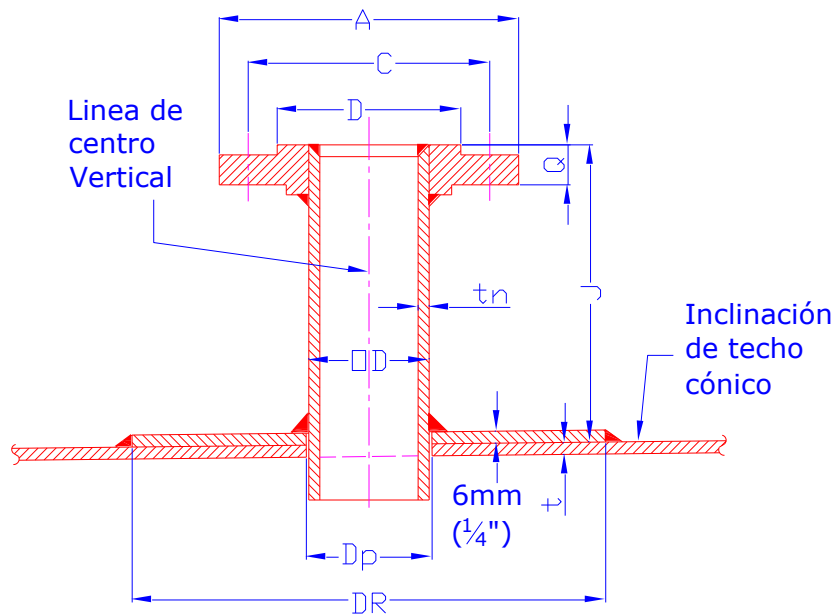


Gráfico No 4.4. Boquilla bridada - Carga de Combustible

Fuente: API 650 - 1998 Figura 3-16

Tabla No 4.7. Dimensiones de Boquilla - Apertura Carga de Combustible

Medidas en mm (in)							
Tamaño de la boquilla NPS	Diámetro externo de la boquilla tubo (OD)	Espesor plancha del techo y de refuerzo (t y T)	Espesor nominal boquilla (Espesor del tubo) (tn)	Altura mínima de boquilla (J)	Distancia mínima desde la base al centro de la boquilla (HN)	Diámetro hueco techo y plancha de refuerzo (DP)	Diámetro externo de la plancha de refuerzo (DR)
3	88.9 (3 1/2)	5 (3/16)	5.49 (0.216)	175 (7)	150 (5.9)	92 (3 5/8)	225 (9)

Tabla No 4.8. Dimensiones de Brida - Apertura Carga de Combustible

Medidas en mm (in)								
Diámetro nominal Tubería NPS	Diámetro de la superficie elevada (D)	Espesor mínimo de brida (Q)	Diámetro círculo pernos (C)	Diámetro externo de la brida (A)	Diámetro de agujeros (R)	Diámetro de los pernos (P)	Longitud Pernos (L)	Numero de pernos
3	127 (5)	24 (15/16)	152 (6)	190 (7 1/2)	19 (3/4)	16 (5/8)	76.2(3)	4

Tabla No 4.9. Especificaciones de materiales para Carga de combustible

Elemento	Material	Identificación	Especificaciones
Cuello	A106	Cedula 40	NPS 3
Brida	A105	Tipo Slip On Clase 150	NPS 3, Presión Trabajo 285 psig a 38°C
Pernos	A307	Grado B	Usado para clases 150 y 300 Longitud 3"

Fuente ASME 36.1M-1996, ASME B16.5-1996

4.1.3.3. Descarga de Combustible

La apertura para descarga de combustible estará ubicada en el cuerpo del tanque a una distancia no menor a 100 mm desde la base del tanque hasta el inicio de la apertura, así se evita que al producirse la descarga, ésta lleve consigo las cimentaciones encontradas en la base del tanque.

Existirá una única apertura de descarga, esta servirá para trasladar el combustible desde el tanque hacia la isla de descarga o hacia otros tanques cuando se requiera desocupar el contenido del mismo para su mantenimiento.

El diámetro nominal de la tubería de descarga se escogió en base al análisis de pérdidas en tuberías para el sistema de Descarga, dicho análisis se encuentra en el tema siguiente de este capítulo, el diámetro nominal encontrado es de 101.6mm (4 pulgadas).

La apertura de descarga va a ser tipo boquilla bridada, cuya medida será NPS 4. Planchas de refuerzo serán requeridas para aperturas NPS 2 y mayores

El empaque utilizado deberá tener medidas de diámetro interno igual al valor D , diámetro externo igual al valor A (ver gráfico No 4.5.), y un espesor mínimo de 3 mm, el material será especificado en los planos

La apertura de descarga será diseñada en base al esquema siguiente:

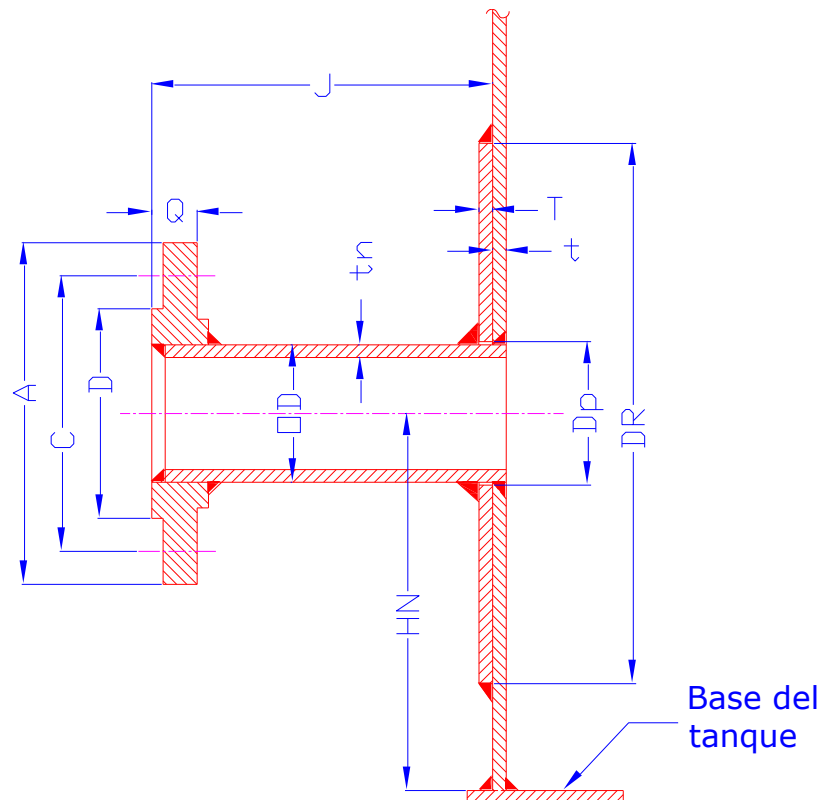


Gráfico No 4.5. Boquilla bridada - Descarga de Combustible

Fuente: API 650 - 1998 Figura 3-5

El plano de diseño se encuentra en el anexo A plano No 04/24. Las especificaciones para el diseño se encuentran en las tablas siguientes

Tabla No 4.10. Dimensiones de Boquilla - Apertura de Descarga de Combustible

Medidas en mm (in)							
Tamaño de la boquilla NPS	Diámetro externo del tubo (OD)	Espesor plancha del cuerpo y de refuerzo (t y T)	Espesor nominal boquilla (Espesor del tubo) (tn)	Altura mínima de boquilla (J)	Distancia mínima desde la base al centros de la boquilla (HN)	Diámetro hueco plancha de refuerzo (DP)	Diámetro externo de la plancha de refuerzo (DR)
4	114.3 (4 1/2)	5 (3/16)	6 (0.237)	175 (7)	225 (9)	117 (4 5/8)	305 (12)

Tabla No 4.11. Dimensiones de Brida – Apertura Descarga de Combustible

Medidas en mm (in)								
Diámetro nominal Tubería NPS	Diámetro de la superficie elevada (D)	Espesor mínimo de brida (Q)	Diámetro circulo pernos (C)	Diámetro externo de la brida (A)	Diámetro de agujeros (R)	Diámetro de los pernos (P)	Longitud Pernos (L)	Numero de pernos
4	157 (6 ³ / ₁₆)	24 (1 ⁵ / ₁₆)	190 (7 ½)	230 (9)	19 (³ / ₄)	16 (⁵ / ₈)	76.2 (3)	8

Tabla No 4.12. Especificaciones de materiales para Descarga de combustible

Elemento	Material	Identificación	Especificaciones
Cuello	A106	Cedula 40	NPS 4
Brida	A105	Clase 150	NPS 4 Presión Trabajo 285 psig a 38°C
Pernos	A307	Grado B	Usado para clases 150 y 300 Longitud 3"

Fuente ASME 36.1M-1996, ASME B16.5-1996

Tanto la apertura de carga como la de descarga de combustible, estarán provistas de una plancha de refuerzo tipo circular (gráfico No 4.3 b)

4.1.3.4 Brida superior que une a la tubería de carga o descarga.

Tanto para la apertura de carga como para la de descarga la brida superior será soldada a la tubería, según el detalle mostrado en el gráfico No 4.6, los valores de la nomenclatura utilizada en el gráfico se encuentran en las tablas siguientes:

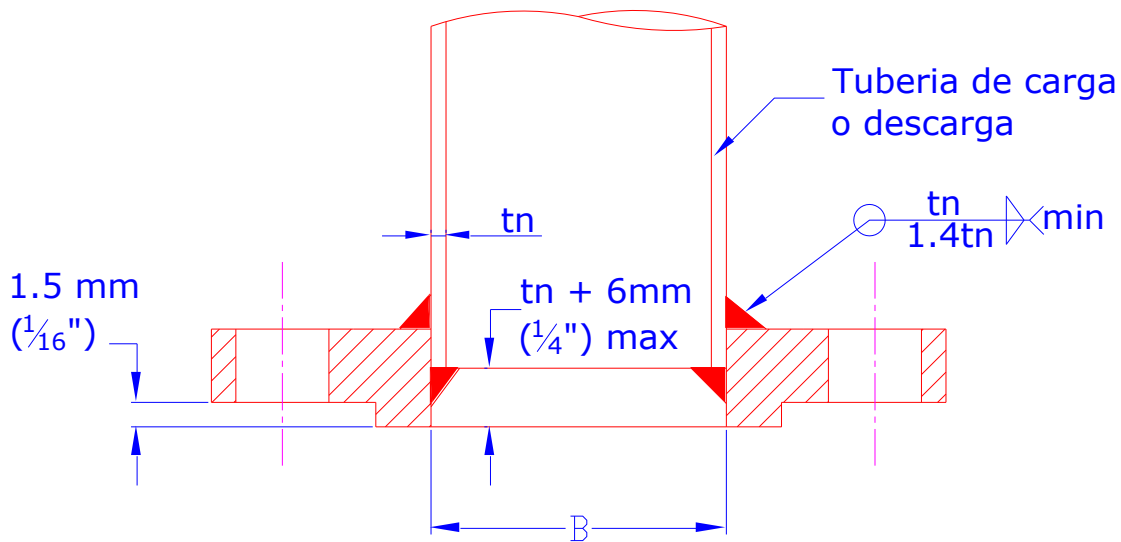


Grafico No 4.6. Dimensiones de la brida que une a la tubería

Tabla No 4.13 Detalle de unión entre la brida y la tubería, Carga y Descarga de Combustible

Unión brida – tubería [mm (in)]		
Diámetro nominal tubería NPS	Espesor de la pared de la tubería (tn)	Diámetro del agujero de la brida: Diámetro externo del tubo +(B)
3	5.46 (0.215)	1.1 (0.05)
4	6 (0.237)	1.7 (0.06)

NOTAS

1. Las bridas tanto para la carga como para la descarga de combustible son del tipo **Slip On** (*Deslizantes*)
2. La plancha de refuerzo tendrá un orificio delatador sobre la línea de centros horizontal con diámetro de 6 mm, abierto a la atmósfera.
3. Los empaques tendrán un Diámetro interno igual a la medida (D) y un diámetro externo igual a la medida (A), y un espesor igual a 3 mm, el material del empaque estará especificado en los planos.

4.1.3.5 Apertura Toma Muestras

La apertura toma muestras estará ubicada en el techo del tanque, esta apertura como su nombre lo indica sirve para tomar muestras del combustible (diesel) y realizar los respectivos análisis de composición y calidad, requeridos para un control interno de la terminal como también por las entidades encargadas del control de calidad de los combustibles.

El dispositivo utilizado para la toma de muestras de combustible es el denominado ladrón toma muestras, el diámetro externo estándar de este dispositivo es de 2 ½ plg, por lo tanto la apertura deberá tener un diámetro mínimo de 3 plg.

La apertura toma muestras será tipo boquilla bridada NPS 3, con la excepción que la brida superior será una brida ciega y tendrá la función de tapa de la boquilla

El diseño de la boquilla bridada será en base al gráfico No 4.4. y las dimensiones son las mismas que las de la apertura de Carga, (tablas 4.7. y 4.8.)

La brida superior o tapa de la apertura toma muestras es una brida ciega, a la cual se le soldará una oreja de agarre, según el gráfico siguiente:

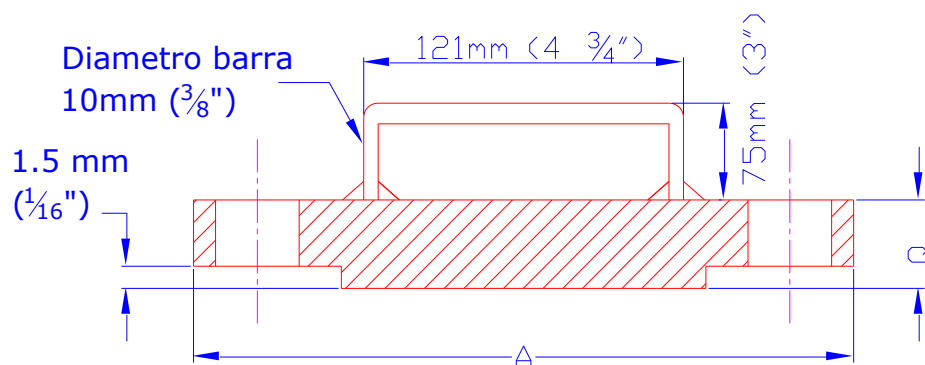


Grafico No 4.7. Brida Ciega – Tapa toma muestras

El plano de diseño se encuentra en el anexo A plano No 06/24. Las especificaciones son las siguientes:

Tabla No 4.14. Dimensiones de la brida Ciega – Tapa Toma muestras

DIMENSIONES DE LA BRIDADA [mm (in)]							
Diámetro nominal Tubería NPS	Diámetro externo de la brida (A)	Espesor mínimo de brida (Q)	Diámetro circulo pernos (C)	Diámetro de agujeros (R)	Diámetro de los pernos (P)	Longitud Pernos (L)	Numero de pernos
3	190 (7 ¹ / ₂)	24 (¹⁵ / ₁₆)	152 (6)	19 (³ / ₄)	16 (⁵ / ₈)	76.2(3)	4

1. Los materiales de la boquilla, de la brida y de los pernos son los mismos especificados para la Carga de Combustible (Tabla No. 4.9.)
2. Los empaques tendrán un Diámetro interno igual a la medida (D) y un diámetro externo igual a la mitad (A), y un espesor igual a 3 mm, el materia del empaque estará especificado en los planos.
3. La plancha de refuerzo tendrá un orificio delatador sobre la línea de centros horizontal con diámetro de 6 mm, abierto a la atmósfera.

4.1.3.6. Apertura de Venteo

Esta apertura estará ubicada en el techo y será abierta a la atmósfera, La función de la apertura de venteo es el permitir evacuar el exceso de gases hidrocarburos que podrían provocar el aumento de la presión interna del tanque y explosiones eventuales.

Según la norma NTE INEN 2 251:2001 (Manejo, Almacenamiento, Transporte y Expendio de los Centros de Distribución de Combustibles Líquidos. Requisitos) “Los tanques de almacenamiento deben disponer de ductos de ventilación de 50 mm (2”) de diámetro mínimo, construidos en acero

al carbón. La boca de desfogue debe estar colocada a una altura mínima de 4 m sobre el nivel de la cota del piso y a 1m de distancia de cualquier fuente de calor.

Ya que la altura de los tanques tanto de la primera como de la segunda etapa son de 6 m, no existe la necesidad de aumentar la boca de desfogue, lo que se requiere es tener una apertura abierta a la atmósfera por donde pueda desfogar el exceso de gases internos.

La apertura deberá estar ubicada en lo posible lo más cerca al centro del techo del tanque, ya que el techo es tipo cónico, se garantizará con esta medida tener la apertura en la parte más elevada del tanque de almacenamiento.

Esta apertura será tipo boquilla, con una cubierta superior que impida el ingreso de agua lluvia dentro del tanque, la medida será NPS 2 y su diseño esta en base al gráfico siguiente:

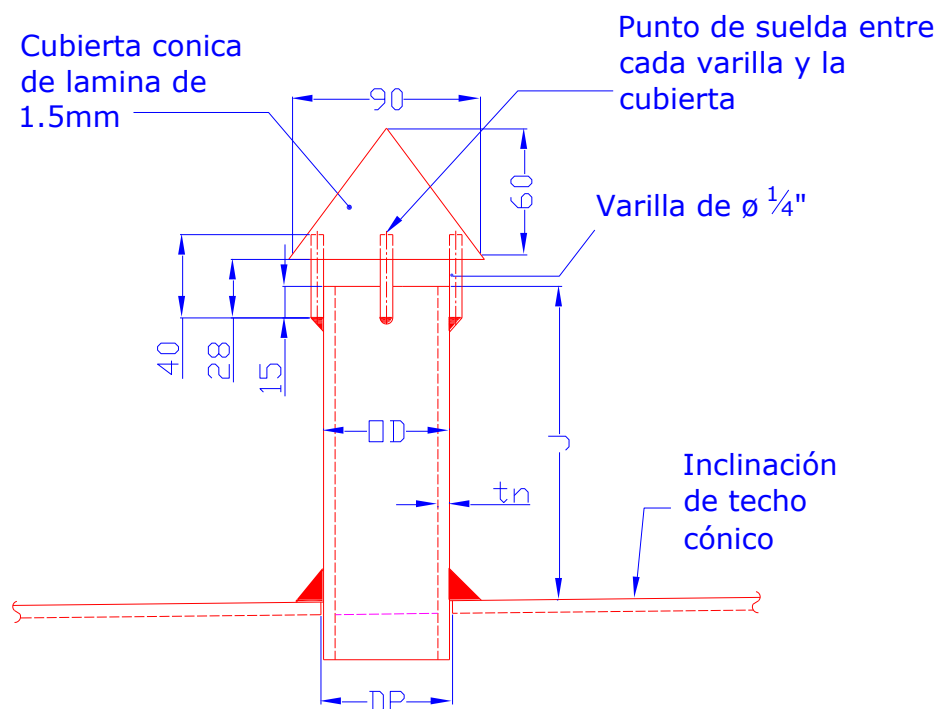


Gráfico No 4.8. Apertura de venteo

El plano de diseño se encuentra en el anexo A plano No 07/24. Las especificaciones para el diseño se encuentran en las tablas siguientes

Tabla No 4.15. Dimensiones de apertura de Venteo

Medidas en mm (in)					
NPS Tamaño de la boquilla	Diámetro externo de la boquilla (OD)	Diámetro hueco de techo (Dp)	Espesor de la plancha del techo (t)	Espesor nominal de pared de boquilla (tn)	Altura mínima de boquilla (J)
2	60.3 (2 ³ / ₈)	65 (2 ¹ / ₂)	5 (³ / ₁₆)	4 (0.154)	150 (6)

NOTA:

1. La apertura de venteo no dispondrá de plancha de refuerzo.
2. El material de la boquilla es el mismo utilizado para la apertura de Carga de combustible.
3. La lámina y la varilla son del material A36

4.1.4. Accesorios del tanque

4.1.4.1. Escalera

Para el diseño de la escalera del tanque de almacenamiento, se debe considerar los siguientes requerimientos:

1. Todas las partes deben ser fabricadas en metal.
2. El ancho mínimo de la escalera debe ser de 610 mm (24").
3. El ángulo máximo de la escalera con la horizontal debe ser de 50°
4. El ancho mínimo de la grada deberá ser de 200 mm (8")(La suma de dos veces el alto de la grada más el ancho de la misma (definida como la medida horizontal entre el inicio de dos gradas sucesivas), no deberá ser menor a 610 mm (24") o mayor a 660 mm (26"). Las alturas deberán ser uniformes a lo largo de todo el alto de la escalera).
5. Las gradas deberán ser hechas de un material de poco desliz o corrugado.

6. La máxima distancia entre los postes de la baranda deberá ser de 2400 mm (96”).
7. La altura del pasamanos deberá ser entre 760 a 1000 mm (30 a 39½ ”)
8. La estructura completa deberá ser capaz de soportar cargas concentradas en movimiento de 4450 N (1000 lbf), y la estructura del pasamanos deberá ser capaz de resistir cargas de 890 N (200 lbf), aplicadas en cualquier dirección y en cualquier punto del pasamanos.
9. Los pasamanos deberán estar colocados en ambos lados de la escalera, si la escalera es circular alrededor del tanque, el pasamanos deberá estar colocado en ambos lados de la escalera si la distancia entre el cuerpo del tanque y el inicio de la escalera excede los 200 mm (8”)
10. Escaleras circunferenciales deberán estar completamente soportadas sobre el cuerpo del tanque.

La escalera a diseñar es para los tanques de la primera etapa (TD-01 y TD-02), ya que estos tienen las mismas medidas, existe un solo modelo de escalera

Cálculo de las dimensiones de los peldaños de la escalera

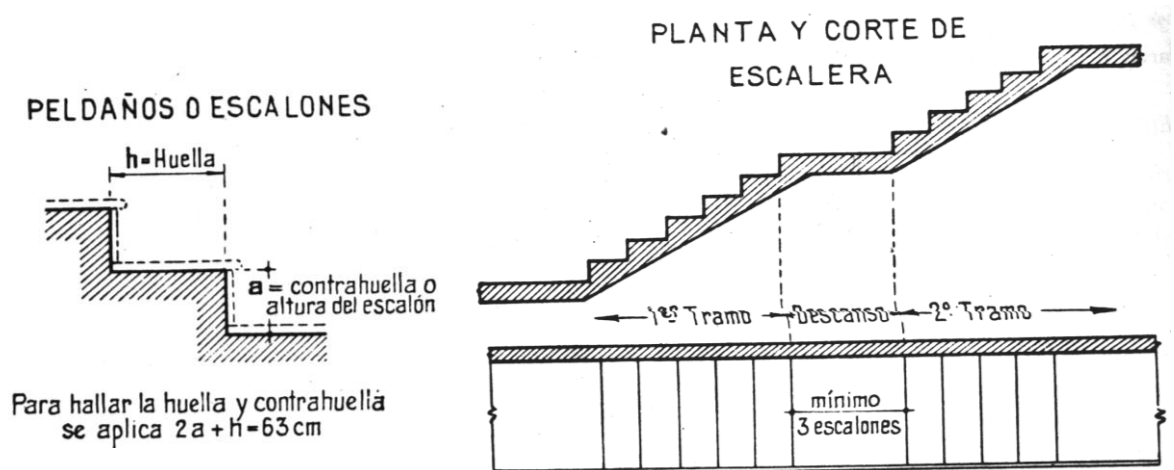


Figura No 4.2. Dimensiones generales de escalera

Fuente: Curso práctico de Edificación – Juan Primiano, 10^{ma} edición

El número de peldaños se obtendrá con la siguiente fórmula:

$$n = \frac{A}{a} \quad (4.5)$$

Donde:

n = Número de peldaños

A= Altura del piso

a = alto del peldaño

Para una escalera de servicio el alto del peldaño (contrahuella **a**) esta entre 18 y 22 cm. La contrahuella seleccionada será de 20 cm., por lo tanto

$$A = 600 \text{ cm}$$

$$a = 20 \text{ cm}$$

$$n = \frac{600}{20} = 30$$

El ancho de cada escalón (huella **h**) para una escalera de servicio esta entre 24 a 26cm. Para obtener el ancho de los escalones se utiliza la siguiente fórmula:

$$h = 63 - 2a \quad (4.6)$$

$$h = 63 - (2 \times 20)$$

$$h = 23 \text{ (cm)}$$

Puesto que no hay inconveniente en redondear esta cifra, el ancho del peldaño será 25 (cm).

El ángulo de inclinación será de máximo 50°. Para encontrar la inclinación que tendrá la escalera, el valor de h, o sea la huella, se multiplicará por n, y nos dará la longitud L que va a ocupar la escalera en proyección horizontal.

$$h(n) = L \quad (4.7)$$

$$L = 25(30) = 700 \text{ (cm)}$$

$$\text{tg } \theta = \frac{A}{L} = \frac{600}{700} = 38.7^\circ$$

La escalera será tipo circunferencial, las medidas generales están detalladas en la tabla siguiente:

Tabla No 4.16. Medidas Generales - Escalera de Tanque

Alto escalera m	Ancho escalera Mm	Angulo (°)	Alto escalón mm.	Ancho escalón mm.	Numero de escalones N	Altura pasamanos mm	Distancia entre balaustres Mm	Número de , Balaustres
6	700	38.7	200	250	30	1000	1280	8



Figura No 4.3. Escalera Circunferencial

Cortesía Machala Power

Análisis Escalera

Análisis Peldaño

Las condiciones según la API 650 es que deberá soportar una carga concentrada de 4450N (1000 lbf). El peldaño estará hecho de plancha antideslizante de material A36, el diagrama de cuerpo libre del peldaño es el siguiente:

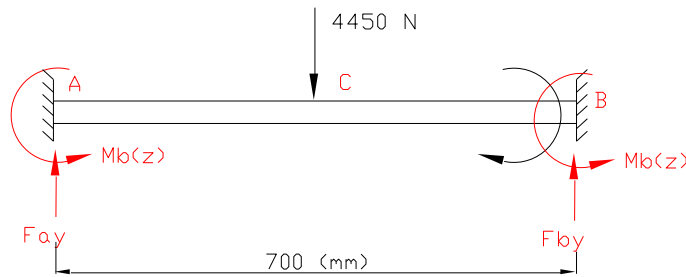


Gráfico No 4.9. D.C.L. peldaño escalera

Se resuelve mediante la utilización del programa SAP 2000, aquí se ingresa el esquema y las fuerzas según el gráfico anterior y se analiza los esfuerzos para una sección transversal tipo canal. Se interactúa el análisis para varias dimensiones del canal, los resultados mostrados a continuación son para una sección transversal que tiene las siguientes medidas:

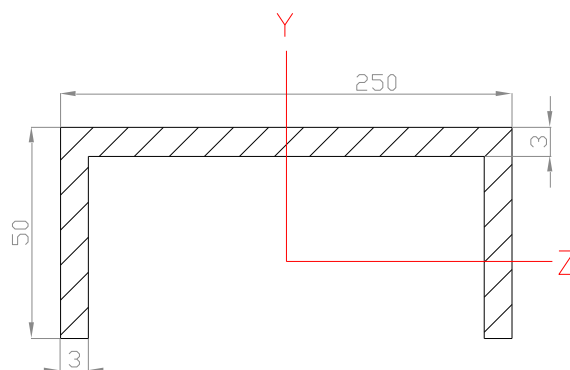


Gráfico No 4.10. Sección transversal peldaño escalera

La convención de signos utilizada para el Momento flector es positiva en el sentido de las manecillas del reloj. Los resultados del análisis estático según el programa SAP 2000 son los mostrados a continuación:

$$\begin{aligned}
 F_{ay} &= 2225(N) & F_{by} &= 2225(N) \\
 M_a(z) &= -389375(N \times mm) & M_b(z) &= 389375(N \times mm)
 \end{aligned}$$

Los diagramas son:

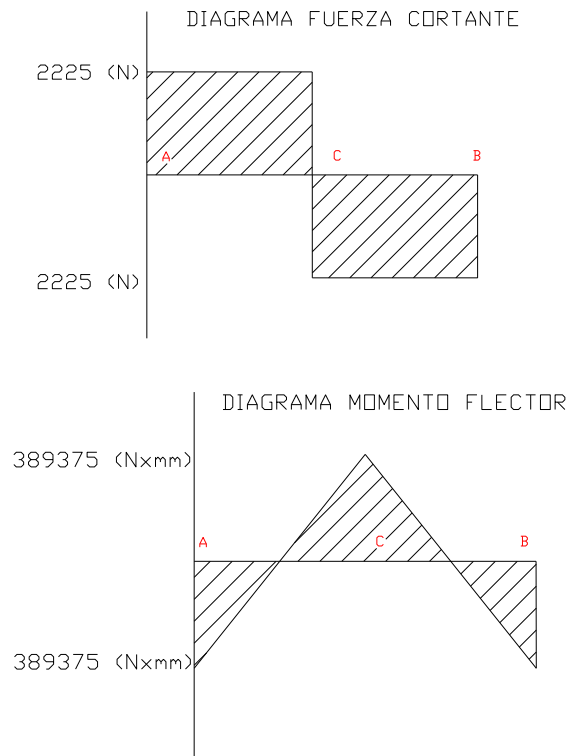


Gráfico No 4.11. Diagramas Cortante y Flector - peldaño escalera

Se corre el programa de Análisis de la estructura, los resultados son los siguientes:

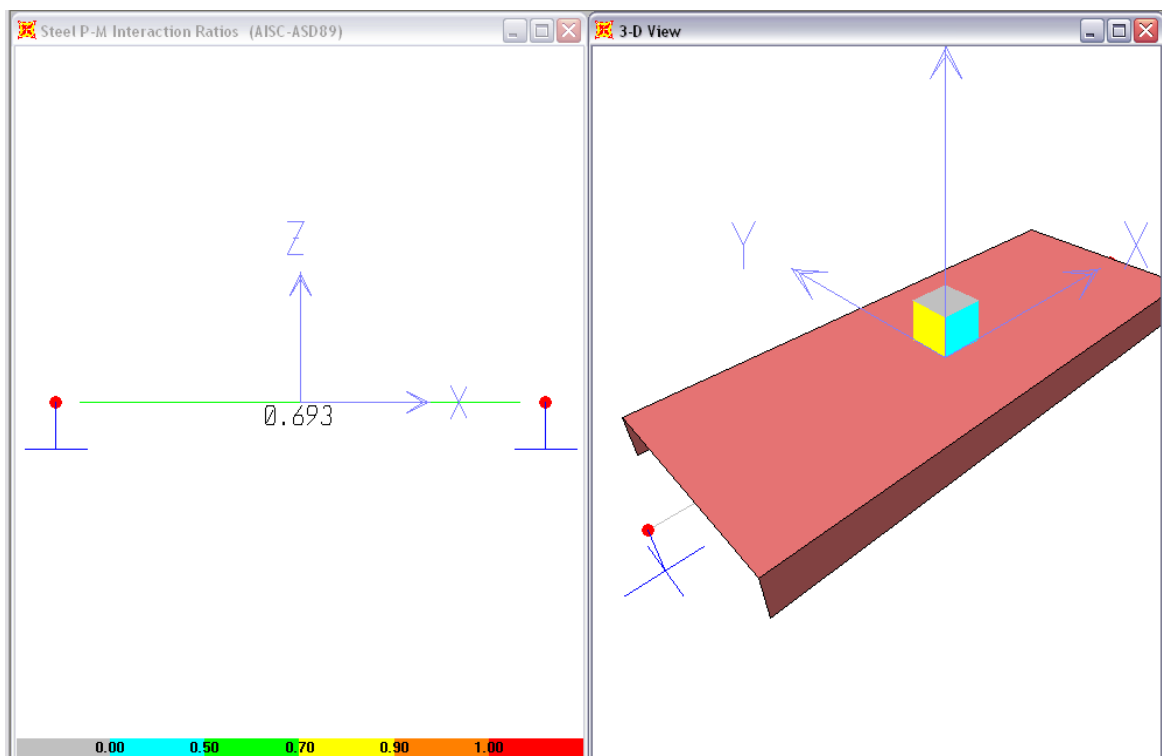


Figura No 4.4. Análisis Estructural – Peldaño Escalera

Sap 2000 Análisis Peldaño

Tabla No 4.17. Radio de Esfuerzos – Análisis peldaño Escalera

Radio de esfuerzos	Longitud Viga (mm)				
	0	175	350	525	700
R	0.693 (T)	0.00 (T)	0.693 (T)	0.00 (T)	0.693 (T)

Donde T = Tracción.

El radio de esfuerzos es de 0.693, por lo tanto la sección transversal del peldaño **SI** resiste las cargas aplicadas.

Análisis tramo escalera

Se analiza el tramo comprendido entre cada soporte, las reacciones que resulten en este análisis serán las fuerzas que deberá resistir cada soporte de la escalera. La distancia entre los soportes seleccionada es de 2400 mm de longitud, lo que permitirá que la escalera esté sujeta en 4 apoyos hacia la pared del tanque. El esquema del tramo de la escalera es el mostrado a continuación

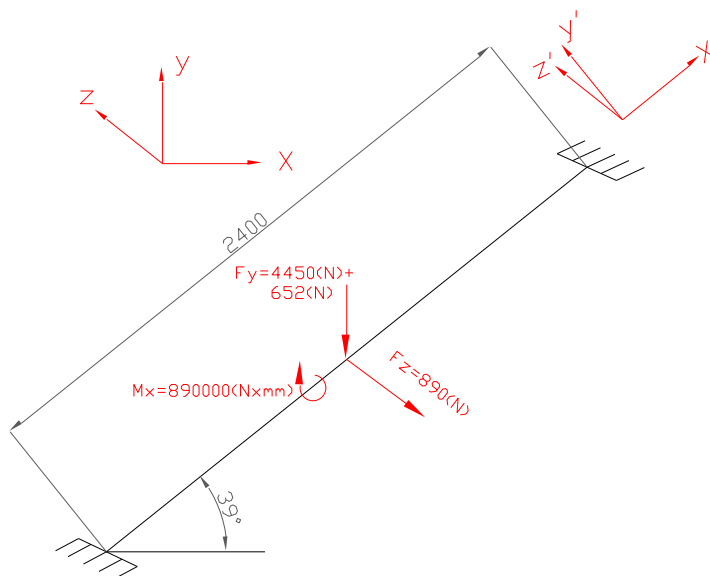


Grafico No 4.12. Esquema Tramo escalera

Para mayor facilidad el análisis estático se lo realizará en el plano ($x' - y'$), las fuerzas que actúan en este plano son las mostradas a continuación:

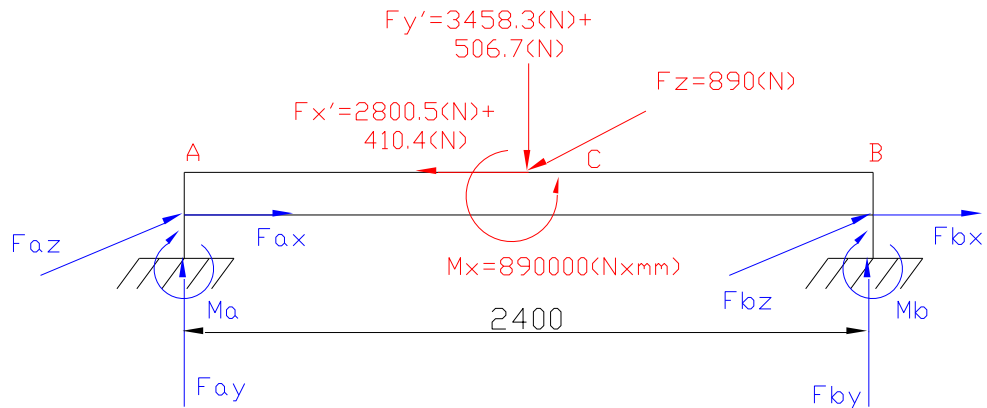


Grafico No 4.13. D.C.L. Tramo Escalera

La fuerza F_y igual a $(4450 + 652)$ (N) incluye el peso del tramo de la escalera, el cálculo de este peso se describe a continuación:

El peso específico del acero es $\rho(A36) = 7800 \frac{\text{Kgf}}{\text{m}^3}$

Peldaño (según gráfico No 4.10):

$$A(\text{peldaño}) = 1032(\text{mm}^2)$$

$$L = 700(\text{mm})$$

$$V(\text{peldaño}) = 1032 \times 700 = 722400(\text{mm}^3) = 0.0007224(\text{m}^3)$$

$$W(\text{cada peldaño}) = \rho \times V = 7800 \times 0.0007224 = 5.64(\text{Kgf})$$

No peldaños por tramo ≈ 4

$$W(\text{peldaños}) = 4 \times 5.63 = 22.54(\text{kgf})$$

Zanca:

$$A(\text{zanca}) = 1000(\text{mm}^2)$$

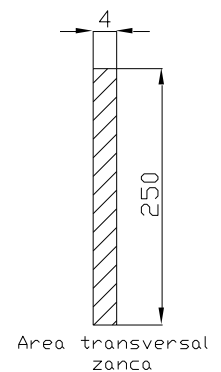
$$L = 2400(\text{mm})$$

$$V(\text{zanca}) = 1000 \times 2400 = 2400000(\text{mm}^3) = 0.0024(\text{m}^3)$$

$$W(\text{cada zanca}) = \rho \times V = 7800 \times 0.0024 = 18.72(\text{Kgf})$$

No zanca = 2

$$W(\text{zanca}) = 2 \times 18.72 = 37.44(\text{kgf})$$



Balaustre

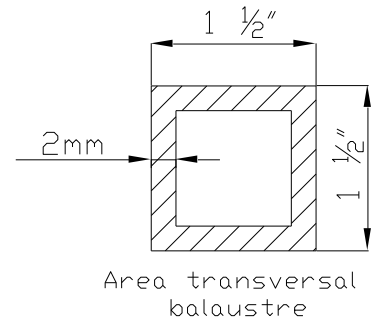
$$A(\text{balaustre}) = 288.8(\text{mm}^2)$$

$$L = 1000(\text{mm})$$

$$V(\text{balaustre}) = 288.8 \times 1000 = 288800(\text{mm}^3) = 0.0002888(\text{m}^3)$$

$$\text{No balaustres} = 1$$

$$W(\text{balaustre}) = \rho \times V = 7800 \times 0.0002888 = 2.25(\text{Kgf})$$



Pasamanos

$$A(\text{pasamanos}) = 226.82(\text{mm}^2)$$

$$L = 2400(\text{mm})$$

$$V(\text{pasamanos}) = 226.82 \times 2400 = 544368(\text{mm}^3) = 0.00054(\text{m}^3)$$

$$\text{No pasamanos} = 1$$

$$W(\text{balaustre}) = \rho \times V = 7800 \times 0.00054 = 4.25(\text{Kgf})$$

$$W = \text{Peso cada tramo}$$

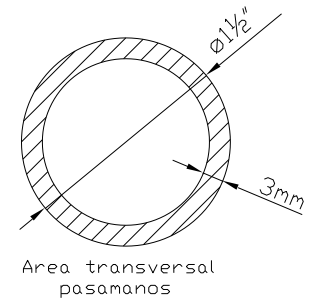
$$W = W(\text{peldaños}) + W(\text{zancas}) + W(\text{balaustre}) + W(\text{pasamanos})$$

$$W \approx 66.5(\text{Kgf}) = 652(\text{N})$$

$$W_T = \text{Peso total Escalera} = \text{No}(\text{tramos}) \times W$$

$$\text{No}(\text{tramos}) \approx 4.3$$

$$W_T \approx 300(\text{Kgf}) = 2940(\text{N}) = 661(\text{lb})$$



El esquema mostrado en el gráfico No 4.13, se ingresa al programa SAP 2000, las fuerzas actuantes serán consideradas cargas vivas y el peso del tramo de la escalera será considerada carga muerta. Se analiza estáticamente, los resultados son los siguientes:

<i>Punto A</i>	<i>Punto B</i>
$F_{ax} = 1605.5(\text{N})$	$F_{bx} = 1605.5(\text{N})$
$F_{ay} = 1982.5(\text{N})$	$F_{by} = 1982.6(\text{N})$
$F_{az} = 445.0(\text{N})$	$F_{bz} = 445.0(\text{N})$
$M_{ax} = 445000(\text{N} \times \text{mm})$	$M_{bx} = 455000(\text{N} \times \text{mm})$
$M_{ay} = 267000(\text{N} \times \text{mm})$	$M_{by} = -267000(\text{N} \times \text{mm})$
$M_{az} = -1189500(\text{N} \times \text{mm})$	$M_{bz} = 1189500(\text{N} \times \text{mm})$

Las reacciones producidas en el apoyo (sea este A o B), serán las fuerzas que actúan en el soporte de la escalera, el esquema es el mostrado a continuación

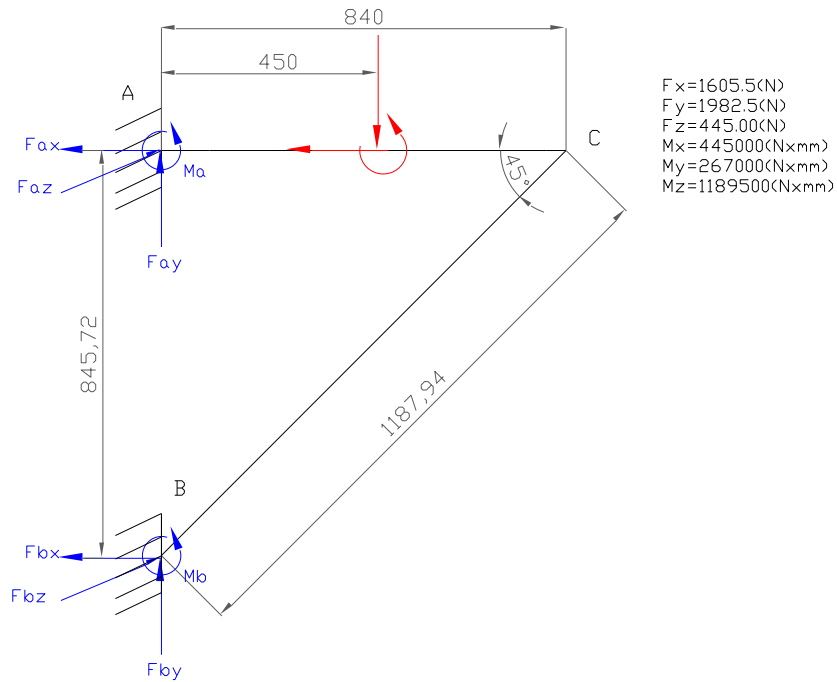


Gráfico No 4.14. DCL Elemento Soporte Escalera

Se resuelve mediante la utilización del programa SAP 2000, aquí se ingresa el esquema y las fuerzas según el gráfico anterior y se interactúa con varias secciones transversales tipo canal, la sección para la cual se presentan los resultados es la siguiente:

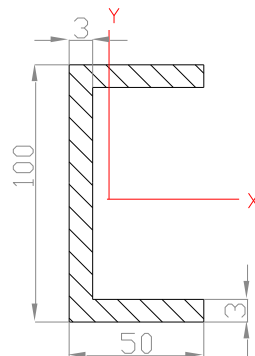


Gráfico No 4.15. Sección transversal – Soporte escalera

La convención de signos utilizada para el Momento flector es positiva en el sentido de las manecillas del reloj. Los resultados del análisis estático según el programa SAP 2000 son los mostrados a continuación:

Punto A

$$F_{ax} = -525.8(N)$$

$$F_{ay} = -385.7(N)$$

$$F_{az} = -77.8(N)$$

$$M_{ax} = 223345.1(N \times mm)$$

$$M_{ay} = 235239.5(N \times mm)$$

$$M_{az} = 172768.8(N \times mm)$$

Punto B

$$F_{bx} = 2131.3(N)$$

$$F_{by} = 2458.8(N)$$

$$F_{bz} = 522.8(N)$$

$$M_{bx} = -217479(N \times mm)$$

$$M_{by} = 218660.6(N \times mm)$$

$$M_{bz} = -97201.3(N \times mm)$$

Los resultados del análisis estructural del soporte son los siguientes:

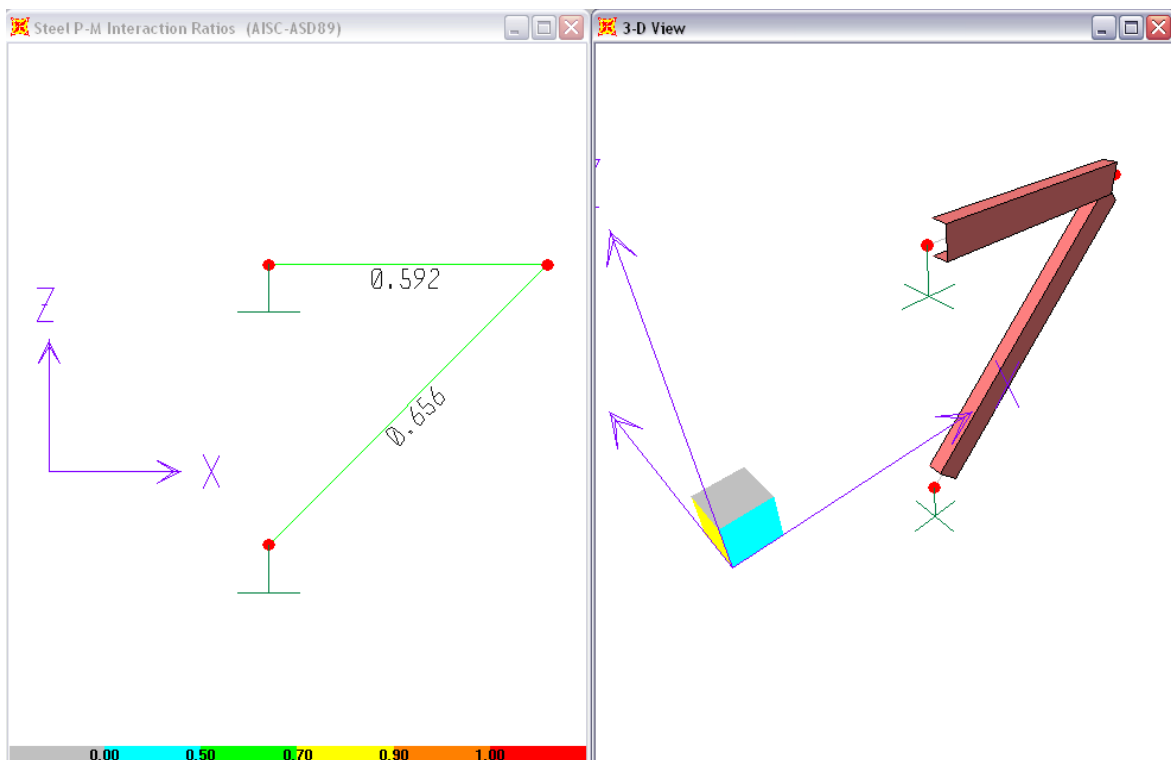


Figura No 4.5. Radio de Esfuerzos Soporte Escalera

SAP 2000 Soporte Escalera

Tabla No 4.18. Radio de esfuerzos – Soporte Escalera

Tramo	Radio de Esfuerzos	Distancia (mm)
A – C	0.592 (T)	0.00
B – C	0.656 (C)	0.00

Por lo tanto El soporte de la escalera **Si** resiste estructuralmente

Análisis Soldadura Soporte Escalera

Como tercer punto del diseño de la escalera es la realización del análisis de la soldadura de los soportes. Las reacciones encontradas en los apoyos serán las cargas que soportará la soldadura.

Los soportes estarán soldados a una placa de refuerzo, la cual a su vez estará soldada al cuerpo del tanque, se analiza la soldadura entre el soporte y la placa de refuerzo

Ya que existe dos momentos y dos fuerzas cortantes (en las direcciones Y y Z) primero se sacará la resultante tanto de la fuerza cortante como de los momentos, así:

$$V_a = \sqrt{V_{ay}^2 + V_{az}^2} = \sqrt{(385.7)^2 + (77.8)^2} = 393.5(N)$$

$$M_a = \sqrt{M_{ay}^2 + M_{az}^2} = \sqrt{(235239.5)^2 + (172768.8)^2} = 291867.6(N \times mm)$$

$$V_b = \sqrt{V_{by}^2 + V_{bz}^2} = \sqrt{(2458.8)^2 + (522.8)^2} = 2513.8(N)$$

$$M_b = \sqrt{M_{by}^2 + M_{bz}^2} = \sqrt{(218660.6)^2 + (97201.3)^2} = 239291.8(N \times mm)$$

Las cargas que actúan en la soldadura son:

A :

$$V_a = 393.5(N)$$

$$F_a = 525.8(N)$$

$$M_a = 291867.6(N \times mm)$$

$$T_a = 223345.1(N \times mm)$$

B :

$$V_b = 2513.8(N)$$

$$F_b = 2131.3(N)$$

$$M_b = 239291.8(N \times mm)$$

$$T_b = 217479.0(N \times mm)$$

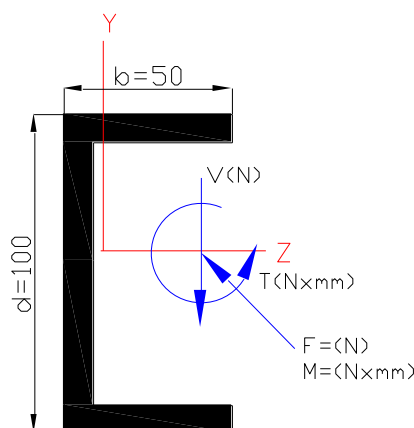


Grafico No 4.16. D.C.L. Soldadura – Soporte Escalera

$$\text{Esfuerzo por Cortante: } \frac{V}{A} + \frac{F}{A}$$

Donde: A = Área de la garganta

$$3. \text{ Esfuerzo por torsión: } \tau'' = \frac{Mr}{J}$$

Donde: r = Distancia desde centroide del grupo de juntas al punto a analizar

$$J = 0.707hJ_u$$

J_u = Momento polar de inercia unitario.

$$4. \text{ Esfuerzo por Flexión: } \sigma'' = \frac{Mc}{I}$$

Donde: c = Distancia desde centroide de grupo de juntas al punto a analizar

$$I = 0.707hI_u$$

I_u = Momento de inercia unitario.

Los datos son:

$$A = 0.707h(2b + d) = 707(\text{mm}^2)$$

$$J_u = \frac{8b^3 + 6bd^2 + d^3}{12} - \frac{b^4}{2b + d} = 385416.7(\text{mm}^3)$$

$$r = c = \frac{b^2}{2b + d} = 12.5(\text{mm})$$

$$I_u = \frac{d^2}{12}(6b + d) = 333333.33(\text{mm}^3)$$

El apoyo a analizar es el **A**, por lo tanto:

$$\sigma'' = \frac{Mc}{I} = \frac{291867.6 \times 12.5}{0.707 \times 5 \times 333333.33} = 3.1 \text{MPa}$$

$$\tau' = \frac{V}{A} + \frac{F}{A} = \frac{393.5}{707} + \frac{525.8}{707} = 1.3 \text{MPa}$$

$$\tau'' = \frac{Tr}{J} = \frac{223345.1 \times 12.5}{0.707 \times 5 \times 385416.7} = 2.05 \text{MPa}$$

$$\sigma = 3.1 \text{MPa}$$

$$\tau = \tau' + \tau'' = 3.4 \text{MPa}$$

La resistencia a la fluencia de un electrodo AWS E60xx es de: $S_y = 50 \text{ Kip/plg}^2$ o 345 MPa, el esfuerzo permisible para soldadura a filete y para de tipo de carga a Flexión es de $0.60 S_y$ (207 MPa) y para cargas Cortantes $0.40 S_y$ (138 MPa)¹¹.

Siendo los esfuerzos calculados en la soldadura del soporte de la escalera muchos menores a los admisibles, la soldadura **SI** resiste.

4.1.5. Vigas contra viento en el parte superior e intermedia del tanque

4.1.5.1. Anillos rigidizadores

En la apertura del tanque (techo), se deberá colocar un anillo rigidizador, el cual mantendrá la redondez cuando el tanque está sujeto a cargas de viento, este anillo rigidizador conocido también como Viga contra viento, estará hecho de de perfiles tipo ángulo, cuyas medidas no serán menores a $2 \frac{1}{2} \times 2 \frac{1}{2} \times \frac{3}{16}$ (plg) (64x64x4.8 mm), para planchas del cuerpo del tanque iguales $\frac{3}{16}$ " (5mm).

4.1.5.2. Viga contra viento en la parte superior del tanque

Según la API 650-1998, para determinar el requerimiento mínimo del modulo de sección se utiliza la siguiente ecuación:

$$Z = 0.0001 \times D^2 \times H_2 \quad (4.8)$$

Donde

D es el diámetro del tanque en (ft) ,

H es la altura en (ft)

¹¹ Datos obtenidos de Diseño en Ingeniería Mecánica – Joseph Edward Shigley, 2da edición, tablas 7-3, 7-4

Este módulo se calcula para velocidad de viento de 160 Km/h. En el Ecuador, la velocidad promedio más alta es de 50 Km/h¹², para efectos de diseño se utilizará una velocidad de viento igual a 80 Km/h, por lo tanto el valor calculado del módulo se le deberá multiplicar por el siguiente Factor $\left(\frac{V}{160}\right)^2$, donde V, es la velocidad del viento en (Km/h).

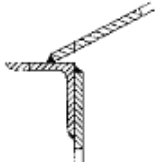
$$Z = 0.0001 \times (20.83)^2 \times 19.7$$

$$Z = 0.855 \times \left(\frac{80}{160}\right)^2$$

$$Z = 0.214 (plg^3)$$

Con este modulo de sección se ingresa a la tabla No D.7 del Apéndice D (perfiles para anillos rigidizadores según la API 650) y se encuentra el perfil recomendado que más se acerque al valor del módulo de sección calculado para la viga contra viento y según la figura D-1 del Anexo D, se escoge la forma como este irá colocado, el perfil seleccionado es:

Tabla No. 4.19. Viga superior contra viento

Modulo de sección Z cm ³ (plg ³)	Tamaño del perfil mm (plg)	Detalle de ubicación de la viga superior contra viento
6.86 (0.41)	64 x 64 x 6.4 (2½ x 2½ x ¼)	

Fuente API 650 -1998 Tabla 3-20, fig 3-20

La viga superior contra viento estará ubicada en el tope de la plancha del último anillo del cuerpo. Cualquier ensamblaje de unión de dos perfiles deberá estar a por lo menos 150mm (6") de cualquier soldadura vertical del tanque.

¹² Según INAMI

4.1.5.3. Viga contra viento en la parte intermedia del tanque

La máxima altura del tanque libre de anillos rigidizadores se la encuentra con la siguiente expresión:

$$H_1 = 600000 \times t \times \sqrt{\left(\frac{t}{D}\right)^3} \quad (4.9)$$

Donde:

H_1 = Distancia vertical entre la viga contra viento intermedia y la de tope (ft)

t = espesor de la plancha del cuerpo = 3/16(plg)

D = Diametro del tanque = 20.83(ft)

$$H_1 = 600000 \times 0.196 \times \sqrt{\left(\frac{0.196}{20.83}\right)^3}$$

$$H_1 = 108.71(\text{ft}) = 33.2(\text{m})$$

Debido a que la distancia H_1 es mayor a la altura del tanque, **NO** es necesario colocar una viga intermedia contra viento

4.1.6. Techo del tanque

El tipo del techo seleccionado para el diseño de los tanques de almacenamiento de la terminal, es el techo cónico auto soportado

Todo el techo deberá estar diseñado para soportar cargas muertas más cargas vivas uniformes, mayores a 1.2 KPa (25 lbf/ft²) sobre el área proyectada.

Las planchas del techo serán unidas al ángulo de tope (viga contra viento del tanque) mediante soldadura a filete continua sobre el lado exterior únicamente. El espesor de las planchas del techo será de 0.197 plg (5mm) y el ángulo que forma el cono con la horizontal será de 16°.

La unión entre las planchas del techo y el ángulo de tope se escoge de la figura No D.1 en el anexo D. La unión será de la siguiente manera:

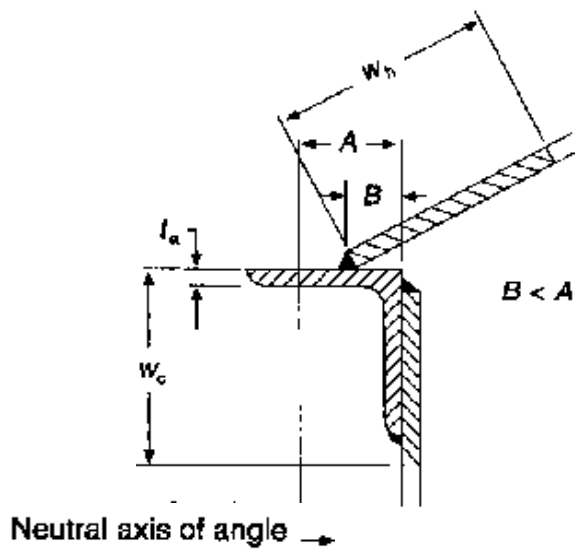


Figura No 4.6. Unión techo – Cuerpo del tanque

Fuente API 650 - 1998

Donde: (todas las medidas están en mm)

W_h = Ancho máximo de participación del techo

W_c = Ancho máximo de participación del cuerpo del tanque

t_a = Espesor del ángulo

A = Distancia del borde al centro de gravedad del perfil

B = Distancia del borde del perfil al borde de la soldadura con la plancha del techo

$$W_h = 0.3(R_2 t_h)^{0.5} \text{ o } 300\text{mm} \text{ el menor de los valores} \quad (4.10)$$

$$W_c = 0.6(R_c \times t_s)^{0.5} \quad (4.11)$$

Donde

t_h = espesor de la plancha del techo

R_2 = Longitud de la normal del techo, medido desde la línea de centros vertical del tanque.

$$R_2 = \frac{R_c}{\text{sen } \theta} \quad (4.12)$$

Donde:

R_c = Radio interno del tanque

θ = Ángulo que forma el techo con respecto a la horizontal

4.1.6.1. Área de participación en unión Techo - Cuerpo

Si la soldadura a filete continua entre las planchas del techo y la viga rigidizadora del cuerpo del tanque no excede los 5mm, la inclinación del techo no es mayor a 9.5°, si el detalle del anillo de compresión es otro especificado por las norma API 650 Apéndice F figura F-2 (Anexo D, figura D.1) y el área de sección transversal de la unión techo cuerpo “**A**”, es menor o igual al valor calculado en la fórmula (4.13), entonces la unión techo – cuerpo del tanque podrá considerarse una **jointa frágil**, y en el evento de una presión interna excesiva podrá fallar dicha unión antes de que falle las juntas del cuerpo del tanque o en las juntas entre el cuerpo y la base del tanque. La falla en la junta entre el techo y el cuerpo del tanque se inicia con una ruptura de la viga rigidizadora y posteriormente por la ruptura de la suelda entre el techo y cuerpo del tanque.

Si la unión entre el techo y la base del tanque es considerada una junta frágil, será necesaria la colocación de dispositivos de desfogue de emergencia según lo estipula la Norma API 2000.

El área de participación mínima en la unión techo – cuerpo del tanque es calculada por la siguiente expresión:

$$A_{min} = \frac{D^2}{0.432 \times \text{sen}\theta} \quad (4.13)$$

Donde :

$D = \text{Diametro del tanque} = 6.35(m)$

$\theta = \text{ángulo de inclinación del techo} = 16^\circ$

$$A_{min} = \frac{(6.35)^2}{0.432 \times \text{sen}(16^\circ)} = 338.63(mm^2)$$

Ahora se calcula el área de participación en la unión techo – cuerpo del tanque. El área de participación corresponde al rayado mostrado en la figura No 4.6, por lo tanto:

$$W_h = 0.3(R_2 \times t_h)^{0.5}$$

$$R_2 = \frac{Rc}{\text{sen}\theta}, \quad Rc = 3175(\text{ mm}) \quad \theta = 16^\circ$$

$$R_2 = \frac{3175}{\text{sen}(16^\circ)} = 11518.76(\text{ mm})$$

$$t_h = 5(\text{ mm})$$

$$W_h = 0.3(11518.76 \times 5)^{0.5} = 72(\text{ mm})$$

$$W_c = 0.6(Rc \times t_c)^{0.5}, \quad t_c = 5(\text{ mm})$$

$$W_c = 0.6(3175 \times 5)^{0.5} = 75.6(\text{ mm})$$

El área de participación en la unión techo – cuerpo **A** es la suma de:

$$A = (W_h \times t_h) + (W_c \times t_c) + \text{Area de sección transversal del perfil}(A_p) \quad (4.14)$$

de la tabla No 4.20

$$A_p = 1.19(\text{ plg}^2) = 767.74(\text{ mm}^2), \text{ entonces}$$

$$A = (72 \times 5) + (75.6 \times 5) + 767.74 = 1505.74(\text{ mm}^2)$$

Ya que el área **A** es mayor al área de participación mínima **A_{min.}**, el techo del tanque NO necesita ser acondicionado con sistemas de desfogue de emergencia.

4.1.6.2. Dimensiones generales del Techo.


Primero, hay que calcular a que distancia sobre el anillo rigidizador (B) se va a colocar la plancha del techo (Ver figura No 4.6.)

Según la condición de que $B < A$, donde A es la distancia del borde del perfil a la línea de centros, se tomara al valor de B como:

$$B = \frac{A}{2}$$

El perfil tipo L que forma el anillo rigidizador, según la tabla No 4.19, es de las siguientes medias: $2\frac{1}{2} \times 2\frac{1}{2} \times \frac{1}{4}$, Según la AISC – 7ma edición (Dimensions for Detailing), las especificaciones de este perfil son las siguientes:

Tabla No 4.20. Especificaciones perfil para el Anillo rigidizador

				
Tamaño y espesor (plg)	Peso por pie (lb)	Área (plg ²)	Módulo de Sección S (plg ³)	Distancia a línea de eje x o y (plg)
L 2½ x 2½ x ¼	4.1	1.19	0.394	0.717

Fuente AISC 7ma edición, Propiedades para diseño

La distancia a la línea de centro es de 0.717 (plg), por lo tanto:

$$B = \frac{A}{2} = \frac{0.717}{2} = 0.3585(\text{plg}) = 9.11(\text{mm})$$

Las medidas generales del techo para los tanques de la primera etapa son las siguientes:

Tabla No. 4.21. Medidas generales del techo – Tanques primera etapa

Tanques	Diámetro m (ft)	Altura m (ft)	Ángulo del techo (°)	Espesor planchas mm (plg)
TD-01, TD-02	6.37 (20.90)	0.92 (3.02)	16	5 (0.197)

4.1.7. Cargas de viento (Estabilidad al volcamiento)

Debido a las presiones que ejerce el viento contra el tanque, se debe verificar si este es estable ante un volcamiento producido por estas cargas.

Para ello se deberá calcular el momento de volteo debido a la presión del aire **M**, la cual deberá ser por lo menos las 2/3 partes del momento resistente ejercido por las cargas muertas (para la condición más desfavorable se debe

excluir la corrosión de las paredes así como algún contenido). La presión del viento que asume la Norma API 650 es:

0.86 KPa (18 lbf/ft²) sobre áreas proyectadas de superficies cilíndricas
(cuerpo del tanque)

0.72 KPa (15 lbf/ft²) sobre áreas proyectadas de superficies cónicas (techo
del tanque)

A los valores de las presiones del viento tanto para el cuerpo como para el techo se les debe multiplicar por el factor de velocidad, ya que dichas presiones son para velocidades de viento de 160 Km/h, se tomará como máxima velocidad de viento en Ecuador de 80Km/h, el factor es

$$\left(\frac{V}{160}\right)^2$$

Donde:

V = Velocidad promedio en la zona = 80(Km/h)

$$\left(\frac{80}{160}\right)^2 = 0.25$$

La relación que se debe guardar para que el tanque no se voltee viene dado por la siguiente expresión:

$$M \leq \frac{2}{3} \times \left(\frac{W \times D}{2}\right) \quad (4.15)$$

Donde:

M : Momento de volteo ejercida por la presión del viento, en (ft-lbf),

W : Peso del tanque disponible para resistir el levantamiento, sin considerar la corrosión, más el peso por cargas muertas de accesorios,

D : Diámetro del tanque en pies.

El momento de volteo se calcula de la siguiente manera:

1. En el cuerpo del tanque

$$P_{vc} = \frac{F_{vc}}{A_{proyectada}}$$

P_{vc} = Presión del viento sobre el cuerpo del tanque

$$P_{vc} = 18 \times 0.25 = 4.5 \text{ lbf / ft}^2$$

$$A_{proyectada} = D_c \times h_c$$

$$D_c = \text{Diametro del tanque} = 20.833 \text{ (ft)}$$

$$h_c = \text{Altura del cuerpo del tanque} = 19.68 \text{ (ft)}$$

$$A_{proyectada} = 410.1 \text{ (ft}^2\text{)}$$

F_{vc} = Carga debido al viento sobre el cuerpo del tanque

$$F_{vc} = P_{vc} \times A_{proyectada}$$

$$F_{vc} = 1845.5 \text{ (lbf)}$$

La condición más crítica es que la carga de viento sea puntual y esté aplicada en la parte superior del tanque (máxima palanca), por lo tanto el momento de volteo en el cuerpo M_c es:

$$M_c = F_{vc} \times h_c$$

$$M_c = (1845.5)(19.68)$$

$$M_c = 36318.5 \text{ (lbf} \times \text{ft)}$$

2. En el techo del tanque

$$P_{vt} = \frac{F_v}{A_{proyectada}}$$

P_{vt} = Presión del viento en el techo

$$P_{vt} = 15 \times 0.25 = 3.75 \text{ (lbf / ft}^2\text{)}$$

$$A_{proyectada} = \frac{D_t \times h_t}{2}$$

$$D_t = \text{Diametro del techo} = 20.90 \text{ (ft)}$$

$$h_t = \text{Altura del techo del tanque} = 3.02 \text{ (ft)}$$

$$A_{proyectada} = 31.56 \text{ (ft}^2\text{)}$$

F_{vt} = Carga debido al viento sobre el techo

$$F_{vt} = P_{vt} \times A_{proyectada}$$

$$F_{vt} = 118.35 \text{ (lbf)}$$

La condición más crítica es que la carga de viento (en la dirección x) sea puntual y esté aplicada en la parte superior del techo (máxima palanca), por lo tanto el momento de volteo en el techo Mt es:

$$Mt = Fvt(x) \times h + Fvt(y) \times R$$

$$h = \text{Altura total del tan que} = hc + ht = 22.7(\text{ ft })$$

$$R = \text{Radio del tan que} = \frac{D}{2} = 10.42(\text{ ft })$$

$$Fvt(x) = Fvt \times \text{sen}(9.5^\circ) = 32.62(\text{ lbf })$$

$$Fvt(y) = Fvt \times \text{cos}(9.5^\circ) = 113.76(\text{ lbf })$$

$$Mt = 1925.85(\text{ lbf } \times \text{ ft })$$

El momento de volteo total será la suma de los momentos en el cuerpo y el techo:

$$M = Mc + Mt$$

$$M = 38244.35(\text{ lbf } \times \text{ ft })$$

Por lo tanto:

$$M \leq \frac{2}{3} \times \left(\frac{W \times D}{2} \right)$$

Según el ítem 3.2.3 el peso de las planchas del tanque es:
 $Wt = 8670(\text{kgf}) = 19114(\text{lbf})$, El peso de la escalera $We \approx 650(\text{lbf})$

El peso que resistirá al volcamiento es:

$$W = 19114 + 600 = 19764(\text{lbf})$$

$$M \leq \frac{2}{3} \times \left(\frac{19764 \times 20.833}{2} \right)$$

$$M \leq 137248(\text{ lbf } \times \text{ ft })$$

$$38244.35 < 137248$$

Por lo tanto el tanque **NO** requiere ser anclado debido a cargas de Viento.

4.1.8. Cargas Sísmicas

Debido al movimiento lateral de las masas de tierra, se requiere determinar las masas hidrodinámicas asociadas con el modo de vibración de la tierra, la fuerza lateral y el momento de volteo ejercido sobre el cuerpo. Considerando lo expuesto anteriormente se evitará el volcado y el pandeo local de las planchas (a causa de la compresión focalizada en su circunferencia).

Primero se determina el Momento de volcado **M**, provocado por las fuerzas inerciales que se generan entre la estructura-suelo a través de la fundación, (esta ecuación tiene como objetivo cubrir por medio de factores las peores condiciones que podrían presentarse):

$$M = Z \times I \times (C_1 \times W_s \times X_s + C_1 \times W_r \times H_r + C_1 \times W_1 \times X_1 + C_2 \times W_2 \times X_2)$$

(4.16)

Donde:

M: *Momento de volteo* aplicado al fondo del cuerpo del tanque en (lbf·ft).

Z: *Factor de zona sísmica*, Para calcular este factor se utilizará, los valores de zonas sísmicas descritos en el Código Ecuatoriano de la Construcción CEC – 2000, esta tablas se encuentran en el Anexo D, tabla D.6, El sector de Manabí, corresponde a una zona sísmica tipo III, para la cual el valor del factor Z es:

$$Z = 0.35$$

I: *Factor de importancia*, será igual a 1 para cualquier tanque, a menos que un factor de gran importancia sea especificada por el comprador.

C₁, C₂: *coeficientes sísmicos para fuerzas laterales*, C₁ = 0.60, C₂ se calcula a través de la siguiente expresión:

Cuando $T \leq 4.5$ (seg),

$$C_2 = \frac{0.75 \times S}{T} \quad (4.17)$$

Cuando $T > 4.5$ (seg),

$$C_2 = \frac{3.375 \times S}{T^2} \quad (4.18)$$

Donde T es el período de vibración y se determina con la siguiente ecuación:

$$T = k \times D^{0.5} \quad (4.19)$$

D = Diámetro del tanque en (ft)

K se obtiene de la figura D.3 (Anexo D), donde se ingresa con el valor de (D/H) (Diámetro sobre altura del tanque), según esta gráfica:

$$k = 0.59$$

$$T = 0.59(20.833)^{0.5} = 2.7(\text{seg})$$

S = Coeficiente del sitio, el valor se toma de la tabla F.3 (Anexo F), se considera al suelo del tipo S3, por lo tanto

$$S = 1.5$$

Teniendo todos los factores se calcula el coeficiente C2:

$$C_2 = \frac{0.75 \times S}{T}$$

$$C_2 = \frac{0.75 \times 1.5}{2.7}$$

$$C_2 = 0.42$$

W_s: Peso total del cuerpo del tanque, en (lbf). Según el ítem 3.2.3 el peso de las planchas del cuerpo del tanque es:

$$W_s = \text{No planchas} \times \text{Peso cada / plancha}$$

$$\text{No planchas} = 41.5$$

$$\text{Volumen cada plancha} = 2.4 \times 1.2 \times 0.005 = 0.0144(m^3)$$

$$\text{Peso específico del acero} = 7800(Kb / m^3)$$

$$\text{Peso cada / plancha} = (0.0144)(7800) = 113(Kg)$$

$$W_s = (41.5)(113) = 4690(kgf) = 10339(lbf)$$

X_s: Altura desde el fondo del tanque hasta su centro de gravedad, en (ft). Esta altura será igual a la mitad de la altura total del cuerpo del tanque

$$X_s = \frac{H}{2} = \frac{20.8333}{2}$$

$$X_s = 10.42(\text{ft})$$

W_r: Peso total del techo fijo más una porción de carga por nieve (especificada por el comprador, si es que existiera), en lbf,

$$\text{Carga de nieve} = 0$$

$$W_r = \text{No planchas} \times \text{Peso cada / plancha}$$

$$\text{No planchas} = 11$$

$$\text{Volumen cada plancha} = 2.4 \times 1.2 \times 0.008 = 0.02304(\text{m}^3)$$

$$\text{Peso específico del acero} = 7800(\text{Kb} / \text{m}^3)$$

$$\text{Peso cada / plancha} = (0.02304)(7800) = 180(\text{Kg})$$

$$W_r = (11)(180) = 1980(\text{kgf}) = 4365(\text{lbf})$$

H_t: altura total del cuerpo, en pies,

$$H_t = 19.68(\text{ft})$$

W₁: peso de la masa efectiva del contenido del tanque que se mueve al unísono con la carcasa, en (lbf). Se calcula utilizando la figura D.4. (Anexo D), la relación encontrada en la figura se iguala a la expresión $\frac{W_1}{W_T}$, y se despeja el

valor de W₁, Donde:

W_T = Peso total del contenido del tanque (Diesel), en (lb), según el ítem 3.2.3, el peso total del diesel es:

$$W_T = 142500(\text{Kg}) = 314159(\text{lb})$$

Según la figura F.6. la relación $W_1/W_T : 0.79$, entonces

$$\frac{W_1}{W_T} = 0.79$$

$$W_1 = (0.79)(314159) = 248186(\text{lbf})$$

X₁: altura desde el fondo del tanque al centroide de la fuerza lateral sísmica aplicado a W₁, en (ft). Se calcula utilizando la figura D.5. (Anexo D), la relación

encontrada en la figura se iguala a la expresión $\frac{X_1}{H}$, y se despeja el valor de

X_1 , Donde:

H=Nivel del líquido máximo:

$$H = 6000(m) = 19.685(ft)$$

Según la figura D.4. la relación $X_1/H : 0.40$, entonces

$$\frac{X_1}{H} = 0.40$$
$$X_1 = (0.40)(19.685) = 7.87(ft)$$

W₂: peso de la masa efectiva del contenido del tanque que se mueve en el primer modo de vibración, en (lbf). Será calculado, según el mismo procedimiento que W_1 , utilizando la misma figura D.4. (Anexo D).

Según la figura F.6. la relación $W_2/W_T : 0.25$, entonces

$$\frac{W_2}{W_T} = 0.25$$
$$W_2 = (0.25)(314159) = 78540(lbf)$$

X₂: altura desde el fondo del tanque al centroide de la fuerza lateral sísmica aplicada a W_2 , en (ft). Será calculado, según el mismo procedimiento que X_1 , utilizando la misma figura D.5. (Anexo D).

Según la figura D.5. la relación $X_1/H : 0.73$, entonces

$$\frac{X_1}{H} = 0.73$$
$$X_1 = (0.73)(19.685) = 14.37(ft)$$

Teniendo todos los valores de la expresión del Momento de Volcado (**M**) (ec. 4.16), se procede a calcular dicho momento:

$$M = Z \times I \times (C_1 \times W_s \times X_s + C_1 \times W_r \times H_r + C_1 \times W_1 \times X_1 + C_2 \times W_2 \times X_2)$$
$$M = 616752(lb \times ft)$$

Para que el tanque, sea estructuralmente estable y pueda resistir una acción sísmica, deberá cumplir con las siguientes expresiones:

1. La relación :
$$\frac{M}{D^2(w_i + w_L)} \leq 1.57$$

2. La relación:
$$\frac{b}{12t} < Fa$$

Caso contrario al tanque deberá tomar las siguientes medidas:

- a) Incrementar el espesor de la plancha de la base t_b .
- b) Incrementar el espesor del cuerpo, t ,
- c) Cambiar las proporciones del tanque, incrementando el diámetro y reduciendo la altura,
- d) Anclar el tanque de acuerdo a E.6 de API 650.

Por lo tanto se procede a determinar las expresiones descritas anteriormente

$$w_L = 7.9 \times t_b \times \sqrt{F_{by} \times G \times H} \quad (4.20)$$

Donde:

w_L: Peso máximo del contenido del tanque que pueden ser usado para resistir el momento de volteo, en lbf./ft, (distribuido en la circunferencia del cuerpo).

t_b: Espesor de la plancha de la base del tanque (plg)

$$t_b = 0.315(plg)$$

F_{by}: Resistencia mínima a la fluencia especificada, para la plancha bajo el cuerpo en (lbf/ft²), Según la tabla 4.2, el esfuerzo a la fluencia para el material A36 es:

$$F_{by} = 36000(lb / ft^2)$$

G: Gravedad específica de diseño del líquido almacenado o especificado por el comprador, $G = 0.86$

H: Máximo nivel de líquido de diseño, en (ft), $H = 19.685 (ft)$

D: Diámetro nominal del tanque, en (ft), $D = 20.833$ (ft)

Sin embargo, el peso máximo del contenido del tanque w_L , no debe exceder de 1.25GHD.

$$w_L = 7.9 \times t_b \times \sqrt{F_{by} \times G \times H}$$

$$w_L = 1950(\text{lb} / \text{ft})$$

$$w_L \leq 1.25GHD$$

$$1950 > 441$$

Por lo tanto:

$$w_L = 441(\text{lb} / \text{ft})$$

W_t = Peso del cuerpo del tanque más la porción del peso del techo del tanque que está soportado en el cuerpo en (lb/ft)

$$W_t = \frac{W_s}{D} \text{ donde}$$

$$W_s = 10339(\text{lb})$$

$$D = 20.8333(\text{ft})$$

$$W_t = 496.3(\text{lb} / \text{ft})$$

Ahora se calcula el valor de la relación:

$$\frac{M}{D^2(w_t + w_L)} \leq 1.57$$

$$\frac{M}{D^2(w_t + w_L)} = \frac{616752}{(20.833)^2(496.3 + 441)}$$

$$\frac{M}{D^2(w_t + w_L)} = 1.516$$

Cuando $1.5 \leq \frac{M}{D^2(w_t + w_L)} \leq 1.57$

$$\frac{b + w_L}{w_t + w_L} = \frac{1.490}{\left[1 - \frac{0.637 \times M}{D^2 \times (w_t + w_L)}\right]^{0.5}} \quad (4.21)$$

Donde:

b = Fuerza máxima a compresión longitudinal en la base del cuerpo del tanque en (lbf/ft)

De la ecuación (4.21) se despeja el valor de b:

$$b = \frac{1.490}{\left[1 - \frac{0.637 \times M}{D^2 \times (w_t + w_L)}\right]^{0.5}} (w_t + w_L) - w_L \quad (4.22)$$

$$b = 7106(\text{lb} / \text{ft})$$

Cuando: $GHD^2/t^2 < 10^6$

$$Fa = \frac{10^6 \times t}{2.5 \times D} + 600\sqrt{G \times H} \quad (4.23)$$

Donde:

Fa = Máximo esfuerzo admisible a compresión longitudinal, por efecto de la presión interna debido al contenido del tanque (lb/plg²)

t = Espesor del primer anillo del cuerpo del tanque = 0.197(plg)

$$\frac{GHD^2}{t^2} < 10^6$$

$$189323 < 10^6$$

$$Fa = \frac{10^6 \times t}{2.5 \times D} + 600\sqrt{G \times H}$$

$$Fa = 40293(\text{lb} / \text{plg}^2)$$

Ahora se calcula el valor de la relación:

$$\frac{b}{12t} < Fa$$

$$3006(\text{lb} / \text{plg}^2) < 40293(\text{lb} / \text{plg}^2)$$

Por lo tanto el tanque es estructuralmente estable ante cargas sísmicas y **NO** necesita anclaje

4.1.9. Cálculo de la presión de Diseño del tanque

El cálculo de la presión de diseño del tanque, permitirá constatar si los tanques se encuentran bajo la categoría de tanques de almacenamiento a bajas presiones y así poder utilizar las diferentes uniones Techo – cuerpo del tanque.

La presión de diseño encontrada deberá ser menor a la presión máxima de diseño, si es lo contrario se requerirá de sistemas de desfogues y de anclajes del tanque. La presión de diseño se la calcula con la siguiente expresión:

$$P = \frac{1.1 \times A \times \text{tg } \theta}{D^2} + 0.08th \quad (4.24)$$

Donde :

P = Presión de diseño (KPa)

A = Area que resiste las fuerzas de compresión – unión techo cuerpo (mm^2)

θ = Angulo de inclinación del techo ($^\circ$)

D = Diametro no minimal del tan que (m)

th = Espesor de las planchas del techo (mm).

Por lo tanto la presión de diseño del tanque es:

$$A = 1505.74(\text{mm}^2) \quad \text{segun item}(4.1.6.1)$$

$$\theta = 16^\circ \quad D = 6.35(\text{m}) \quad th = 5(\text{mm})$$

$$P = \frac{(1.1)(1505.74)(\text{tg } 16^\circ)}{(6.35)^2} + (0.08)(5)$$

$$P = 12.18(\text{KPa}) = 1.77(\text{Psi})$$

La presión de diseño máxima no deberá exceder el valor de la siguiente expresión:

$$P_{max} = \frac{0.00127 \times W}{D^3} + 0.08th - \frac{0.00382M}{D^3} \quad (4.25)$$

Donde :

P_{max} = Presión máxima de diseño (KPa)

$W = \text{Peso total del tanque} + \text{estructuras soportadas sobre el}$
sin tomar en cuenta el peso de las planchas del techo del tanque (N)
 $M = \text{Momento debido a cargas de viento (N } \times m)$

$$W = W(\text{planchas base y cuerpo}) + W(\text{diesel}) + W(\text{escalera})$$

$$W(\text{planchas base y cuerpo}) = 6175(\text{Kg})(\text{segun item 3.2.2.1})$$

$$W(\text{diesel}) = 142500(\text{Kg})(\text{segun item 3.2.2.1})$$

$$W(\text{escalera}) = 300(\text{Kg})(\text{segun item 4.1.4.1})$$

$$W = 148975(\text{Kg}) = 1459950(\text{N})$$

$$M = 38244.35(\text{lbf} \times \text{ft}) = 51832.5(\text{N} \times \text{m})(\text{segun item 4.1.7})$$

$$D = 6.35(\text{m}) \quad th = 5(\text{mm})$$

$$P = \frac{(0.00127)(1459950)}{(6.35)^2} + (0.08)(5) - \frac{0.00382(51832.5)}{(6.35)^3}$$

$$P = 45.6(\text{KPa}) = 6.62(\text{Psi})$$

Por lo tanto el tanque no deberá ser anclado ni deberá tener sistemas de desfogues emergentes ya que la presión de diseño es menor a la presión máxima de diseño.

4.1.10 Juntas Soldadas

En el apéndice C se encuentra detallado las especificaciones para las juntas soldadas en el cuerpo del tanque, base del tanque, techo del tanque, unión entre el cuerpo y la base del tanque y unión entre el cuerpo y el techo del tanque.

4.1.10.1 Base del Tanque

Las planchas de la base del tanque estarán unidas mediante juntas a tope simple (ver grafico No 4.17), las planchas a ser soldadas tendrán sus bordes rectos y la distancia entre las planchas será de 6mm

La soldadura a tope tendrá una platina de 3 mm de espesor debajo de las planchas, soldada por puntos, este material adicional será usado para mantener el espacio entre las planchas a ser soldadas.

La suelda tendrá completa penetración y fusión, por lo tanto el tamaño de la suelda será de 8mm en forma continua.

Tres planchas soldadas deberán estar a una distancia de por lo menos 300 mm una de cada otra y desde las planchas del cuerpo del tanque.

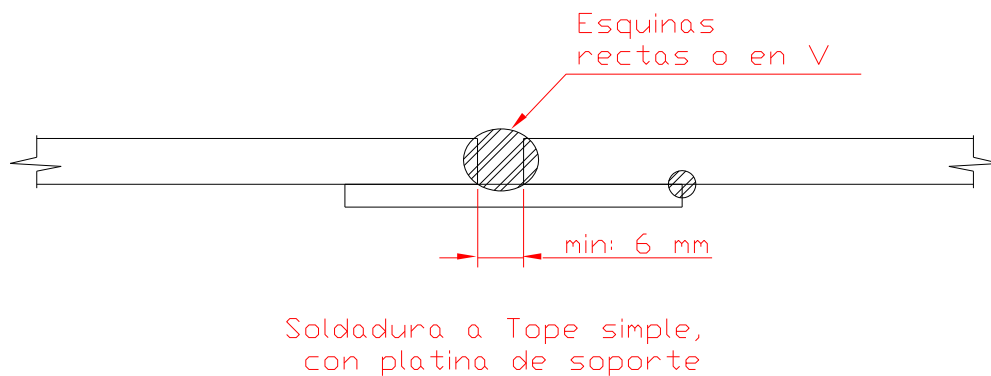


Gráfico No 4.17. Soldadura a tope simple con platina de soporte

4.1.10.2 Unión entre la Base y el Cuerpo del Tanque

La unión entre el borde de la plancha del cuerpo del tanque y la plancha de la base deberá ser una soldadura a filete continua a cada lado de la plancha del cuerpo.

El tamaño de la suelda será de 5mm ($\frac{3}{16}$ "), la plancha del cuerpo del tanque tendrán bordes rectos debido a que el espesor de la plancha del cuerpo es el mínimo (5mm).

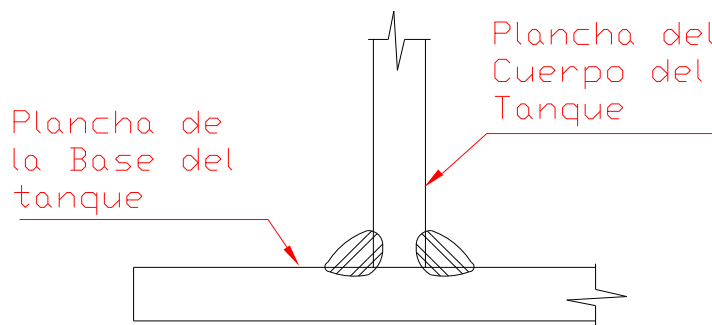
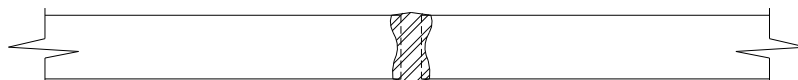


Gráfico No 4.18. Junta entre la Base y el Cuerpo del tanque

4.1.10.3. Juntas Verticales entre las Planchas del Cuerpo del Tanque

Las juntas verticales entre las planchas del cuerpo tendrán una soldadura a Tope con completa penetración y fusión, el tamaño de la suelda será el mismo que el de las planchas 5 mm ($\frac{3}{16}$ "), los bordes serán rectos.

Las juntas verticales sobre anillos de planchas adyacentes deberán tener una distancia mínima entre sueldas de **30mm**.



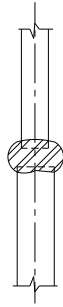
Bordes rectos, junta a Tope

Gráfico No 4.19. Junta Vertical a tope sobre planchas del Cuerpo

4.1.10.4. Juntas Horizontales entre las Planchas del Cuerpo del Tanque

Las juntas horizontales en el cuerpo del tanque deberán ser soldaduras a tope y tener una completa penetración y fusión, el tamaño de la suelda será el mismo que el de las planchas 5 mm ($\frac{3}{16}$ "), los bordes serán rectos.

Las planchas con soldaduras horizontales deberán tener común la línea de centros Vertical.



Esquinas rectas,
Soldadura a Tope
completa penetración

Figura No 4.20. Junta Horizontales a tope sobre planchas del Cuerpo

4.1.10.5. Juntas entre Planchas del Techo

Las planchas del techo, serán soldadas en la parte superior con una soldadura a solape continua en todos sus miembros.

El tamaño del filete será de 5mm ($\frac{3}{16}$ ") y el solape será de 15mm. Las juntas no deberán estar alineadas, y tendrán una distancia mínima entre sueldas de **25mm**

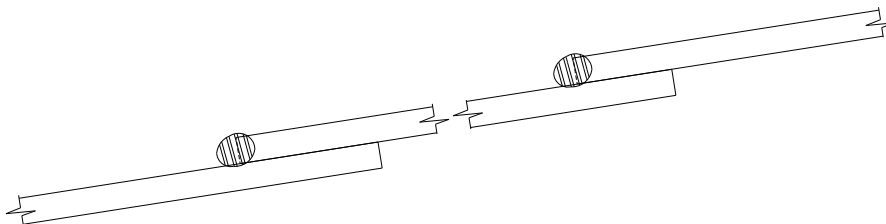


Gráfico No 4.21. Juntas entre planchas del techo del tanque

4.1.10.6. Juntas entre el Techo y el Cuerpo del Tanque

El techo será unido al cuerpo del tanque mediante una junta que une las planchas del techo con el anillo rigidizador, esta junta es una soldadura a filete

en forma continua, realizada en la parte externa del tanque únicamente. El tamaño del filete será de 5mm ($\frac{3}{16}$ ”).

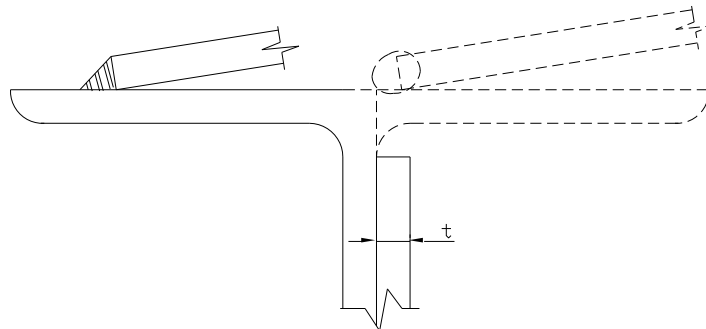


Gráfico No 4.22. Junta entre el techo y el cuerpo del tanque

4.2 Diseño del sistema de tuberías de la terminal

El diseño de las tuberías de la terminal se basa en el Código ASME B31.3 “PROCESS PIPING” en el cual se encuentra el espesor mínimo requerido de la pared de la tubería que cumple con los requerimientos de máxima presión de operación posible y esfuerzos de diseño del material. El diseño de tuberías de la terminal de almacenamiento está dividido en tres partes:

1. Tubería de Carga, es la línea que lleva el producto “DIESEL” desde los tanqueros ubicados en la Isla de Carga hacia los tanques de almacenamiento.
2. Tubería de Descarga, es la línea que lleva el producto “DIESEL” desde los tanques de almacenamiento hacia los tanqueros ubicados en la Isla de Descarga
3. Tubería de Interconexión entre tanques, es la línea que traslada el contenido de un tanque hacia otro para fines de mantenimiento.

Un análisis detallado en el cual están incluidas las formulas a utilizarse para el análisis y diseño de tuberías se encuentra en el apéndice E

4.2.1 Determinación de las variables para el diseño de las tuberías

Previó a la utilización del código ASME B31.3, se requiere los cálculos que permitan encontrar la presión interna máxima de operación en la tubería.

Dicha presión será la suma de las caídas de presión ocasionadas por las perdidas por fricción del fluido (diesel), perdidas por accesorios, presión hidrostática del tanque, entre otras.

En la primera parte (Cálculo de la presión interna máxima de operación), las variables que afectan directamente al cálculo son las enunciadas a continuación:

- 1. Fluido:** DIESEL, ya que cada tipo de fluido tiene una viscosidad diferente, y para cada valor de viscosidad hay un valor de factor de fricción que interviene en el cálculo de las perdidas por fricción en tuberías
- 2. Caudal:** El caudal que va ha manejar tanto la bomba de carga como la de descarga, este valor dependerá de la capacidad de llenado que se requiere o necesita en la terminal, este dato es proporcionado en el capítulo II, tema 2.4,
- 3. Diámetro Interno:** Es el diámetro interno con el que se arranca el análisis de perdidas por fricción, con este valor de diámetro se calcula la presión interna de la tubería, luego de encontrar el espesor de la pared, y escoger la tubería apropiada que cumpla con los requerimientos de la Norma ASME B 31.3, se encuentra el diámetro interno real de la tubería seleccionada y se procede a recalcular las

pérdidas, para luego encontrar la presión real que tiene que soportar la bomba de carga y de descarga.

4. **Longitud Total de la tubería:** Es la longitud que participa en el cálculo de las pérdidas por fricción, esta longitud será la máxima distancia que recorre el fluido para llegar al destino más lejano dentro de la terminal.
5. **Accesorios:** El tipo y cantidad de accesorios permite encontrar las pérdidas (caídas de presión) por accesorios.

En la segunda parte (Cálculo del espesor de la pared de la tubería) las variables que afectan directamente al cálculo son las enunciadas a continuación:

1. **Presión Interna:** Es la presión máxima de operación en la tubería, la presión afecta directamente al cálculo para encontrar el espesor de pared mínimo requerido en la tubería y accesorios.
2. **Material:** Es el material escogido de las tuberías y accesorios, este material debe cumplir con los requerimientos de esfuerzos de diseño aceptables para la presión interna calculada.

4.2.2 Diseño del sistema de tubería de la línea de Carga de Combustible

Para el diseño del sistema de tubería de Carga de Combustible, se procede a dibujar la línea de tubería que va desde la Isla de Carga hacia los tanques de Almacenamiento, El plano donde constan las longitudes, accesorios niveles y diámetros está en el Anexo 1A, Plano No 14/24

Para mayor detalle sobre el diseño del sistema de tubería de la línea de Carga de Combustible, referirse al Anexo E

4.2.2.1 Cálculo de las pérdidas en la línea de Carga

CONSIDERACIONES PARA EL CÁLCULO:

1. La condición de operación es tal que se podrá realizar la carga de combustible a un solo tanque a la vez, tanto en la primera como en la segunda etapa del diseño.
2. La temperatura del fluido (Diesel) que fluye a través de la tubería será de 35°C (Temperatura alta promedio en el sector de Manabí) y no se considerará incrementos por transferencia de calor
3. La línea de tubería recta será unida mediante bridas (La línea de succión que va desde los autotanques en la Isla de Carga hasta la bomba de Carga tendrá un diámetro de 4" y la línea de descarga que va desde la bomba hasta los tanques de almacenamiento tendrá un diámetro de 3"

ANÁLISIS DE PÉRDIDAS EN TUBERÍA Y ACCESORIOS

- a) **Longitud total de la tubería.-** Esta longitud inicia en la Isla de carga y llega hasta el segundo tanque de la segunda etapa de la terminal, ya que este punto es el más lejano de la línea de tubería.
- b) **Accesorios.-** Los accesorios y cantidad que intervienen en el cálculo son los listados en la tabla No 4.22

Para el análisis de pérdidas se ha dividido a la línea de carga en tres tramos

- 1-2: Desde la Isla de carga hasta la entrada a la bomba (el diámetro interno de la tubería es de 4 pulgadas)

- 2-3: Desde la salida de la bomba hasta la Te que ramifica a la tubería para el ingreso hacia el tercer y cuarto tanque (segunda etapa, el diámetro interno de la tubería es de 3 pulgadas).
- 3-4: Desde la Te mencionado anteriormente, hasta la apertura de carga del cuarto tanque (segunda etapa, el diámetro interno de la tubería es de 3 pulgadas)

Tabla No 4.22. Accesorios que intervienen en el Cálculo – Línea de Carga de Combustible

ACCESORIO	CANTIDAD
Codos 90°	18
Tes	2
Válvula de Compuerta	4
Válvulas check	1
Componentes de entrada y salida	2

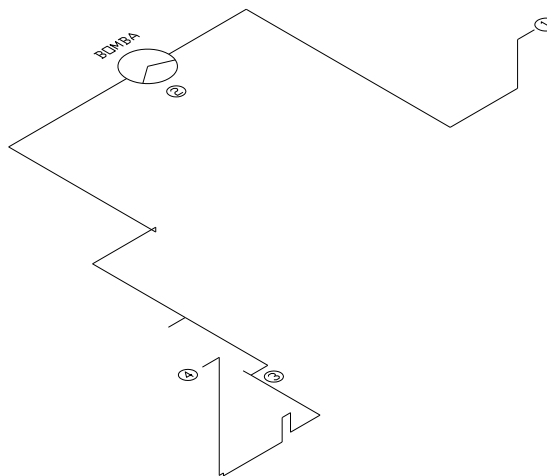


Grafico No 4.23. Línea de tubería de Carga hacia el punto más lejano

El análisis se lo realiza en un programa de EXCEL, El programa se desarrolló considerando los diámetros nominales de la tubería. En el anexo E “Diseño del sistema de tuberías de la Terminal” se encuentra detallada la compilación del programa, los resultados se los presenta a continuación.

Tabla No 4.23. Pérdidas de carga en línea de Carga de Combustible

Pérdidas en (m)			
Tramos	Perdidas en tubería	Perdidas en accesorios	Perdidas de carga en tramos
1 – 2	2.954	1.352	4.306
2 – 3	12.607	2.536	15.143
3 – 4	3.549	4.531	8.079
Pérdidas totales de carga (hf)			30.281

4.2.2.2 Balances de energía – Cálculo de Presiones internas

Teniendo los valores de las perdidas por tramos y las perdidas totales de carga en la tubería, se realiza balances de energía entre varios puntos del sistema de tubería para encontrar los siguientes datos:

- Altura de Presión de la Bomba
- Presión interna en la succión de la Bomba
- Presión interna en la descarga de la bomba
- Potencia de la bomba

El balance de energía se lo realiza según el siguiente esquema:

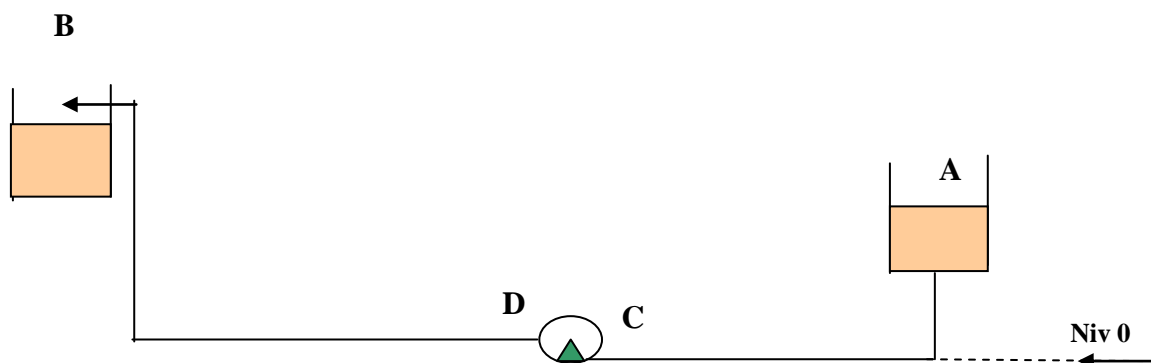


Gráfico No 4.24. Esquema para Balance de energías en Línea de Carga

1. Al realizar el balance entre los puntos A y B, se encuentra la altura de presión de la bomba.

2. Analizando entre el punto C y B se encuentra la presión en C que viene a ser la presión interna de la tubería en la succión de la bomba (diámetro nominal de la tubería $d = 4$ plg.)
3. Analizando entre el punto C y D se encuentra la presión en D que viene a ser la presión interna de la tubería en la descarga de la bomba (diámetro nominal de la tubería $d = 3$ plg.)
4. Para encontrar la potencia de la bomba se utiliza la siguiente expresión

$$P = h_A \times \gamma \times Q, \quad (4.26)$$

Donde:

h_A es la altura de presión de la bomba,

γ es el peso específico del Diesel y

Q es el caudal.

Los resultados del balance de energía son los encontrados a continuación.

Tabla No. 4.24. Balance de Energías en la línea de Carga de combustible

Balance de Energía – Resultados						
Caudal Q (GPM)	Peso específico Diesel γ (Kgf/m ³)	Altura de Presión de la Bomba h_A (m)	Presión Interna manométrica en la succión de la bomba P_{iS} (Psi)	Presión Interna manométrica en la descarga de la bomba P_{iD} (Psi)	Potencia de la Bomba P (HP)	Potencia del Motor P_M (HP)
250	8291	35.63	-7.5	34.8	8.33	8.5

Con los valores de presiones internas manométricas tanto en la succión (diámetro nominal 4") como en la descarga (diámetro nominal 3"), se encuentran las presiones internas absolutas.

Tabla No. 4.25. Presiones internas absolutas en la Tubería de Carga

Diámetro nominal de la tubería (plg)	Presión interna (psi)
4	7.5
3	49.8

4.2.2.3 Selección de materiales de tuberías y accesorios

Tabla No. 4.26. Material Tubería

Material	Grado	Resistencia a la Tensión (psi)	Esfuerzo de fluencia (psi)	Esfuerzo Básico Admisible (psi)	Factor calidad soldadura Ei
ASTM A106	A	48000	30000	16000	1

Fuente ASME B31.3 Apéndice A, Tabla A-1, A-1 B

Tabla No 4.27. Material de Válvulas y Accesorios

Material	Clase	Temperatura de Trabajo °F (°C)	Presión de trabajo (Psi)	Resistencia a la Tensión (psi)	Esfuerzo de fluencia (psi)	Esfuerzo Básico Admisible (psi)
ASTM A 105	150	-20 a 200 (-30 a 93)	260	70000	36000	21900

Fuente ASME B 16.5-1996 Tabla 2-1.1, ASME B 16.34-1996, tabla 2-1.1A, ASME B31.3-1999 Apéndice A Tabla A-1

4.2.2.4 Espesores de la pared de la tubería

Para poder calcular los espesores mínimos requeridos de la pared de la tubería se ingresa con los valores de las presiones internas en la tubería, diámetros de la misma y material seleccionado.

Para el cálculo del espesor de la pared de la tubería se ocupa la siguiente expresión:

$$tm = t + C \quad (4.27)$$

donde :

tm = espesor mínimo de la pared de la tubería(plg)

t = espesor a presión de diseño

C = factor de corrosión = 0.08(plg)

$$t = \frac{PD}{2SE} \quad (4.28)$$

donde :

P = Presión interna de diseño

D = diametro externo tubería = 4.5 plg

S = esfuerzo básico admisible = 15000 psi

E = Factor de calidad = 1

Los resultados son los siguientes:

Tabla No. 4.28. Espesores mínimos de la tubería – Línea de Carga

diámetro nominal tubería (plg)	Presión interna de diseño P (Psi)	Diámetro externo tubería De (plg)	Esfuerzo Básico admisible del material S (Psi)	Factor de Calidad E	Espesor a presión de diseño t (plg)	Factor de corrosión C	Espesor mínimo de la pared de la tubería tm (plg)
3	49.8	3.5	15000	1	0.00581	0.08	0.08581
4	7.5	4.5	15000	1	0.001125	0.08	0.081125

Con los espesores encontrados se escoge la tubería que cumpla con el requerimiento mínimo de espesor, La tubería va ha ser bridada, se escogerá considerando la existencia en el mercado nacional, las especificaciones son las siguientes:

Tabla No. 4.29. Especificaciones Tubería

Tamaño Nominal tubería	Material	Diámetro. Externo D (plg)	Espesor de la pared t (plg)	Diámetro Interno Calculado d (plg)	Peso por unidad de longitud ω_{pe} (lb/pie)
3	ASTM A106 cedula 40	3.500	0.216	3.07	7.58
4		4.500	0.237	4.03	10.79

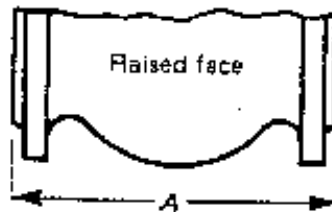
Fuente ASME B36.10 M – 1996, Tabla 2

4.2.2.5 Selección de válvulas y accesorios

VALVULAS

Tabla No. 4.30. Válvulas en la línea de Carga

Tipo de Válvula	Diámetro	Cantidad
De Compuerta	3"	7
	4"	1
Check	4"	1



Class 150 Steel

Tabla No. 4.31. Dimensiones de válvulas bridadas,

Diámetro nominal (plg)	Clase	Diámetro interno (plg)	Espesor cuello mínimo (plg)	Longitud total (A) (plg)	
				Compuerta	Check
3	150	3	0.22	8	8
4	150	4	0.25	9	9

Fuente ASME B 16.34-1996, tabal A-1, tabla 3, ASME B16.10 - 1992, tabla 1

BRIDAS Y ACCESORIOS BRIDADOS

BRIDAS – UNIÓN DE TUBERÍAS

Tabla No. 4.32 Bidas es la línea de Carga

Diámetro nominal brida	Cantidad
3"	88
4"	27

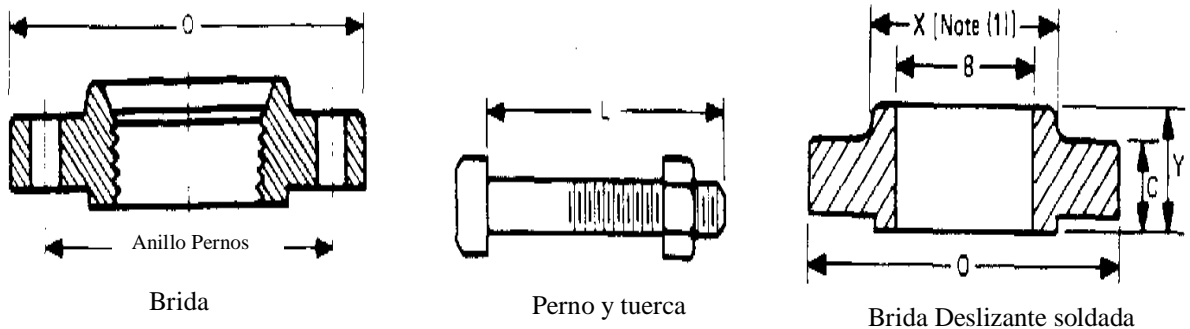


Tabla No. 4.33. Dimensiones de las bridas

Dimensiones en pulgadas						
Tamaño nominal tubería	Diámetro externo de la brida O	Diámetro del círculo de pernos	Diámetro del agujero para perno	Numero de pernos	Diámetro de los pernos	Longitud del perno L
3	7.50	6.00	0.75	4	5/8	3.00
4	9.00	7.50	0.75	8	5/8	3.00

Tabla No. 4.33. Dimensiones de las bridas (Continuación)

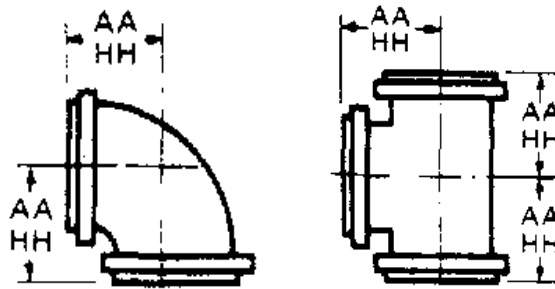
Dimensiones en pulgadas					
Tamaño nominal tubería	Diámetro externo de la brida O	Espesor mínimo de la brida C	Diámetro del cubo X	Ancho total de la Brida Y	Diámetro interno mínimo B
3	7.50	0.94	4.25	1.19	3.57
4	9.00	0.94	5.31	1.31	4.60

Fuente ASME B 16.5

ACCESORIOS

Tabla No. 4.34. Accesorios en la línea de Carga

Tipo de Accesorio	Diámetro	Cantidad
Codo 90°	3"	30
	4"	2
Tes	3"	3



Codo

Te

Tabla No 4.35 Dimensiones de Accesorios bridados

Tamaño nominal tubería (plg)	Diámetro externo de la brida O (plg)	Espesor de la brida C (plg)	Espesor mínimo pared del accesorio t_m (plg)	Diámetro interno del accesorio d (plg)	Distancia del centro a el final del accesorio H-H (plg)	Distancia del centro a la superficie de contacto de la brida A-A (plg)
3	7.50	0.75	0.22	3	5.75	5.50
4	9	0.94	0.25	4	6.75	6.50

Fuente ASME B 16.5

Las dimensiones de la brida del accesorio son las mismas que se especifica para las uniones bridadas (tabla No 4.33)

4.2.3 Diseño del sistema de tubería de la línea de Descarga de Combustible

Para el diseño del sistema de tubería de la línea de Descarga de Combustible, se procede a dibujar la línea de Descarga que va desde los

tanques de Almacenamiento hacia la Isla de Descarga, El plano en donde constan las longitudes, accesorios niveles y diámetros está en el Anexo A, Plano No 15/24.

Para mayor detalle sobre el diseño del sistema de tubería de la línea de Descarga de Combustible, referirse al Anexo E

4.2.3.1 Cálculo de las pérdidas en la línea de Descarga

CONSIDERACIONES PARA EL CÁLCULO:

1. La condición de operación es tal que se podrá realizar la descarga de combustible desde un solo tanque de almacenamiento a la vez, tanto en la primera como en la segunda etapa del diseño.
2. La temperatura del fluido (Diesel) que fluye a través de la tubería será de 35°C (Temperatura alta promedio en el sector de Manabí) y no se considerará incrementos por transferencia de calor
3. La línea de tubería recta será unida mediante bridas(La línea de succión que va desde los tanques de almacenamiento hasta la bomba de descarga tendrá un diámetro nominal de 4" y la línea de descarga que va desde la bomba hasta la isla de descarga tendrá un diámetro nominal de 3"

ANÁLISIS DE PÉRDIDAS EN TUBERÍA Y ACCESORIOS

- a) **Longitud total de la tubería.-** Esta longitud inicia en el segundo tanque de la segunda etapa de la terminal y llega hasta la Isla de descarga, ya que este es el recorrido más largo de la línea de descarga.

b) Accesorios.- Los accesorios y cantidad que intervienen en el cálculo son los listados a continuación

Tabla No 4.36. Accesorios que intervienen en el Cálculo – Línea de Descarga de Combustible

ACCESORIO	CANTIDAD
Codos 90°	18
Tes	2
Válvula de Compuerta	3
Válvulas Check	1
Componentes Entrada y salida	4

Para el análisis de pérdidas se ha dividido a la línea de descarga en tres tramos

1-2: Desde la apertura de descarga del segundo tanque de la segunda etapa hasta la Tee de ingreso a los tanques de la segunda etapa (el diámetro nominal de la tubería es de 4 pulgadas)

2-3: Desde la Tee mencionada anteriormente hasta la entrada de la bomba de descarga de combustible (succión)

3-4: Desde la salida de la bomba de descarga de combustible hasta la isla de descarga (el diámetro nominal de la tubería es de 3 pulgadas)

En el Anexo E, se encuentra detallada la corrida del programa para pérdidas en tuberías y accesorios en la línea de descarga de Combustible. Los resultados del análisis son los presentados a continuación

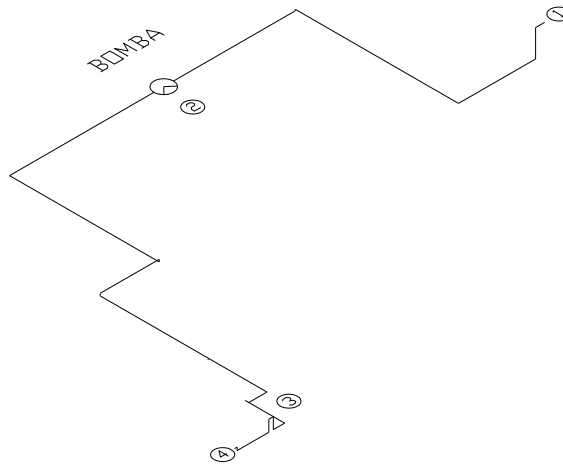


Grafico No. 4.25. Línea de tubería de Descarga hacia el punto más lejano

Tabla No. 4.37. Pérdidas de carga en línea de Descarga de Combustible

Análisis de Pérdidas para caudal 250GPM (m)			
Tramos	Pérdidas en tubería	Pérdidas en accesorios	Pérdidas de carga en tramos
1 – 2	0.564	1.188	1.752
2 – 3	3.103	1.679	4.782
3 – 4	8.490	5.270	13.170
Pérdidas totales de carga (hf)			22.32

4.2.3.2 Balances de energía – Cálculo de Presiones internas

El balance de energía se lo realiza según el siguiente esquema mostrado en el gráfico No 4.26

1. Al realizar el balance entre los puntos A y B, se encuentra la altura de presión de la bomba.
2. Analizando entre el punto C y B se encuentra la presión en C que viene a ser la presión interna de la tubería en la succión de la bomba (diámetro nominal de la tubería $d = 4$ plg.)

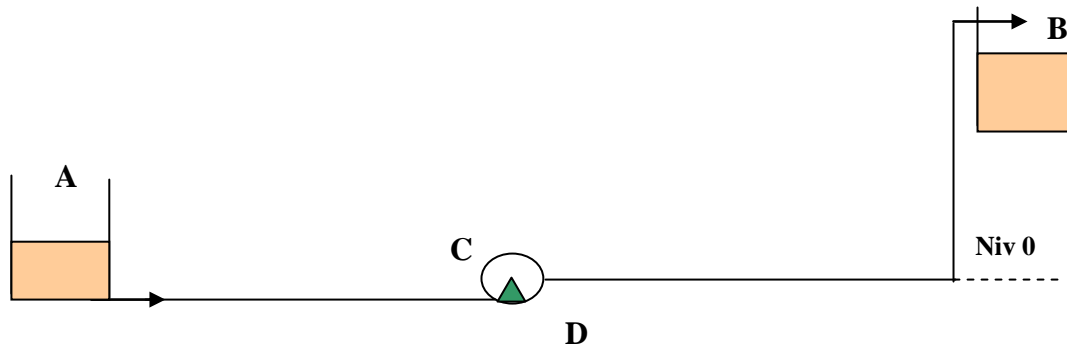


Gráfico No. 4.26. Esquema para Balance de energías en Línea de Descarga

- Analizando entre el punto C y D se encuentra la presión en D que viene a ser la presión interna de la tubería en la descarga de la bomba (diámetro nominal de la tubería $d = 3$ plg.)
- Para encontrar la potencia de la bomba se utiliza la siguiente expresión

$$P = h_A \times \gamma \times Q,$$

Tabla No. 4.38. Balance de Energías en la línea de Descarga de combustible

Balance de Energía – Resultados						
Caudal Q (GPM)	Peso específico γ (Kgf/m ³)	Altura de Presión de la Bomba h_A (m)	Presión Interna manométrica en la succión de la bomba P_{iS} (Psi)	Presión Interna manométrica en la descarga de la bomba P_{iD} (Psi)	Potencia de la Bomba P (HP)	Potencia del Motor eléctrico P_M (HP)
250	8291	24.97	-4.4	25.2	5.84	6.0

Con los valores de presiones internas manométricas tanto en la succión (diámetro nominal 4") como en la descarga (diámetro nominal 3"), se encuentran las presiones internas absolutas.

Tabla No. 4.39. Presiones internas absolutas en la Tubería de Descarga

Diámetro nominal de la tubería (plg)	Presión interna (psi)
4	10.6
3	40.2

4.2.3.3 Selección de materiales de tuberías y accesorios

Los materiales seleccionados para la tubería y accesorios son los mismos que para la línea de Carga de combustible,

Tabla No. 4.40. Materiales Tubería y Accesorios, Línea de Descarga

Materiales Tubería y Accesorios	
Tubería	Válvulas y Accesorios
ASTM A106	ASTM A105 clase 150

Para ver las especificaciones de los materiales seleccionados referirse a las tablas No 4.26 (Material tubería) y 4.27 (Material válvulas y accesorios)

4.2.3.4 Espesores de la pared de la tubería

En el subtema 4.2.2.4 se describe las formulas utilizadas para el cálculo del espesor de la pared de la tubería.

Mayor información sobre el cálculo del espesor se encuentra en el anexo E, los resultados son los siguientes:

Tabla No. 4.41. Espesores mínimos de la tubería – Línea de Descarga

Espesor mínimo de la pared de la tubería							
diámetro nominal tubería (plg)	Presión interna de diseño P (psi)	Diámetro externo tubería De (plg)	Esfuerzo Básico admisible del material S (Psi)	Factor de Calidad E	Espesor a presión de diseño t (plg)	Factor de corrosión C	Espesor mínimo de la pared de la tubería tm (plg)
3	40.2	3.5	15000	1	0.00469	0.08	0.08469
4	10.6	4.5	15000	1	0.00159	0.08	0.08159

Con los espesores encontrados se escoge la tubería que cumpla con el requerimiento mínimo de espesor, la tubería seleccionada es la misma que para la línea de carga de Combustible, para ver las especificaciones de la tubería seleccionada referirse a la tabla No 4.29

4.2.2.5 Selección de válvulas y accesorios

VALVULAS

Tabla No. 4.42. Válvulas en la línea de Descarga

Tipo de Válvula	Diámetro (in)	Cantidad
De Compuerta	3	2
	4	7
Check	4	1

Las especificaciones de las válvulas son las mismas que para la línea de Carga de combustible, referirse a la tabla No 4.31

BRIDAS – UNIÓN DE TUBERÍAS

Tabla No 4.43. Bridas es la línea de Descarga

Diámetro nominal brida (plg)	Cantidad
3	28
4	98

Las especificaciones de las bridas son las mismas que para la línea de Carga de combustible, referirse a las tablas No 4.33

ACCESORIOS

Tabla No 4.44. Accesorios en la línea de Descarga

Tipo de Accesorio	Diámetro (plg)	Cantidad
Codo 90°	3	5
	4	23
Tes	4	4

Las especificaciones de los accesorios son las mismas que para la línea de Carga de combustible, referirse a las tablas No 4.35

4.2.4 Interconexiones entre tanques

La interconexión entre tanques se la realiza para poder vaciar el contenido de un tanque en otro, por razones de mantenimiento, limpieza o reparación.

En la primera etapa se podrá vaciar el contenido el tanque TD-01 al TD-02 y viceversa, pero en la segunda esta interconexión es más versátil de tal manera que se pueda vaciar el contenido de cualquier tanque y depositarlo en cualquier otro de la terminal de almacenamiento.

El análisis de las pérdidas y cálculo de la potencia de la bomba se lo realizará asumiendo que los cuatro tanques se encuentran funcionando, así se podrá seleccionar una bomba que sea útil también en la segunda etapa; no obstante la construcción del sistema de tubería se la realizará por etapas, sellando las conexiones que servirán para la etapa futura.

La succión se la realizará desde la tubería de descarga de combustible de cada tanque y la descarga será por una línea independiente hasta la apertura de interconexión de cada tanque.

El procedimiento es el mismo que el utilizado para la línea de tubería de Carga o descarga de combustible y es el siguiente:

4.2.4.1 Diseño del sistema de tubería de Interconexión entre tanques

Para el diseño del sistema de tubería de Interconexión entre tanques se procede a dibujar la línea de Interconexión que utiliza todas las salidas de la línea de descarga de combustible se ramifica para la bomba de interconexión entre tanque y llega hacia cada uno de los tanques en otra apertura de carga de (de la línea de interconexión).

El plano en donde constan las longitudes, accesorios niveles y diámetros está en el Anexo A, Plano No 16/24

Para mayor detalle sobre el diseño del sistema de tubería de Interconexión entre tanques, referirse al Anexo E

Cálculo de las pérdidas en la línea de Interconexión

CONSIDERACIONES PARA EL CÁLCULO:

1. La condición de operación es tal que se podrá realizar la descarga de un solo tanque a la vez para colocar su contenido en otro tanque, tanto en la primera como en la segunda etapa del diseño.
2. La temperatura del fluido (Diesel) que fluye a través de la tubería será de 35°C (Temperatura alta promedio en el sector de Manabí) y no se considerará incrementos por transferencia de calor
3. La línea de tubería recta será unida mediante bridas(La línea de succión que utiliza la misma línea de descarga y que va desde los tanques de almacenamiento hasta la bomba de Interconexión tendrá un diámetro nominal de 4" y la línea de descarga que va desde la bomba hasta cada uno de los tanques tendrá un diámetro nominal de 3"

ANÁLISIS DE PÉRDIDAS EN TUBERÍA Y ACCESORIOS

- a) Longitud total de la tubería.-** Esta longitud será la distancia más larga de tubería para el traslado de combustible desde un tanque a otro y es la distancia en el proceso de traslado de combustible del tanque TD-04 (2do tanque de la segunda etapa) hacia el TD-01 (primer tanque de la primera etapa)
- b) Accesorios.-** Los accesorios y cantidad que intervienen en el cálculo son los listados a continuación

Tabla No 4.45. Accesorios que intervienen en el Cálculo – Línea Interconexión entre tanques

ACCESORIO	CANTIDAD
Codos 90°	20
Tes	4
Válvula de Compuerta	3
Válvula Check	2
Comp. Entrada o salida	4

Para el análisis de pérdidas se ha dividido a la línea de carga en dos tramos

- 1-2: Desde la apertura de descarga del tanque TD-04 hasta la bomba de interconexión (el diámetro nominal de la tubería es de 4 pulgadas)
- 2-3: Desde la salida de la bomba hasta la apertura de Carga del tanque TD-01 (el diámetro nominal de la tubería es de 3 pulgadas).

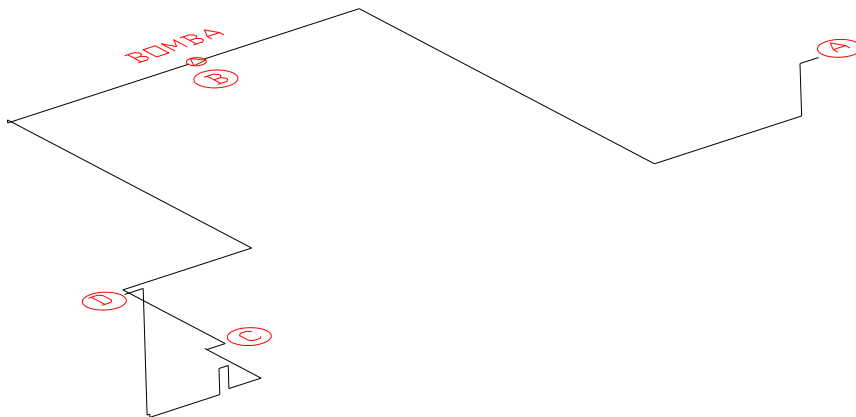


Grafico No. 4.27. Línea de tubería de Interconexión hacia el punto más lejano

En el Anexo E, se encuentra detallada la corrida del programa para pérdidas en tuberías y accesorios en la línea de Interconexión entre tanques. Los resultados del análisis son los presentados a continuación

Tabla No. 4.46. Pérdidas de carga en línea de Interconexión entre tanques

Análisis de Pérdidas para caudal 250GPM (m)			
Tramos	Pérdidas en tubería	Pérdidas en accesorios	Pérdidas de carga en tramos
1 – 2	1.362	2.376	3.378
2 – 3	7.301	2.568	9.869
Pérdidas totales de carga (hf)			14.968

Balances de energía – Cálculo de Presiones internas

El balance de energía se lo realiza según el siguiente esquema:

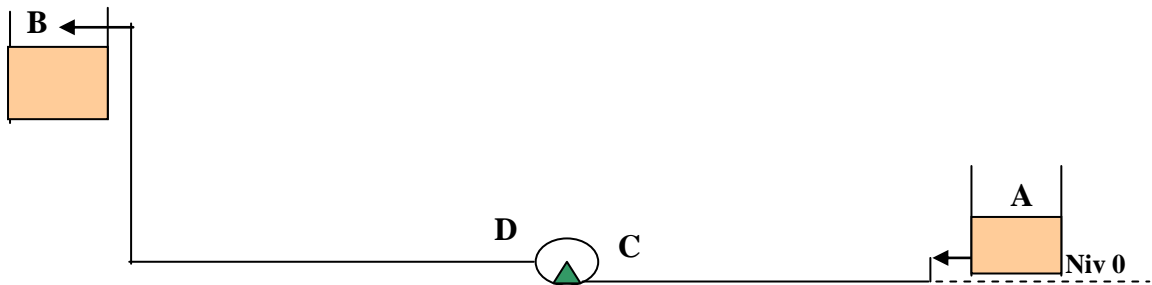


Gráfico No. 4.28. Esquema Balance de energías en línea de interconexión entre tanques

1. Al realizar el balance entre los puntos A y B, se encuentra la altura de presión de la bomba.
2. Analizando entre el punto C y B se encuentra la presión en C que viene a ser la presión interna de la tubería en la succión de la bomba (diámetro nominal de la tubería $d = 4$ plg.)
3. Analizando entre el punto C y D se encuentra la presión en D que viene a ser la presión interna de la tubería en la descarga de la bomba (diámetro nominal de la tubería $d = 3$ plg.)
4. Para encontrar la potencia de la bomba se utiliza la siguiente expresión

$$P = h_A \times \gamma \times Q,$$

Tabla No. 4.47. Balance de Energías en la línea de Interconexión entre tanques

Balance de Energía – Resultados						
Caudal Q (GPM)	Peso específico γ (Kgf/m ³)	Altura de Presión de la Bomba h_A (m)	Presión Interna manométrica en la succión de la bomba P_{iS} (Psi)	Presión Interna manométrica en la descarga de la bomba P_{iD} (Psi)	Potencia de la Bomba P (HP)	Potencia del motor eléctrico P_M (HP)
250	8291	20.97	-5.9	19.3	4.9	5.0

Con los valores de presiones internas manométricas tanto en la succión (diámetro nominal 4") como en la descarga (diámetro nominal 3"), se encuentran las presiones internas absolutas.

Tabla No. 4.48. Presiones internas absolutas en la tubería de Interconexión entre tanques

Diámetro nominal (plg)	Presión interna (psi)
4	9.1
3	34.3

Selección de materiales de tuberías y accesorios

Tabla No. 4.49. Materiales Tubería y Accesorios, Línea Interconexión

Materiales Tubería y Accesorios	
Tubería	Válvulas y Accesorios
ASTM A106	ASTM A105

Para ver las especificaciones de los materiales seleccionados referirse a las tablas No 4.26 (Material tubería) y 4.27 (Material válvulas y accesorios)

Espesores de la pared de la tubería

En el subtema 4.2.2.4 se describe las formulas utilizadas para el cálculo del espesor de la pared de la tubería. Mayor información sobre el análisis se encuentra en el Anexo E, los resultados son los siguientes:

Tabla No. 4.50. Espesores mínimos tubería – Línea Interconexión entre tanques

Espesor mínimo de la pared de la tubería							
diámetro nominal tubería (plg)	Presión interna de diseño P (psi)	Diámetro externo tubería De (plg)	Esfuerzo Básico admisible del material S (Psi)	Factor de Calidad E	Espesor a presión de diseño t (plg)	Factor de corrosión C	Espesor mínimo de la pared de la tubería tm (plg)
3	34.3	3.5	15000	1	0.0040	0.08	0.084
4	9.1	4.5	15000	1	0.00137	0.08	0.08137

Con los espesores encontrados se escoge la tubería que cumpla con el requerimiento mínimo de espesor, la tubería seleccionada es la misma que para la línea de carga de Combustible, para ver las especificaciones de la tubería seleccionada referirse a la tabla No 4.29

Selección de válvulas y accesorios

VALVULAS

Tabla No. 4.51. Válvulas en la línea de Interconexión entre tanques

Tipo de Válvula	Diámetro	Cantidad
De Compuerta	3"	7
	4"	1
Check	4"	1

Las especificaciones de las válvulas son las mismas que para la línea de Carga de combustible, referirse a la tabla No 4.31

BRIDAS – UNIÓN DE TUBERÍAS

Tabla No. 4.52. Bridas en la línea de Interconexión entre tanques

Diámetro nominal brida	Cantidad
3"	78
4"	10

Las especificaciones de las bridas son las mismas que para la línea de Carga de combustible, referirse a la tabla No 4.33

ACCESORIOS

Tabla No. 4.53. Accesorios en la línea de Interconexión entre tanques

Tipo de Accesorio	Diámetro	Cantidad
Codo 90°	3"	23
	4"	2
Tees	3"	3

Las especificaciones de los accesorios son las mismas que para la línea de Carga de combustible, referirse a la tabla No 4.35

4.2.5 Análisis de esfuerzos en el sistema de tuberías

El análisis de esfuerzos se lo realiza para comprobar si la tubería seleccionada resiste a los esfuerzos actuantes debido a las presiones internas o externas y a las cargas que actúan sobre el sistema de tubería.

Mayor información sobre el análisis y las formulas a emplearse se encuentran en el Anexo E. Se calcula dos tipos de esfuerzos:

1. Esfuerzos por presión: Producidos por la acción de la presión interna sobre la pared de la tubería. Se calcula según la siguiente fórmula

$$\sigma_p < SE, \text{ siendo} \quad (\text{e.19})$$

$$\sigma_p = \frac{Px D}{2t} - YxP, \quad (\text{e.18})$$

donde :

σ_p = Esfuerzo por presión (Psi)

S = Esfuerzo básico admisible del material de la tubería (Psi)

E = Factor de soldadura = 1

P = Presión interna máxima en el sistema de tubería (Psi)

D = Diametro externo tubería en el tramo de la presión máxima (plg)

t = espesor de la pared de la tubería (plg)

$Y = 0.4$

2. Esfuerzos por cargas sostenidas: Son esfuerzos producidos por las cargas que actúan en el sistema de tubería que son las cargas propias del peso y del líquido que transportan, Se calcula según la siguiente fórmula:

$$\sigma_L \leq S_h \quad (\text{e.26})$$

$$\sigma_L = \sigma_{LP} + \sigma_{Lg}, \quad (\text{e.20})$$

siendo

$$\sigma_{LP} = \frac{Px D}{4t} \quad (\text{e.22})$$

$$\sigma_{Lg} = \frac{\sqrt{(i_i \cdot M_i)^2 + (i_0 \cdot M_0)^2}}{Z} \quad (\text{e.24})$$

donde :

σ_L = Esfuerzo por cargas sostenidas (Psi)

σ_{LP} = Esfuerzo longitudinal debido a la presión (Psi)

σ_{Lg} = Esfuerzo longitudinal debido a cargas por gravedad (Psi)

S_k = Esfuerzo básico admisible del material de la tubería a la temp. de diseño (Psi)

P = Presión interna máxima en el sistema de tubería (Psi)

D = Diámetro externo tubería en el tramo de la presión máxima (plg)

t = espesor de la pared de la tubería (plg)

M_i = Momento flector en el plano (lb × plg)

i = Factor de intensificación de esfuerzos (según tabla ASME B31.3 Tabla D300 para unión en tubería bridada = 2.3)

Z = Módulo de sección basado en t (espesor de la tubería) (plg³)

$$Z = \frac{\pi}{32D} [D^4 - (D - 2t)^4] \quad (e.25)$$

donde :

D = Diámetro exterior de la tubería (plg)

t = Espesor de la tubería (plg)

Se analizará el sistema de tubería en el cual exista la mayor presión calculada, en la tabla siguiente se detallan las presiones alcanzadas en los diferentes sistemas de tubería de la terminal:

Tabla No. 4.54. Resumen Presiones Internas- Sistemas Tubería Terminal

Sistema de Tubería	Presión absoluta (Psi)	
	Ø nominal 3"	Ø nominal 4"
Carga	49.8	7.5
Descarga	40.2	10.6
Interconexión entre tanques	34.3	9.1

El sistema a analizar es el sistema de Carga de combustible, en la sección donde el diámetro nominal de la tubería es de 3".

El análisis completo se encuentra detallado en el Anexo D, Los resultados del análisis de esfuerzos son los encontrados a continuación

Tabla No 4.55. Esfuerzos por presión, Tubería de Carga

ESFUERZOS POR PRESIÓN					
Diámetro externo de la tubería D (plg)	Presión Interna máxima P (Psi)	Espesor de la pared de la tubería t (plg)	Y	Esfuerzo por presión σ_p (Psi)	Esfuerzo básico admisible por factor de soldadura SE (Psi)
3.5	49.8	0.216	0.4	383.55	16000
$\sigma_p < SE$, LA TUBERÍA RESISTE A ESFUERZOS POR PRESIÓN					

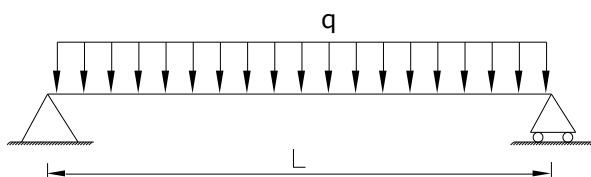
Tabla No 4.56. Esfuerzos por Cargas Sostenidas, Tubería de Carga

ESFUERZOS POR CARGAS SOSTENIDAS					
Diámetro externo de la tubería D (plg)	Presión Interna máxima P (Psi)	Esfuerzo longitudinal debido a la presión σ_{LP} (Psi)	Esfuerzo longitudinal debido a cargas por gravedad σ_{Lg} (Psi)	Esfuerzo por cargas sostenidas σ_L (Psi)	Esfuerzo básico admisible a temperatura de diseño S_k (Psi)
3.5	49.8	201.74	722.22	923.96	16000
$\sigma_L < S_k$, LA TUBERÍA RESISTE A ESFUERZOS POR CARGAS SOSTENIDAS					

4.2.6 Flecha máxima en la tubería

El cálculo de la máxima deflexión de la tubería entre apoyos (δ_{\max}), permitirá corroborar si la distancia entre apoyos escogida e igual a 4 (m) es la adecuada.

Se analiza para la tubería de 4", OD = 4.5" (114.3 mm), ya que esta tiene mayor carga distribuida. La fórmula de flecha máxima es la siguiente:



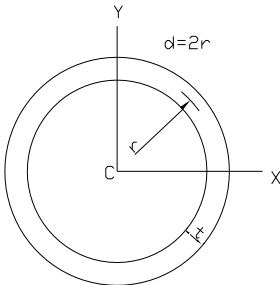
$$\delta_{\max} = \frac{5qL^4}{384EI} \quad (4.29)$$

Donde

$I = \text{Momento de Inercia}$

$E = \text{Módulo de elasticidad del material}$

$E = \text{para el acero al carbono} = 2 \times 10^6 (\text{Kg} / \text{cm}^2)$



$$I_x = I_y = \frac{\pi d^3 t}{8} \quad (4.30)$$

$t = \text{espesor de la tubería}$

$t = 6.01(\text{mm}) = 0.601(\text{cm})$

$D_{\text{externo}} = 114.3(\text{mm})$

$D_{\text{interno}} = 102.3(\text{mm})$

$d = \text{Diámetro medio} = \frac{D_{\text{externo}} + D_{\text{interno}}}{2}$

$d = 108.3(\text{mm}) = 10.83(\text{cm})$

$I = \frac{\pi (10.83)^3 (0.601)}{8} = 299.8(\text{cm}^4)$

$q = \text{Peso de la tubería} + \text{peso del contenido (según Anexo E)}$

$\text{Peso de la tubería} = 10.79(\text{lb} / \text{ft}) = 16.06(\text{kg} / \text{m})$

$\text{Peso del contenido} = 6.95(\text{Kg} / \text{m})$

$q = 23.01(\text{kg} / \text{m}) = 0.2301(\text{kg} / \text{cm})$

$L = 4(\text{m}) = 400(\text{cm})$

$$\delta_{\text{max}} = \frac{5qL^4}{384EI}$$

$$\delta_{\text{max}} = \frac{5(0.2301)(400)^4}{384(2 \times 10^6)(299.8)} = 0.128(\text{cm})$$

$$\delta_{\text{max}} = 1.28(\text{mm})$$

Según la norma ASME B31.3 se permite una deflexión máxima entre soportes de $\frac{1}{10}$ " (2.54 mm), para tramos de tubería que NO posea cargas concentradas tales como presencia de válvulas y otros accesorios pesados, según estas características, la distancia entre soportes es adecuada.

Cubierta Bombas Combustible.

Las bombas de Carga y Descarga de combustible, estarán dentro de una cubierta metálica, la cual proveerá protección contra los factores climáticos y operacionales de las bombas.

Las dimensiones de la cubierta garantizan un adecuado manejo de las mismas, sus medidas están en base a las dimensiones generales de las bombas, detalladas en el siguiente tema.

El análisis de la cubierta, ha sido realizado utilizando el programa de análisis estructural SAP2000 Plus.

Análisis de la Cubierta de Sala de Bombas de Combustible

El detalle de las formulas a emplearse, el análisis estático y el diseño estructural hecho en el programa SAP2000 Plus se encuentran en el "Anexo B"

El plano de diseño de la cubierta para la Sala de bombas de Diesel está detallado en el Anexo No A plano No 09/24, su esquema es el siguiente:

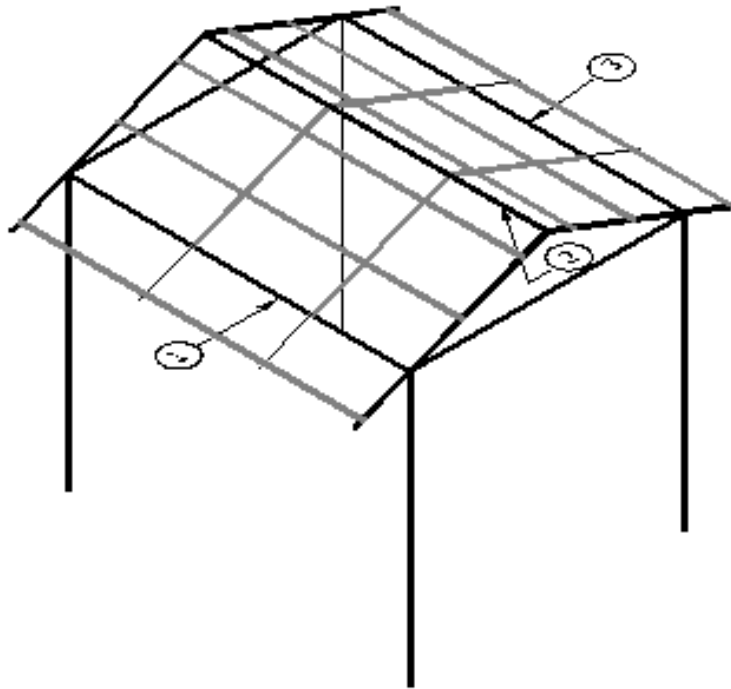


Grafico No 4.29. Cubierta Bombas Diesel

El diagrama a analizar es el siguiente:

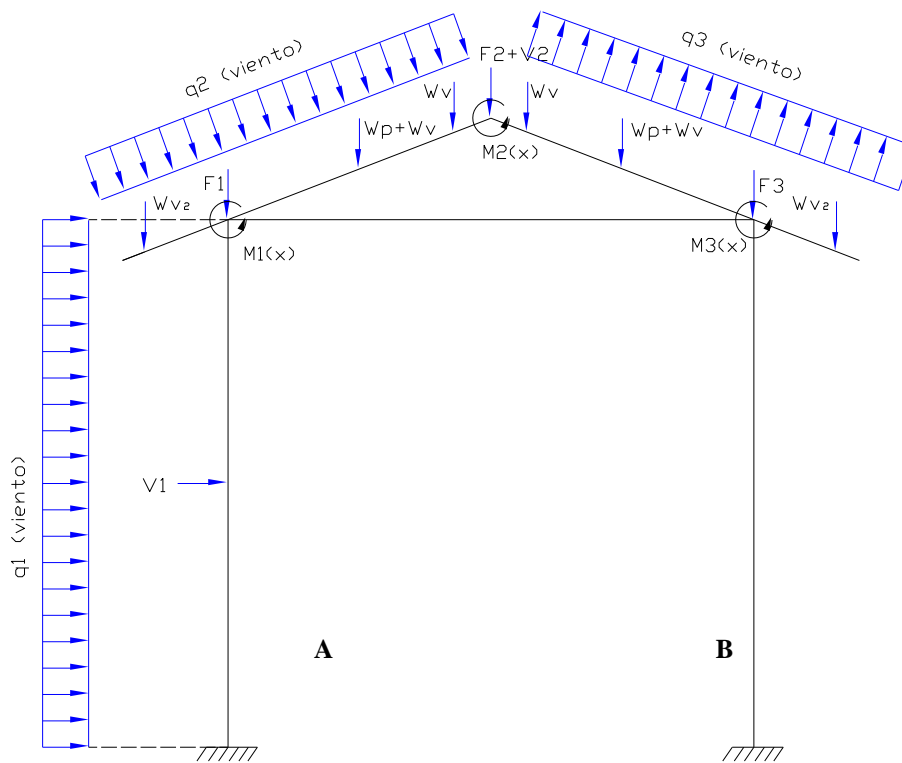


Grafico No 4.30. Fuerzas actuantes en Cubierta Bomba Diesel

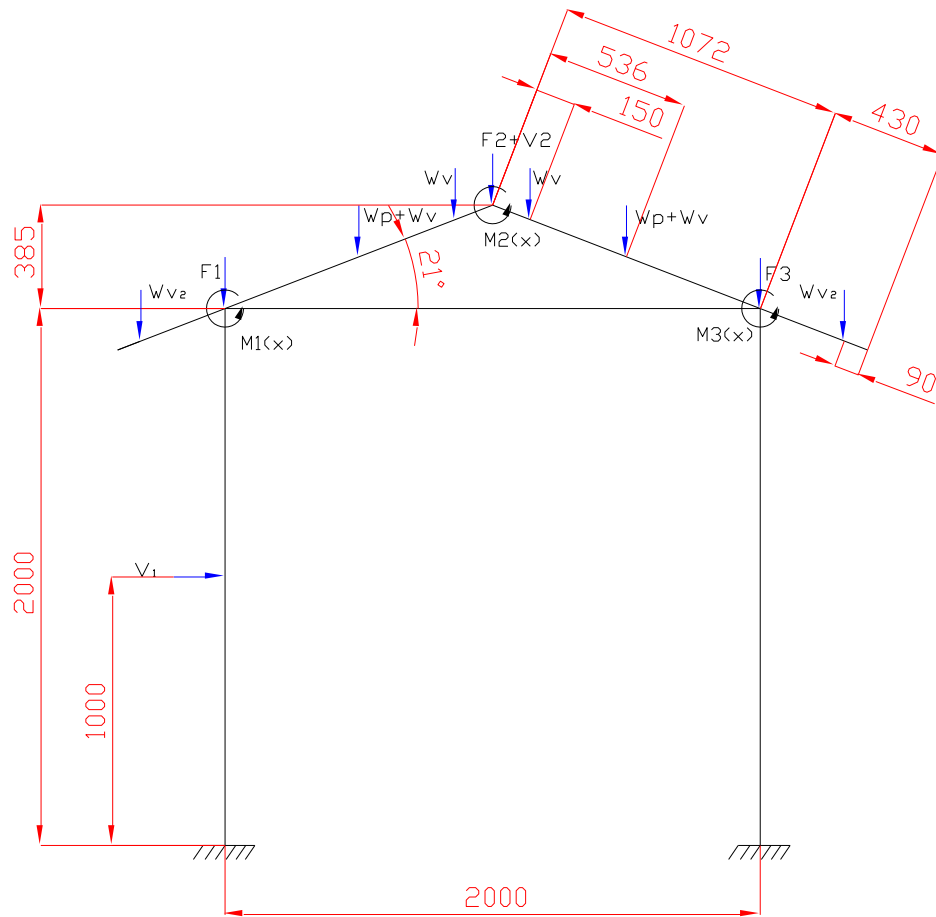


Gráfico No 4.31. Distancias – Cubierta Bombas Diesel

Las Fuerzas o cargas que actúan son las siguientes:

$q_1 =$ **Carga de viento en la cara vertical plana de la cubierta** ⁽³⁾

$$q_1 = p \times d \left(\frac{lb}{ft} \right) \quad (b.30)$$

donde :

$$p = 20 \left(lb/ft^2 \right)$$

$d =$ Distancia entre columnas donde se aplica la carga(ft)

$q_2 =$ **Carga de viento normal en el lado de barlovento sobre un techo inclinado** ⁽⁴⁾

$$q_2 = p_n(\text{barlovento}) \times L \left(\frac{\text{lb}}{\text{ft}} \right) \quad (\text{b.31})$$

En la dirección de barlovento

$$p_n = +|1.20\theta - 36| \left(\text{lb} / \text{ft}^2 \right) \quad (\text{b.32})$$

donde :

θ = Ángulo que forma la cubierta con la horizontal (°)

L = Longitud de la cubierta (ft)

q_3 = **Carga de viento normal en el lado de sotavento sobre un techo inclinado⁽⁵⁾**

$$q_3 = p_n(\text{sotavento}) \times L \left(\frac{\text{lb}}{\text{ft}} \right)$$

En la dirección de sotavento

$$p_n = -9 \left(\text{lb} / \text{ft}^2 \right) \quad (\text{b.33})$$

V_1 = **Carga sísmica, Cortante Basal de diseño en la cara vertical plana de la estructura⁽⁶⁾**

$$V_1 = \frac{ZIC}{R\phi_p\phi_E} W \quad (\text{b.34})$$

Donde :

Z = Factor de zona sísmica = 0.35

I = Coeficiente de importancia de la estructura = 1.0

R = Coeficiente de reducción de respuesta estructural = 8

ϕ_p = Coeficiente de configuración en planta = 1

ϕ_E = Coeficiente de irregularidades en la elevación = 1

W = Carga reactiva por sismo = Sumatoria de cargas muertas de la estructura

^{3, 4, 5} Según Diseño de estructuras metálicas de John E. Lothers (pg. 343-347), según el informe del subcomité No 31 de ASCE

⁶ Según Código Ecuatoriano de la construcción – Subcomité No 1- 2000

Para las cargas muertas se asume el peso de dos perfiles G100x50x15x3 (aproximadamente 7 lb/ft) para las columnas y la viga, el peso de un perfil G 100x50x15x3 (aproximadamente 3.5 lb/ft) para las correas

$$W_{\text{perfiles}} (G100 \times 50 \times 15 \times 3)_{\text{TOTALES}} = 3.5 \times 89 = 311.5(Lb)$$

$$W_{\text{perfiles}} 2 \times (G100 \times 50 \times 15 \times 3)_{\text{TOTALES}} = 7 \times 56 = 392(Lb)$$

$$W_{\text{Cubierta}} \approx 60(lb)$$

$$W = W_{\text{perfiles}} (G100 \times 50 \times 15 \times 3)_{\text{TOTALES}} + W_{\text{perfiles}} 2 \times (G100 \times 50 \times 15 \times 3)_{\text{TOTALES}} + W_{\text{Cubierta}}$$

$$W = 763.5(lb)$$

$$C = \frac{1.25S^S}{T} \quad (b.35)$$

Donde :

$S = \text{Coeficiente de suelo} = 1.5$

$T = \text{Periodo del sismo} = 1.5$

$$0.5 < C < Ca \quad (b.36)$$

Donde:

$Ca = \text{Coeficiente de espectro del sismo} = 2.8$

$$C = \frac{1.25 \times 1.5^{1.5}}{1.5} = 1.53$$

$$V_1 = \frac{0.35 \times 1.0 \times 1.53}{8 \times 1.0 \times 1.0} \times 764$$

$$V_1 = 51(lb)$$

$V_2 = \text{Carga sísmica, Distribución Vertical de fuerza lateral}^{(7)}$

$$V_2 = F_t + \sum_{i=1}^n F_i \quad (b.37)$$

$$F_t = 0.07 T V_1 \quad (b.38)$$

⁷ Según Código Ecuatoriano de la construcción – Subcomité No 1- 2000

Donde :

F_i = Fuerza debido al peso del segundo piso

$$F_i = 0$$

$$F_t = 0.07 \times 1.5 \times 51$$

$$F_t = 5.6(\text{lb})$$

$$V_2 = 5.6(\text{lb})$$

F_1 y $M_{1(x)}$ = Carga y Momento debido al peso de la viga No 1.

F_2 y $M_{2(x)}$ = Carga y Momento debido al peso de la viga No 2.

F_3 y $M_{3(x)}$ = Carga y Momento debido al peso de la viga No 3.

W_p = Carga Viva debido al peso de hombre (personal que coloca la cubierta)

W_v = Carga Muerta debido al peso de las correas

W_{v2} = Carga Muerta debido al peso de las correas + peso del porta canaleta

A estas cargas se le aplicarán cargas muertas debido al peso propio de la estructura. Los valores de las cargas que actúan en la cubierta son los siguientes:

$$F1 = F2 = F3 = 59.46(\text{lb})$$

$$M1_x = M2_x = M3_x = 487.74(\text{lb} \times \text{ft})$$

$$Wp1 = Wp2 = 165(\text{lb})$$

$$q1 = 164(\text{lb} / \text{ft})$$

$$q2 = 88.6(\text{lb} / \text{ft})$$

$$q3 = -73.8(\text{lb} / \text{ft})$$

$$V_1 = 51(\text{lb})$$

$$V_2 = 5.6(\text{lb})$$

$$W_v = 16.5(\text{lb})$$

$$W_{v2} = 21(\text{lb})$$

El pórtico se ingresa en el programa SAP 2000, aquí se analiza la estructura estáticamente y se diseña el pórtico, los resultados son los siguientes:

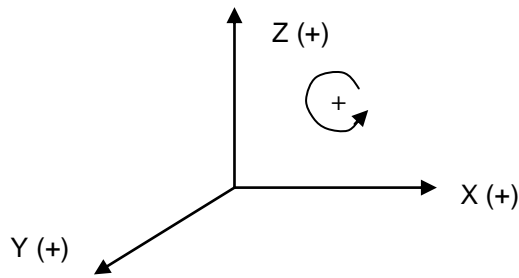


Gráfico No 4.32. Convención de signos utilizada para el análisis de Cubiertas

Resultados del análisis estático del pórtico:

Se presenta los resultados para la combinación de carga crítica, en este caso es VMW (Viva, Muerta y Viento)

Las reacciones en el apoyo **A** son las siguientes:

$$A_x = -443.67 \text{ (Kgf)}$$

$$A_y = 0 \text{ (Kgf)}$$

$$A_z = 167.99 \text{ (Kgf)}$$

$$M_{A(X)} = -101148.7 \text{ (Kgf} \times \text{mm)}$$

$$M_{A(Y)} = -296373.8 \text{ (Kgf} \times \text{mm)}$$

$$M_{A(Z)} = -19398.22 \text{ (Kgf} \times \text{mm)}$$

Las reacciones en el apoyo **B** son las siguientes:

$$B_x = -174.84 \text{ (Kgf)}$$

$$B_y = 0 \text{ (Kgf)}$$

$$B_z = 199.58 \text{ (Kgf)}$$

$$M_{B(X)} = -101148.7 \text{ (Kgf} \times \text{mm)}$$

$$M_{B(Y)} = -198671.4 \text{ (Kgf} \times \text{mm)}$$

$$M_{B(Z)} = -19398.22 \text{ (Kgf} \times \text{mm)}$$

Resultados del diseño en acero del pórtico

En el diseño estructural, el programa lo ejecuta según la norma AISC – ASD89 (más utilizada para diseño en acero).

Según esta norma, se calcula para cada elemento del pórtico una factor r el cual es una relación de esfuerzos entre el esfuerzo producido por el elemento y el esfuerzo admisible del material, r debe ser menor o igual a 1.0 para que el diseño sea correcto.

A continuación se presentan los perfiles que cumplen el diseño y los valores de r para cada miembro de la estructura con su correspondiente combinación de carga crítica (combinación de carga con la cual se obtiene el mayor valor de r)

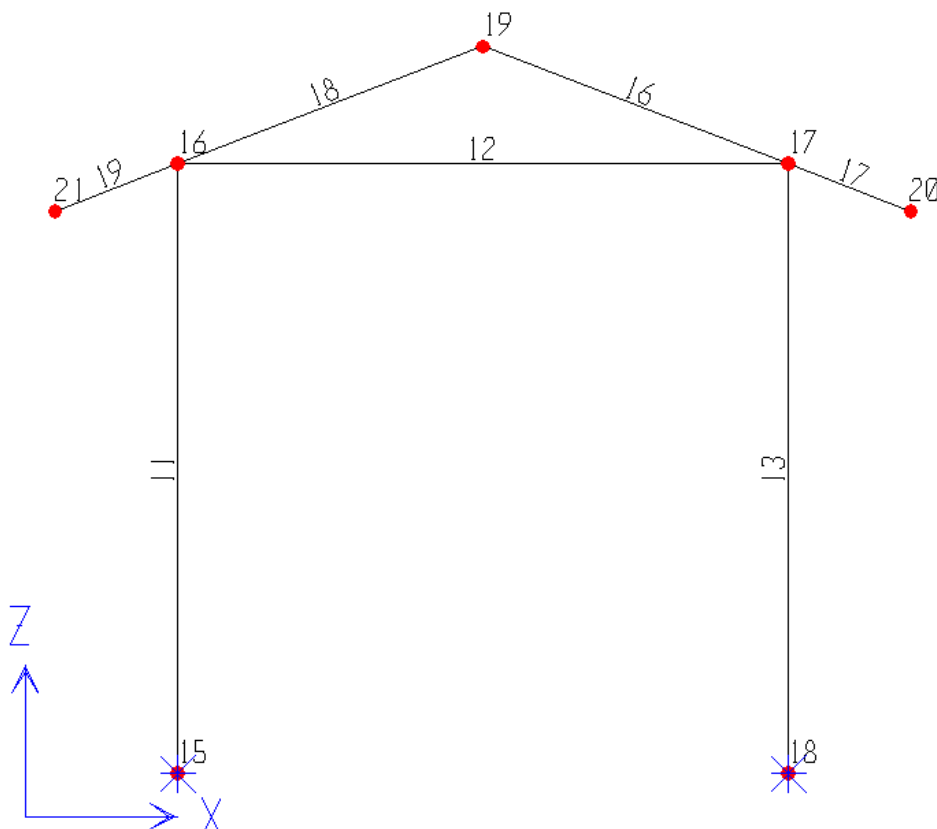


Figura No 4.7 Numeración de elementos de estructura Bombas Diesel

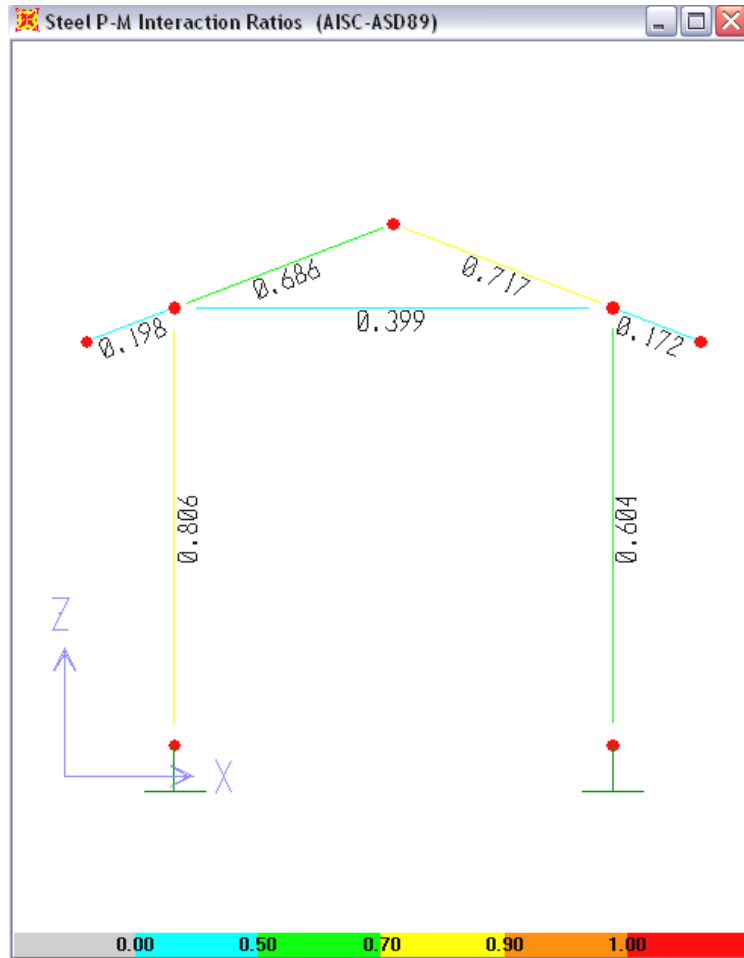
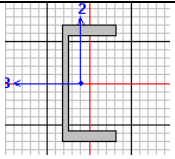
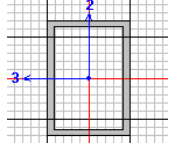


Figura No 4.8 Radios de esfuerzos críticos- Cubierta Bombas Diesel

Tabla No 4.57. Tabla de resultados – Cubierta Bombas Diesel

Elemento	Tipo perfil	Combinación de cargas	Localidad donde actúa el mayor radio (mm)	Radio de esfuerzos
11	Q 80x80x3	Viva, Muerta, -Viento	0.00	0.806 (C)
12	Q 80x80x3	Viva, Muerta, -Viento	2000.00	0.399 (T)
13	Q 80x80x3	Viva, Muerta, Viento	2000.00	0.604 (C)
16	U 100x50x3	Viva, Muerta, -Viento	535.78	0.717 (C)
17	U 100x50x3	Viva, Muerta, -Viento	0.00	0.172 (T)
18	U 100x50x3	Viva, Muerta, Viento	535.78	0.686 (C)
19	U 100x50x3	Viva, Muerta, Viento	0.00	0.198 (T)

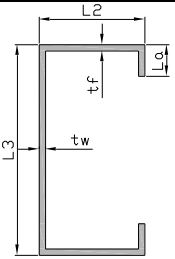
Tabla No 4.58. Perfiles SAP2000 - Cubierta Bombas Diesel

PERFIL	Longitud alma T3 (mm)	Longitud ala t2 (mm)	Espesor alma tf (mm)	Espesor ala tw (mm)	Esquema
U 100x50x3	100.0	50.0	3.0	3.0	
Q 80x80x3	80.0	80.0	3.0	3.0	

Al analizar los resultados, con los perfiles seleccionados en el programa SAP2000, la cubierta cumple con el diseño en acero,

A continuación se verifican los perfiles del programa con los que existen en el mercado, la tabla siguiente detalla las especificaciones de los perfiles a utilizarse para la construcción de la Cubierta Bombas Diesel,

Tabla No 4.59. Especificaciones de perfiles para Cubierta Bomba Diesel.

PERFIL	Longitud alma L3 (mm)	Longitud ala L2 (mm)	Longitud viñeta La (mm)	Espesor alma tf (mm)	Espesor ala tw (mm)	Esquema
G 100x50x15x3mm	100.	50.	15.	3.	3.	

1. El perfil seleccionado por el programa SAP2000 Plus tipo tubo cuadrado: Q 80x80x3 será reemplazado por dos perfiles G soldados **G 100x50x15x3mm**

2. El perfil seleccionado por el programa SAP2000 Plus tipo Canal: U 100x50x3 será reemplazado por un perfil **G 100x50x15x3mm.**

4.3 Control del abastecimiento

El sistema de control del abastecimiento, son aquellos equipos, que permiten controlar, el flujo del combustible, la carga y la descarga del mismo, estos equipos son: las bombas y los contómetros, en este tema se seleccionarán las Bombas que cumplan con los requerimientos de cada sistema de tubería y los contómetros requeridos para la Carga y la Descarga

4.3.1 Carga y Descarga de Combustible

Los requerimientos de las bombas de Combustible para los diversos sistemas de tubería de la terminal son los siguientes:

Tabla No. 4.60. Requerimientos de las Bombas de Combustible

Línea de Tubería	Caudal Q (GPM)	Altura de presión H _A (m)	Potencia mínima P (HP)	Presión succión (Psi m)	Presión Descarga (Psi m)
Carga	250	36.51	8.3	-7.8	34.8
Descarga	250	24.97	5.84	-4.4	25.2
Interconexión	250	20.97	4.9	-5.9	19.3

Las bombas a escoger serán centrífugas de eje horizontal, con bajo NPSH, accionadas por motores eléctricos y diseñados para no tener fugas. La operación de las bombas será remota y/o local, e irán dentro de una caseta.

Las bombas tendrán carcazas de acero fundido con presiones de operación de acuerdo al diseño del sistema, y sellos mecánicos diseñados para diesel.

Las bombas se montarán sobre bases de acero, las que serán entregadas por el vendedor. Estas bases serán diseñadas para el efecto e incluirán cojines fabricados especialmente para acomodar los motores eléctricos que serán acoplados a las bombas. Se usarán acoplamientos flexibles.

La selección de las bombas de transferencia de Diesel, se la realiza de los catálogos de de bombas BERKELEY, esta marca de bombas trabaja con petróleo y productos derivados de los hidrocarburos.

En el anexo D, del Catálogo No D-1, se seleccionó la bomba de la serie B3TPM5. Las características de las bombas seleccionadas para las líneas de Carga, Descarga e Interconexión entre tanques son las siguientes:

Tabla No. 4.61 Características Generales Bombas Diesel

Línea que abastece	Tipo	Modelo	Caudal GPM	Potencia máxima HP	Cabeza de presión Ft (m)	Eficiencia
Carga y Descarga	Berkeley B 54596	B3TPMS	250	10	125 (38.1)	72%
Interconexión	Berkeley B 54596	B3TPMS	250	7.5	85 (26)	72%

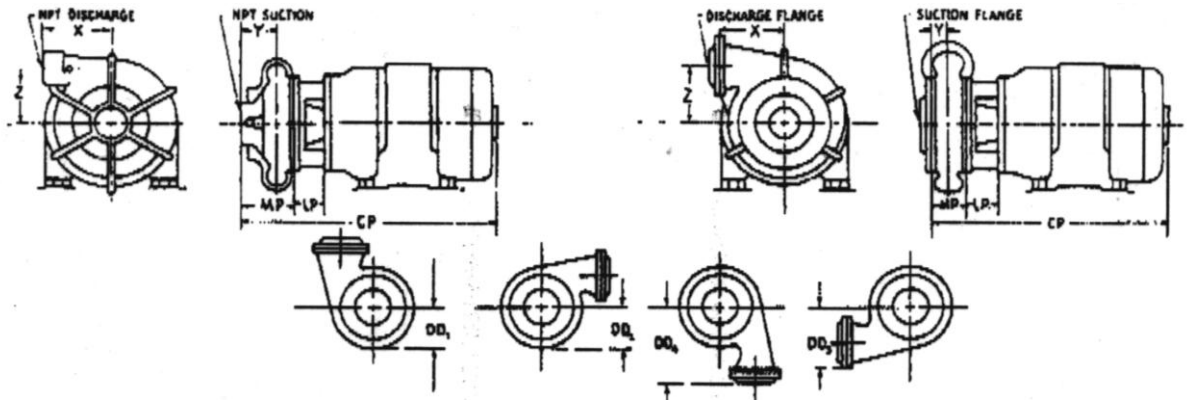


Tabla No. 4.62. Medidas Bombas Diesel

Medidas en mm												
Modelo	CP	LP	MP	X	Y	Z	DD1	DD2	DD4	DD3	Succión	Descarga
B3TPMS	567	64	110	178	89	116	137	127	178	172	4 NPT	3 NPT

Por lo tanto las medidas generales de las Bombas de combustible son las siguientes:

Tabla No 4.63. Medidas Generales Bomba Diesel

Medidas en plg (mm)		
No. De Unidades	Longitud	Ancho
3	22 ⁵ / ₁₆ (567)	14 (356)

4.3.2 Control del flujo

Medir el flujo que ingresa o que sale de la Terminal de almacenamiento, es muy importante para efectos de control de ventas. Mediante los equipos llamados Contómetros, se puede cuantificar con exactitud el volumen de combustible que ingresa en la sección de Carga y el que sale en la sección de Descarga.

Estos contómetros serán calibrados por el fabricante y serán colocados:

1. El primero en la Isla de carga como un enlace entre la toma del tanquero y el sistema de tubería de Carga. Las características de este equipo,

permitirá como mínimo cuantificar el volumen de venta parcial (en cada toma) y el absoluto (global de todas las ventas).

2. El segundo estará colocado en la Isla de Descarga, de igual manera como un enlace entre la toma del sistema de tubería de Descarga y el tanquero. Las características de este equipo además de cuantificar el volumen de venta, también podrá expedir hojas digitales donde consten el volumen despachado y su correspondiente costo, útil para el control de venta del combustible.

Según las características enunciadas anteriormente, los equipos escogidos son los siguientes:

Tabla No 4.64. Contadores mecánicos para Carga y Descarga de Combustible

Contadores mecánicos				
SISTEMA	Puerto (pulg)	Galonaje (GPM)	MARCA	Descripción
Carga de Combustible	4	60 – 250	Total Control Systems	Contador mecánico gravitacional (incluye separador de aire, filtro, registro, impresora)
Descarga de Combustible	3	60 - 250	Total Control Systems	Contador mecánico gravitacional (incluye separador de aire, filtro, registro, impresora)

4.4 Sistema contra incendios.

4.4.1 Códigos y especificaciones para el diseño

El diseño del sistema contra incendios está basado en la norma SH-018 de Petroecuador, la cual a la vez ha sido realizada según las normas NFPA (Asociación Nacional de Protección contra Incendio de los EEUU), este sistema se ha diseñado para proteger la terminal con agua que permita combatir el fuego y enfriar el tanque que está incendiado y además enfriar los tanques adyacentes

al que se está quemando, adicionalmente para evitar la propagación del fuego se contará con extintores de polvo químico de CO₂ .

4.4.2 Características generales del sistema

El diseño de un sistema contra incendios estará basado en el principio de que solamente ocurrirá un incendio mayor al mismo tiempo en una instalación.

El diseño del sistema contra incendios, debe hacerse basado en un análisis de riesgos, que justifique la elaboración y alcance del proyecto, este análisis considera los siguientes aspectos:

1. Nivel de riesgo intrínseco de la instalación, Naturaleza de los productos involucrados, cuantificación de los mismos, maquinaria y equipos, característica del proceso, etc.
2. Aspectos críticos e importancia operacional de la instalación.
3. Riesgo de daños a terceros
4. Ubicación geográfica

Para determinar los sistemas de aplicación requeridos, como sistemas fijos, semi fijos, portátiles o móviles y el tipo de activación necesaria automática, remota o manual en sitio, se debe considerar los siguientes parámetros.

1. Tiempo máximo requerido para que el sistema funcione.
2. Efectividad del sistema para el riesgo calculado.
3. Disponibilidad del personal para actuación de emergencias.

Tal como se mencionó en el capítulo II en Implantación de la terminal, el sistema contra incendios, está diseñado para proporcionar agua continua durante 3 horas a un caudal máximo de 1500 GPM, la absorción de agua será realizada desde la piscina contra incendios.

4.4.2.1 Análisis de Riesgos

TANQUES DE ALMACENAMIENTO.

La terminal de almacenamiento de Diesel, tendrá una capacidad límite de aproximadamente 200000 galones, los cuales están abarcados en cuatro tanques atmosféricos de techo cónico, dos tanques que tiene una capacidad de 100000 galones estarán en funcionamiento hasta el año 2015, a partir de esta fecha se proyecta la creación de dos tanques más, para completar la capacidad total de la terminal.

El fluido Diesel, está catalogado como líquido combustible clase III, cuyo punto de inflamación es de 89. Normalmente estos tanques no requieren ser protegidos con sistema de espuma, pero deben instalarse cuando la temperatura de almacenamiento está en un rango de hasta 8°C (15°F) como máximo, por debajo del punto de inflamación.

Ya que la temperatura del combustible está por debajo de los 40°C, se requerirá únicamente sistema de agua contra incendio, adicionalmente se adquirirá una protección con espuma por sistemas móviles o portátiles de extinción, mediante la adquisición de dos tanques de polvo químico de capacidad 150 lbs cada uno.

Se instalarán dos tomas de agua por cada cubeto, que permitirán combatir el incendio desde la parte frontal y trasera del área de almacenamiento, la tasa de aplicación será calculada posteriormente.

ISLAS DE CARGA Y DESCARGA

El requerimiento de agua será el mismo necesario para estaciones principales de bombas y compresores esto es 16 m³/h (70 GPM),

ESTACIONES PRINCIPALES DE BOMBAS Y COMPRESORES

El requerimiento de agua se determinará en base a una tasa de 0.48m³/h x m² (0.2 gpm/ft²) del área proyectada por los equipos. El Caudal para estaciones principales de bombas calculado es de 16 m³/h (70 GPM)

EDIFICIO ADMINISTRATIVO Y CUARTO DE CONTROL

El requerimiento mínimo de agua para estas instalaciones será de 57 m³/h (250 GPM) de agua que podrá ser aplicada mediante el uso de monitores, hidrantes y carretes de mangueras

El sistema de agua contra incendio, será accionado de manera manual, desde la caseta de bombas contra incendio o desde el cuarto de control, este sistema será presurizado para tener un tiempo de respuesta corto y detectar rápidamente la existencia de fugas y obstrucciones en las tuberías.

La terminal de almacenamiento, contará con el mínimo personal entre administrativo y operarios enunciado a continuación: administrador, contador, secretaria, Técnico de mantenimiento, 2 Operarios

El personal descrito anterior, será el único que actúe inmediatamente en caso de incendio, por lo tanto, dicho personal será entrenado por el cuerpo de Bomberos para la asistencia inmediata.

La terminal ubicada en Km 4 ½ de la vía Manta - Rocafuerte, Parroquia Manta, Cantón Manta, Provincia Manabí tiene los siguientes retiros hacia las zonas de riesgo:

- Frontal : linda con la carretera y tiene 22 metros
- Lateral izquierdo: Linda con otra propiedad y tiene 12.50 metros
- Lateral derecho: Linda con lote desocupado perteneciente a la misma terminal y tiene 27.5 metros
- Posterior: Linda con otra propiedad y tiene 25 metros.

El sistema contra incendios abarcará todos los equipos y edificaciones de la terminal teniendo:

- 2 toma de agua para los tanques de la primera etapa.
- 2 toma de agua para los tanques de la segunda etapa.
- 1 toma de agua para la Isla de Carga.
- 1 toma de agua para la Isla de Descarga.
- 1 toma de agua para el Edificio administrativo, cuarto de Control y Sala de Bombas de Combustible

En el Anexo A, plano No 17/24 se encuentra detallado el sistema de agua contra incendio de la terminal.

4.4.2.2 Sistema de Bombeo de agua

CAPACIDAD

Se dispondrá de una bomba accionada por motor eléctrico que maneje presiones no menores a 50 (psi), Los motores eléctricos de bombas contra incendio estará conectada al sistema eléctrico de emergencia (generador), el cual deberá proporcionar electricidad por lo menos 1 hora, para garantizar su funcionamiento en caso de falla eléctrica.

Los cables eléctricos de alimentación al motor deberán estar protegidos de posibles puntos de incendio u otros daños y el circuito de alimentación del

sistema eléctrico de emergencia debe ser independiente del sistema eléctrico general de la instalación.

TIPOS

La característica principal que debe satisfacer las bombas centrífugas para uso contra incendios es la de presentar una curva de presión vs caudal relativamente plana, esto garantizará un nivel de presión estable para diferentes caudales de operación, facilitando la operación de varias bombas en paralelo.

Se utilizará bombas centrífugas verticales, ya que la altura de succión es negativa. Estas bombas deberán ser capaces de suministrar un 150% de su capacidad nominal a una presión nominal. A cero flujo no deberá exceder del 140% de la presión nominal, en la figura No 4.8 se muestra la curva característica de este tipo de bomba.

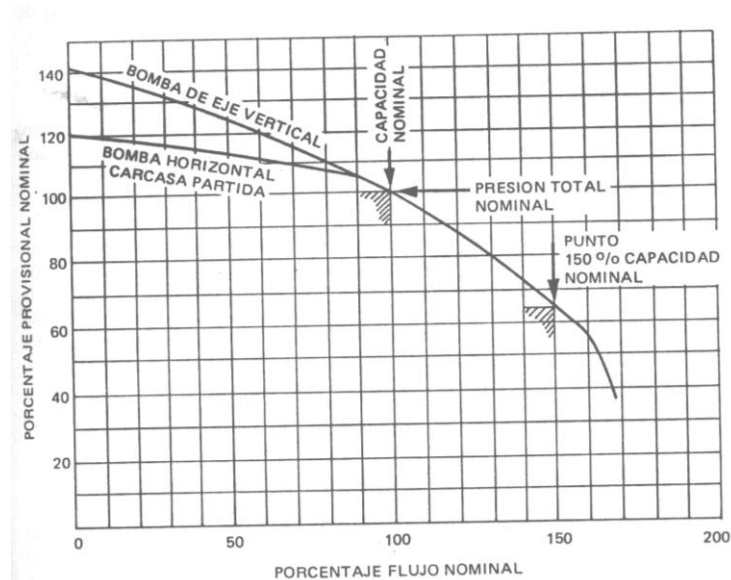


Figura No 4.9 Curvas características – Bombas Contra Incendios

La red de distribución del sistema de agua contra incendio se mantendrá presurizada con el objeto de disminuir el tiempo de respuesta en la actuación del sistema y para detectar rápidamente la existencia de fugas y obstrucciones

en la tubería. La bomba presurizada (JOKEY), deberá suministrar un caudal mínimo de 50 (GPM) a una presión de 60 - 100 (psi).

REQUERIMIENTOS DE PRESIÓN

La presión máxima de presurización deberá establecerse lo más cercana posible a la presión de operación de la bomba principal contra incendio, a fin de evitar la ocurrencia de un eventual golpe de ariete.

Se deberá disponer de una presión residual mínima de 80 (psi) en el punto hidráulicamente más desfavorable de la red principal de tuberías contra incendio, considerando individualmente la aplicación del caudal de diseño en cada sección de la instalación, esto garantiza el adecuado funcionamiento de los equipos conectados a la red. Se colocará una válvula de alivio de recirculación, esta válvula protegerá al equipo por mínimo flujo y descargará a un drenaje.

COMPONENTES DEL SISTEMA

El sistema de bombeo deberá contener los siguientes elementos.

1. Bombas contra incendio con sus motores de accionamiento.
2. Manómetros ubicados en la succión y descarga de cada bomba.
3. Válvula de alivio de recirculación.
4. Equipos auxiliares tales como: iluminación, luces de emergencia, cerca de protección, extintores portátiles de incendios.
5. Tuberías de succión, descarga y accesorios.

6. Válvula de alivio.
7. Dispositivos de medición de flujo, para pruebas de las bombas con capacidad para medir un flujo de agua no menor a 175% de la capacidad nominal de la bomba contra incendio, serán instalados en la línea de prueba de la bomba, podrán tener carácter portátil, asegurándose de que dicha línea tenga las provisiones para su instalación y operación.
8. Las bombas deberán estar dentro de una caseta hecha de material no combustible y el piso deberá tener la pendiente necesaria para alejar cualquier derrame de la base de la bomba.

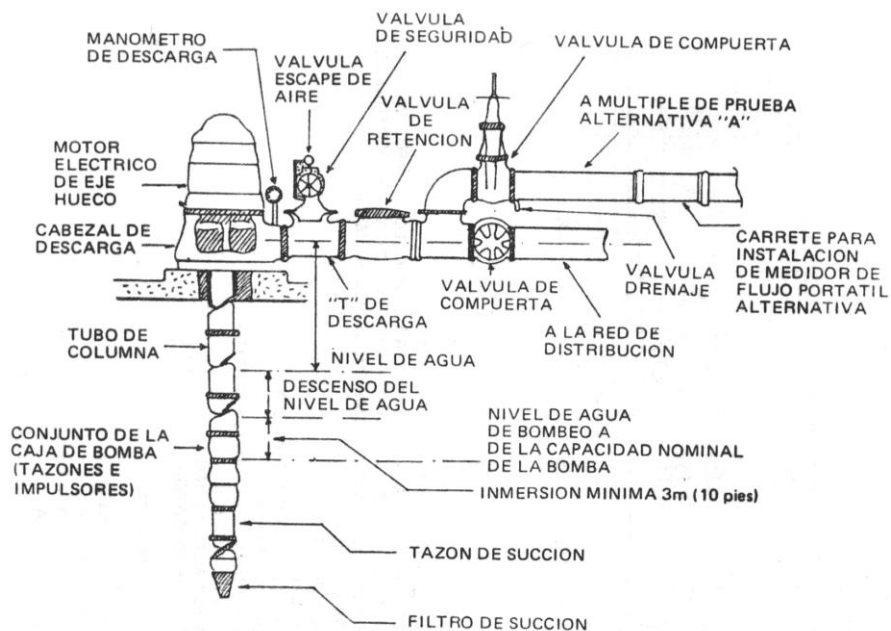


Figura No 4.10 Bomba centrífuga vertical accionada por Motor eléctrico

SISTEMA DE ARRANQUE Y PARADA

El arranque de la bomba será accionado desde el cuarto de control, mediante luces que indiquen bomba en operación y bomba parada. Tendrá dos arranques, el arranque manual remoto, ubicado en el cuarto de control, y el arranque manual local, ubicado a lado de la bomba. La parada se la realizará en forma manual local.

RED DE DISTRIBUCIÓN

El dimensionamiento de la red principal de tuberías será el resultado del cálculo hidráulico correspondiente, considerando como caudal de diseño, el requerido en la sección o bloque con mayor demanda en la instalación, en el caso de la terminal será de 250 (GPM).

La velocidad del agua en las tuberías principales de la red de distribución, no será mayor de 3 m/s (10 pie/s)

Las tuberías principales de la red no serán de diámetro inferior a 3 pulgadas (150mm), serán tendidas a nivel del terreno, convenientemente soportadas y ancladas de acuerdo a normas aprobadas de ingeniería.

Las tuberías principales se enterrarán únicamente en puntos críticos tales como cruces con carreteras o vías de acceso.

La máxima presión admisible en cualquier punto de la red no será mayor de 150 (psi), en este sentido se utilizará válvulas de recirculación o de alivio de descarga de la bomba, que impidan la sobre presurización del sistema en caso de bajo caudal.

Las tuberías serán de bajo carbono, según ASTM A 53 Gr. B, A 106 Gr. B, o API 5L Gr. B, Sch. 40 como mínimo.

En la red de agua contra incendio, se instalará el número suficiente de válvulas de seccionamiento estratégicamente ubicadas, de manera tal que puedan aislarse los diversos tramos en cada lazo de la red, para reparaciones y/o realización de trabajos de ampliación y mantenimiento, se instalarán estas válvulas en las intersecciones y puntos intermedios de lasos muy extensos.

4.4.3 Diseño del sistema de Tubería de Agua Contra Incendios

Para el diseño del sistema de tubería de agua contra Incendios, se procede a dibujar la línea de distribución del agua, que abarca a todos los componentes de la terminal, El plano en donde constan las longitudes, accesorios niveles y diámetros está en el Anexo A, Plano No 17/24

Para mayor detalle sobre el diseño del sistema de tubería de Agua Contra Incendios, referirse al Anexo E

4.4.3.1. Cálculo de las pérdidas en la línea de Agua Contra Incendios

CONSIDERACIONES PARA EL CÁLCULO:

1. Se considerará que solamente ocurrirá un incendio mayor al mismo tiempo en la terminal de almacenamiento
2. La línea de tubería recta será unida mediante bridas(La línea de descarga de la bomba tendrá un diámetro mínimo de 6 pulgadas

ANÁLISIS DE PÉRDIDAS EN TUBERÍA Y ACCESORIOS

- a) Longitud de cálculo de la tubería.-** Esta longitud es la distancia crítica, donde se calcularán las mayores pérdidas hidráulicas, va desde la caseta de bombas contra incendio hasta las dos tomas de agua que combatirán el incendio en los tanques de la segunda etapa
- b) Accesorios.-** Los accesorios y cantidad que intervienen en el cálculo son los listados a continuación

Tabla No 4.65. Accesorios que intervienen en el Cálculo – Línea Agua
Contra Incendios

ACCESORIO	CANTIDAD
Codos 90°	10
Tes	6
Válvula de Compuerta	7
Válvulas Check	1

Para el análisis de pérdidas se ha dividido a la línea de descarga en cuatro tramos.

- 0-1: Desde la válvula de pie colocada al inicio de la succión de la bomba, dentro de la piscina contra incendio hasta la entrada a la bomba (el diámetro interno de la tubería es de 4 pulgadas, el caudal es de 250 GPM))
- 1-2: Desde la Salida de la bomba hasta la Tee que ramifica la tubería hacia la toma de agua frontal y posterior de los tanques de la segunda etapa (el diámetro interno de la tubería es de 3 pulgadas, el caudal es de 250 GPM)
- 2-3: Desde la Tee mencionada anteriormente hasta la primera toma de agua colocada en la parte frontal del los tanques de la segunda etapa (el diámetro interno de la tubería es de 3 pulgadas el caudal es de 125 GPM)
- 3-4: Desde la Tee mencionada anteriormente hasta la segunda toma de agua colocada en la parte posterior del los tanques de la segunda etapa (el diámetro interno de la tubería es de 3 pulgadas el caudal es de 125 GPM)

En el Anexo E, se encuentra detallada la corrida del programa para perdidas en tuberías y accesorios en la línea de Agua Contra Incendios. Los resultados del análisis son los presentados a continuación

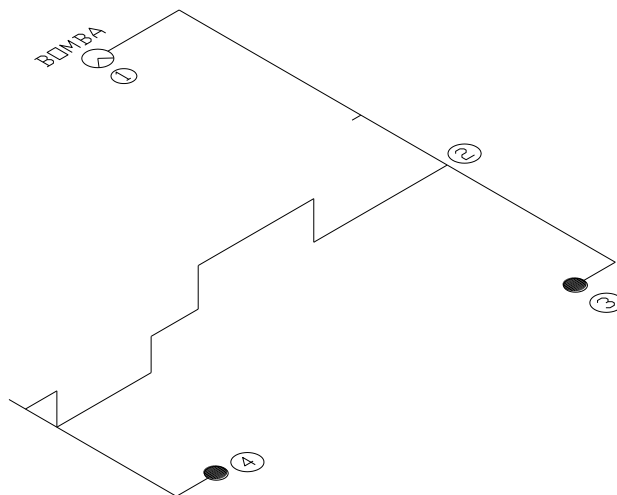


Grafico No 4.33 Línea de tubería Contra incendio hacia los puntos más lejanos.

Tabla No. 4.66. Pérdidas de carga en línea de Agua Contra Incendios

Análisis de Pérdidas (m)					
Tramos	Diámetro nominal tubería (plg)	Caudal (GPM)	Pérdidas en tubería	Pérdidas en accesorios	Pérdidas de carga en tramos
0 – 1	4	250	0.114	2.356	2.470
1 – 2	3	250	7.945	3.613	11.558
2 – 3	3	125	0.482	0.148	0.630
3 – 4	3	125	2.144	1.383	3.528
Pérdidas totales de carga (hf)					20.00

4.4.3.2. Balances de energía – Cálculo de Presiones internas

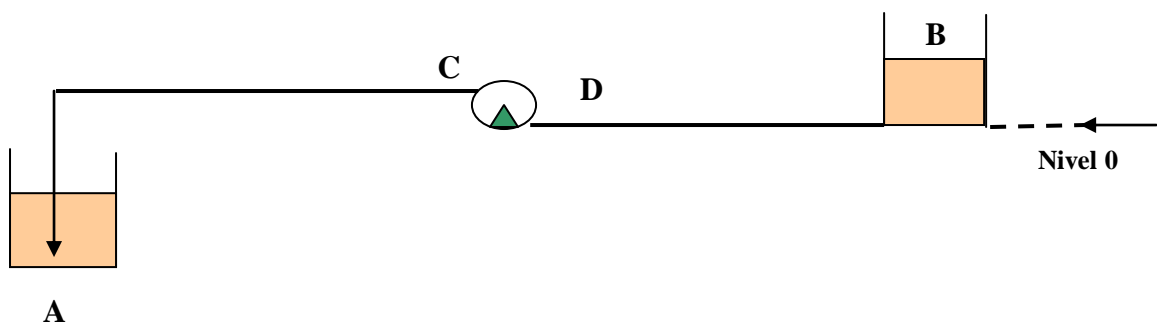


Gráfico No. 4.34. Esquema Balance de energías - Línea Agua Contra Incendios

1. Al realizar el balance entre los puntos A y B, se encuentra la altura de presión de la bomba.
2. Analizando entre el punto C y B se encuentra la presión en C que viene a ser la presión interna de la tubería en la succión de la bomba (diámetro nominal de la tubería $d = 4$ plg.)
3. Analizando entre el punto C y D se encuentra la presión en D que viene a ser la presión interna de la tubería en la descarga de la bomba (diámetro nominal de la tubería $d = 3$ plg.)
4. Para encontrar la potencia de la bomba se utiliza la siguiente expresión

$$P = h_A \times \gamma \times Q,$$

Los resultados del balance de energía son los encontrados a continuación.

Tabla No 4.67. Balance de Energías en línea de Agua Contra Incendios

Balance de Energía – Resultados						
Caudal Bomba Q (GPM)	Peso específico γ (Kgf/m ³)	Altura de Presión de la Bomba h_A (m)	Presión Interna manométrica, succión de la bomba (Psi)	Presión Interna manométrica, descarga de la bomba (Psi)	Potencia de la Bomba P (HP)	Potencia del motor eléctrico P_M (HP)
250	1000	20.51	-7.1	21.5	5.67	5.8

Con los valores de presiones internas manométricas tanto en la succión (diámetro nominal 4") como en la descarga (diámetro nominal 3"), se encuentran las presiones internas absolutas.

Tabla No. 4.68. Presiones internas absolutas en la tubería de Agua Contra Incendios

Diámetro nominal (plg)	Presión interna (psi)
4	7.9
3	36.5

4.4.3.3. Selección de materiales de tuberías y accesorios

Tabla No. 4.69. Materiales Tubería y Accesorios, Línea Agua Contra Incendios

Materiales Tubería y Accesorios	
Tubería	Válvulas y Accesorios
ASTM A106	ASTM A105

Para ver las especificaciones de los materiales seleccionados referirse a las tablas No 4.26 (Material tubería) y 4.27 (Material válvulas y accesorios)

4.4.3.4. Espesores de la pared de la tubería

En el subtema 4.2.2.4 se describe las formulas utilizadas para el cálculo del espesor de la pared de la tubería, los resultados son los mostrados en la tabla 4.70. Con los espesores encontrados se escoge la tubería que cumpla con el requerimiento mínimo de espesor.

La tubería seleccionada es la misma que para la línea de carga de Combustible, para ver las especificaciones de la tubería seleccionada referirse a la tabla No 4.29

Tabla No 4.70. Espesores mínimos tubería – Línea Agua Contra Incendios

Espesor mínimo de la pared de la tubería							
diámetro nominal tubería (plg)	Presión interna de diseño P (psi)	Diámetro externo tubería De (plg)	Esfuerzo Básico admisible del material S (Psi)	Factor de Calidad E	Espesor a presión de diseño t (plg)	Factor de corrosión C	Espesor mínimo de la pared de la tubería t_m (plg)
3	36.5	3.5	15000	1	0.00426	0.08	0.08426
4	7.9	4.5	15000	1	0.00119	0.08	0.08119

4.4.3.5. Selección de válvulas y accesorios

VALVULAS

Tabla No 4.71. Válvulas en la línea de Agua Contra Incendios

Tipo de Válvula	Diámetro (in)	Cantidad
De Compuerta	3	13
	4	1
De pie	4	1

Las especificaciones de las válvulas son las mismas que para la línea de Carga de combustible, referirse a la tabla No 4.31

BRIDAS – UNIÓN DE TUBERÍAS

Tabla No. 4.72. Bridas línea Agua Contra Incendios

Diámetro nominal brida (plg)	Cantidad
3	130
4	4

Las especificaciones de las bridas son las mismas que para la línea de Carga de combustible, referirse a la tabla No 4.33.

ACCESORIOS

Tabla No. 4.73. Accesorios en la línea de Agua Contra Incendios

Tipo de Accesorio	Diámetro (plg)	Cantidad
Codo 90°	3	18
	4	1
Tees	3	6

Las especificaciones de los accesorios son las mismas que para la línea de Carga de combustible, referirse a la tabla No 4.35.

Debido a que la presión máxima que se alcanza en el sistema de Agua contra incendio no sobrepasa el valor de presión máxima del sistema de Carga de combustible, no se analizará los esfuerzos producidos en la tubería

4.4.3.6. Selección del Equipo de Agua contra Incendios

En el mercado existen equipos especiales Contra incendios, los cuales constan de los siguientes elementos principalmente:

1. Bomba principal Contra Incendio accionada por motor eléctrico
2. Bomba Jockey accionada por Motor eléctrico.
3. Bomba Contra incendios accionada por Motor Diesel (si se requiere)
4. Controles para Bomba Principal
5. Controles para Bomba Jockey
6. Controles para Bomba Motor Diesel.
7. Accesorios y controladores.

La selección del equipo contra incendio se la realiza de los catálogos de Bombas Ideal, esta empresa fabrica equipos especiales Contra Incendios en base a las normas UNE, CEPREVEN, NFPA, entre otras, garantizando un completo control del sistema Contra Incendios, una rápida respuesta y equipos de calidad.

En la figura a continuación se esquematiza las partes principales de un equipo completo Contra Incendio:

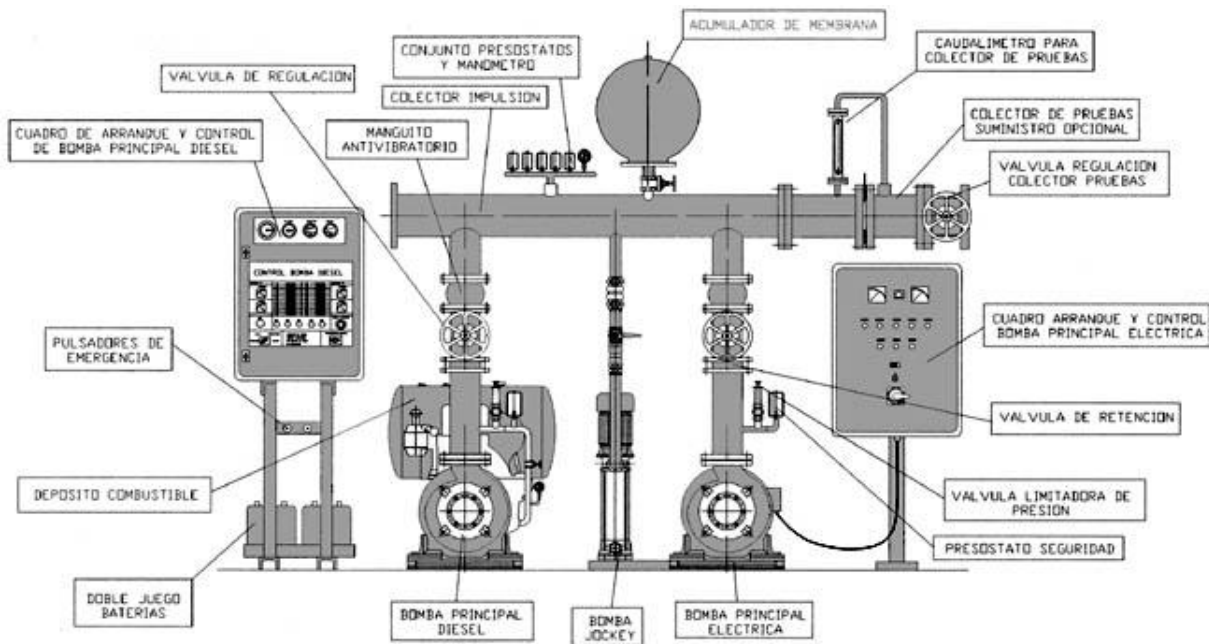


Figura No 4.11. Partes Equipo Contra Incendio

www.bombas-ideal.com

Tabla No. 4.74. Requerimientos Sistema – Agua Contra Incendios

Caudal Q GPM (m ³ /h)	Altura de presión H _A (m)	Potencia requerida P (HP)	Presión succión (Psi m)	Presión Descarga (Psi m)
250 (57)	20.51	5.67	-7.1	21.5

Según el catálogo de Equipos Contra Incendio de la marca IDEAL, Catalogo D2 Anexo Del equipo UNE – CEPREVEN seleccionado tiene las siguientes características:

Tabla No. 4.75. Especificaciones Técnicas Equipo Contra Incendios

Tipo	Potencia HP	Caudal m ³ /h	HMT	Bomba Jockey	Potencia HP	L
FOC 50-20	20	60	50	VIP 66	2	25

El equipo FOC 50-20 viene en dos presentaciones:

- a) Equipo de Bomba accionada por motor eléctrico + Bomba Accionada por motor Diesel + Bomba Jockey
- b) Equipo de Bomba accionado por Motor eléctrico + Bomba Jockey.

Debido a las condiciones de la terminal se selecciona el equipo completo (Bomba eléctrica, Bomba a Diesel y Bomba Jockey), las medidas generales del equipo Contra Incendio son las siguientes:

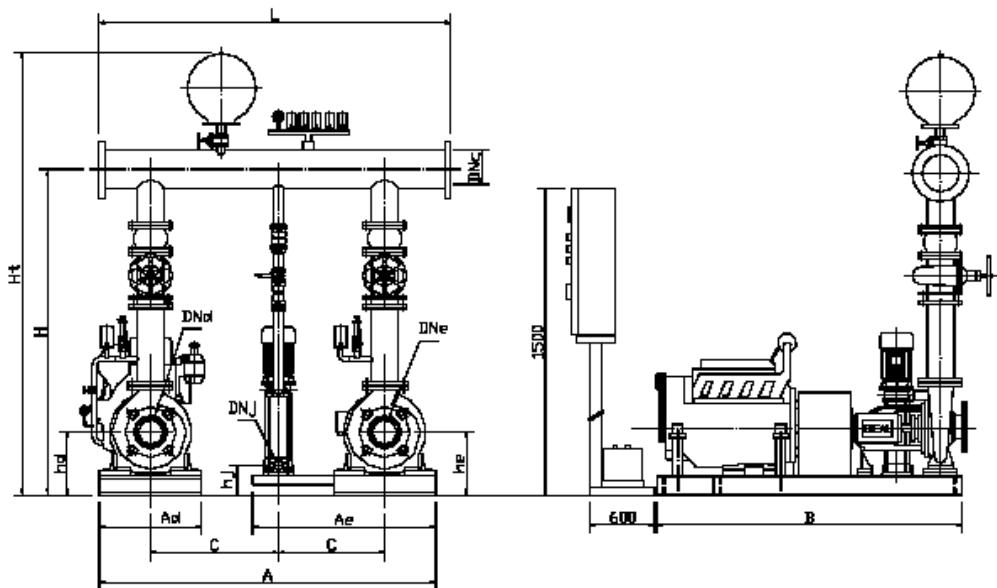


Tabla No 4.76 Dimensiones equipo Contra Incendios

Medidas en mm																
		Eléctrica + Diesel + Jockey						Bridas			Brida PN10					
Modelo	P (HP)	A	Ad	Ae	C	B	L	H	Ht	hd	hi	He	DNc	DNd	DNi	DNe
50 - 20	20	1250	400	710	440	1140	1320	1133	1658	258	110	258	Ø100	Ø65	1½"	Ø65

Por lo tanto las medidas generales del equipo contra incendio son:

Tabla No 4.77. Medidas Generales Equipo Contra Incendio

Medidas en mm	
Longitud frontal	1320
Longitud posterior	1740
Altura	1685

Cubierta Equipo Contra Incendio

El equipo Contra Incendio estará dentro de una cubierta metálica, la cual proveerá protección contra los factores climáticos y operacionales de las bombas.

Las dimensiones de la cubierta garantizan un adecuado manejo del equipo contra incendio, sus medidas están en base a las dimensiones generales del equipo detalladas en la tabla No 4.77.

El análisis de la cubierta, ha sido realizado utilizando el programa de análisis estructural SAP2000 Plus.

Análisis de la Cubierta de Sala de Bombas Contra Incendios

El detalle de las formulas a emplearse, el análisis estático y el diseño estructural hecho en el programa SAP2000 Plus se encuentran en el "Anexo B"

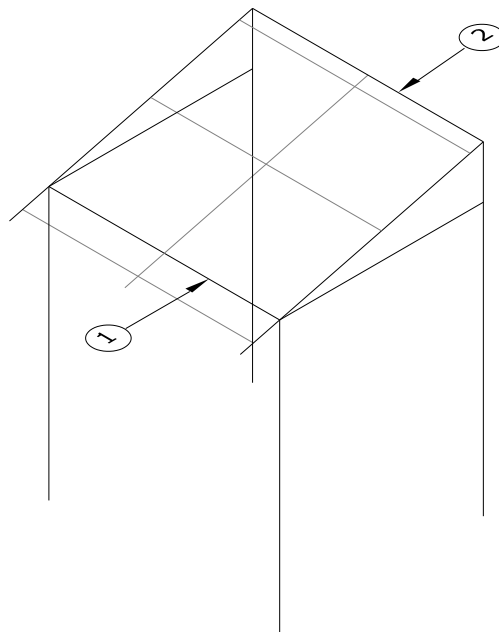


Grafico No 4.35. Cubierta Bombas Agua Contra Incendio

El plano de diseño de la cubierta para la Sala de bombas Contra Incendio está detallado en el Anexo No A plano No 10/24, su análisis es en base al siguiente esquema:

El diagrama de fuerzas que actúan sobre la cubierta es el siguiente:

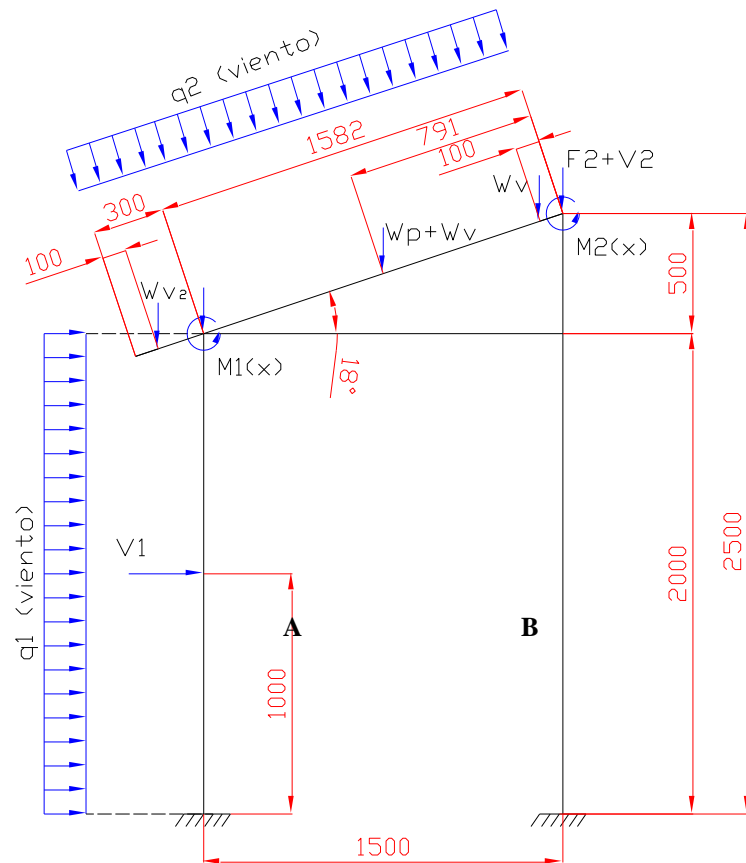


Grafico No 4.36. Fuerzas actuantes en Cubierta Bomba Contra Incendios

Las Fuerzas que actúan son las siguientes:

$$q_1 = p \times d \left(\frac{lb}{ft} \right)$$

$$p = 20 \left(\frac{lb}{ft^2} \right)$$

$d =$ Distancia entre columnas donde se aplica la carga(ft)

$$d = 5.58(ft)$$

$$q_1 = (20)(5.58) = 111.6 \left(\frac{lb}{ft} \right)$$

$$q_2 = p \frac{2 \operatorname{sen} \theta}{1 + \operatorname{sen}^2 \theta} \times L \left(\frac{\text{lb}}{\text{ft}} \right)$$

$$\theta = 18^\circ$$

$L = \text{Longitud de la cubierta (ft)}$

$$L = 5.58(\text{ft})$$

$$q_2 = 20 \times \frac{2 \operatorname{sen}(18^\circ)}{1 + \operatorname{sen}(18^\circ)^2} \times 5.58$$

$$q_2 = 63 \left(\frac{\text{lb}}{\text{ft}} \right)$$

$$V_i = \frac{ZIC}{R\phi_P\phi_E} W$$

Los valores de Z, I, C, R, ϕ_P y ϕ_E son los mismos encontrados para Cubierta Bombas Diesel, por los tanto:

$$\frac{ZIC}{R\phi_P\phi_E} = \frac{0.35 \times 1.0 \times 1.53}{8 \times 1.0 \times 1.0} = 0.06694$$

Para las cargas muertas se asume el peso de dos perfil G100x50x15x3 para las columnas y la viga, el peso de un perfil G 100x50x15x3 para las correas

$$W_{\text{perfiles}}(G100 \times 50 \times 15 \times 3)/L \approx 3.5 \left(\frac{\text{lb}}{\text{ft}} \right)$$

$$L_{(G100 \times 50 \times 15 \times 3)} \approx 35(\text{ft})$$

$$W_{\text{perfiles}}(G100 \times 50 \times 15 \times 3)_{\text{TOTALES}} = 3.5 \times 35 = 122.5(\text{Lb})$$

$$W_{\text{perfiles}} 2 \times (G100 \times 50 \times 15 \times 3)/L \approx 7 \left(\frac{\text{lb}}{\text{ft}} \right)$$

$$L_{2 \times (G100 \times 50 \times 15 \times 3)} \approx 51(\text{ft})$$

$$W_{\text{perfiles}} 2 \times (G100 \times 50 \times 15 \times 3)_{\text{TOTALES}} = 7 \times 51 = 357(\text{Lb})$$

$$W_{\text{Cubierta}} \approx 40(\text{lb})$$

$$W = W_{\text{perfiles}}(G100 \times 50 \times 15 \times 3)_{\text{TOTALES}} + W_{\text{perfiles}} 2 \times (G100 \times 50 \times 15 \times 3)_{\text{TOTALES}} + W_{\text{Cubierta}}$$

$$W = 520(\text{lb})$$

$$V_i = (0.06694)(520)$$

$$V_i = 34.8(\text{lb})$$

$$V_2 = F_i + \sum_{i=1}^n F_i$$

$$F_i = 0.07 T V$$

$$F_i = 0$$

$$F_i = 0.07 \times 1.5 \times 34.8$$

$$F_t = 3.7(lb)$$

$$V_2 = 3.7(lb)$$

F_1 y $M_{1(x)}$ = Carga y Momento debido al peso de la viga No 1.

F_2 y $M_{2(x)}$ = Carga y Momento debido al peso de la viga No 2.

W_p = Carga Viva debido al peso de hombre (personal que coloca la cubierta

W_v = Carga Muerta debido al peso de las correas

W_{v2} = Carga Muerta debido al peso de las correas + peso del porta canaleta

Se aplicarán cargas muertas debido al peso propio de la estructura. Los valores de las cargas que actúan en la cubierta son los siguientes:

$$F1 = F2 = F3 = 59.46 (lb)$$

$$M1_x = M2_x = M3_x = 487.74 (lb \times ft)$$

$$Wp1 = Wp2 = 165 (lb)$$

$$q1 = 164 (lb / ft)$$

$$q2 = 104 (lb / ft)$$

$$V1 = 34.8(lb)$$

$$V2 = 3.7(lb)$$

$$W_v = 16.5(lb)$$

$$W_{v2} = 21(lb)$$

El pórtico se ingresa en el programa SAP 2000, aquí se analiza la estructura estáticamente y se diseña estructuralmente. La convención de signos es la utilizada según el Gráfico No 2.9, los resultados son los siguientes:

Resultados del análisis estático del pórtico:

Las reacciones en el apoyo **A** son las siguientes:

$$\begin{aligned}
 A_x &= -282.91 \text{ (Kgf)} & M_{A(X)} &= -34481.7 \text{ (Kgf} \times \text{mm)} \\
 A_y &= 0 \text{ (Kgf)} & M_{A(Y)} &= -177435.7 \text{ (Kgf} \times \text{mm)} \\
 A_z &= 81.894 \text{ (Kgf)} & M_{A(Z)} &= 119.615 \text{ (Kgf} \times \text{mm)}
 \end{aligned}$$

Las reacciones en el apoyo **B** son las siguientes:

$$\begin{aligned}
 B_x &= -119.91 \text{ (Kgf)} & M_{B(X)} &= -34369.3 \text{ (Kgf} \times \text{mm)} \\
 B_y &= 0 \text{ (Kgf)} & M_{B(Y)} &= -126448.2 \text{ (Kgf} \times \text{mm)} \\
 B_z &= 269.45 \text{ (Kgf)} & M_{B(Z)} &= -241.85 \text{ (Kgf} \times \text{mm)}
 \end{aligned}$$

Resultados del diseño en acero del pórtico

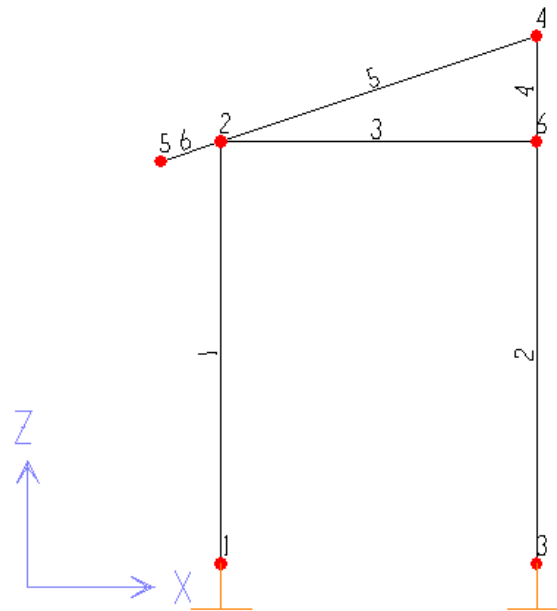


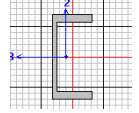
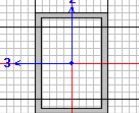
Figura No 4.12. Numeración de elementos de estructura Bombas C.I.

Tabla No 4.78. Tabla de resultados – Cubierta Bombas C.I.

Elemento	Tipo perfil	Combinación de cargas	Localidad donde actúa el mayor radio (mm)	Radio de esfuerzos
1	Q 80x80x3	Viva, Muerta, -Viento	0.00	0.428 (C)
2	Q 80x80x3	Viva, Muerta, Viento	0.00	0.340 (C)
3	Q 80x80x3	Viva, Muerta, Viento	0.00	0.145 (C)
4	Q 80x80x3	Viva, Muerta, -Viento	0.00	0.188 (T)
5	U 80X40X3	Viva, Muerta, Viento	1581.14	0.726 (T)
6	U 80X40X3	Muerta, Viento	0.00	0.115 (T)

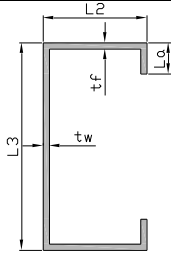
Al analizar estos resultados, con los perfiles seleccionados en el programa SAP2000, la cubierta cumple con el diseño en acero,

Tabla No 4.79. Perfiles SAP2000 - Cubierta Bombas Diesel

PERFIL	Longitud alma t3 (mm)	Longitud ala t2 (mm)	Espesor alma tf (mm)	Espesor ala tw (mm)	Esquema
U 80x40x3	80.0	40.0	3.0	3.0	
Q 80x80x3	80.0	80.0	3.0	3.0	

A continuación se verifican los perfiles del programa con los que existen en el mercado, la tabla siguiente detalla las especificaciones de los perfiles a utilizarse para la construcción de la Cubierta Bombas Diesel,

Tabla No 4.80. Especificaciones de perfiles para Cubierta Bomba C.I.

PERFIL	Longitud alma L3 (mm)	Longitud ala L2 (mm)	Longitud viñeta La (mm)	Espesor alma tf (mm)	Espesor ala tw (mm)	Esquema
G 80x40x15x3mm	80.	40.	15.	3.	3.	

1. El perfil seleccionado por el programa SAP2000 Plus tipo tubo cuadrado: Q 80x80x3 será reemplazado por dos perfiles G soldados en sus extremos: **G 80x40x15x3mm**
2. El perfil seleccionado por el programa SAP2000 Plus tipo Canal: U 80x40x3 será reemplazado por un perfil **G 80x40x15x3mm.**

Sistema de Tubería de Drenaje

El sistema de tuberías de drenaje, sirve para evitar la contaminación y la propagación de incendios que pueden originarse como consecuencia del derrame de líquidos combustibles (Diesel),

El diseño del sistema de drenaje corresponde a un estudio civil pero se dará los lineamientos y requerimientos mínimos para un adecuado sistema de drenaje en base a la norma de Petroecuador SH – 023.

4.4.5.1 Generalidades

El sistema de drenaje está dividido en dos tipos, el tratamiento de estos dos tipos de aguas se lo realizará por separado y son:

1. Aguas no contaminadas con hidrocarburos.
2. Aguas contaminadas con hidrocarburos.

Sistema de drenaje de aguas no contaminadas con hidrocarburos:

Se considera dentro de esta clasificación el agua lluvia y el agua contra incendios sobre áreas tales como:

- Áreas verdes no desarrolladas.
- Vías de circulación perimetral.
- Estacionamiento de vehículos.
- Techos de edificios.
- Áreas externas a los muros de contención en patios de tanques.
- Otras áreas donde no sea previsible la presencia de derrames de hidrocarburos.

El drenaje de esta agua, se llevará a cabo mediante canales abiertos con pendiente adecuada que descarguen a sumideros.

Sistema de drenaje de aguas contaminadas con hidrocarburos:

A este sistema irán las aguas lluvia y contra incendio proveniente de áreas normalmente contaminadas con hidrocarburos, así como los derrames producidos en áreas donde se manejen estos productos, algunas de estas áreas son:

- Islas de carga y descarga
- Patios de bombas de transferencia de combustible.
- Áreas internas a los muros de contención de tanques de almacenamiento.
- Otras áreas con equipos que manejen hidrocarburos.

El drenaje de estos efluentes se efectuará a través de tuberías subterráneas en una red diseñada para que el flujo se realice por gravedad.

La tubería principal de drenaje de un área en particular deberá ser tendida en sus límites, para que los efluentes no pasen por otras áreas y deberá estar conectada a un separador.

En cada área servida por este sistema, deberán existir sumideros capaces de evacuar el agua contra incendio y el agua de lluvia evitando inundaciones.

La capa mínima de tierra que deberá existir sobre el nivel superior de cualquier tubería principal, lateral o sub lateral será de 0.60 metros.

La impermeabilidad de los sistemas de drenaje es indispensable a fin de evitar fugas que pueden desprender hidrocarburos y otros contaminantes.

4.4.5.2 Componentes básicos de los Sistemas de Drenaje.

Sumideros.- Es un recolector de los líquidos que puedan existir sobre la superficie del terreno y de los efluentes de los equipo de proceso, también permite retener los sedimentos evitando obstrucciones en el sistema de drenaje

Para su ubicación se deberá se deberá considerar que:

- No podrán ubicarse debajo de equipos, escaleras o debajo de vías de tuberías.
- Ningún sumidero deberá estar conectado directamente debajo de otro sumidero.

Tubería Sub lateral de Drenaje.- Es la tubería a la cual se conectan los sumideros, la cual descarga a una tubería lateral de drenaje.

Tubería Lateral de Drenaje.- Es la tubería que recolecta los efluentes provenientes de dos o más tuberías sub. laterales y los descarga a una tubería principal de drenaje.

Tubería Principal de Drenaje.- Es la tubería que recolecta los efluentes de las tuberías laterales y los transporta hacia un separador o hacia una planta de tratamiento.

Canal abierto.- Es un conducto continuo, abierto en su parte superior, que descarga a un sumidero o directamente a un separador. Este canal podrá ser utilizado para drenar tanto aguas no contaminadas como las contaminadas con hidrocarburos, cuando la presencia de vapores inflamables y en consecuencia el riesgo de incendio sea muy improbable.

Sello Hidráulico.- Es un dispositivo para aislar los diversos componentes de un sistema de drenaje de aguas contaminadas con hidrocarburos, con el fin de evitar el movimiento de vapores inflamables y la eventual propagación de un incendio y/o explosión, se colocará en la descarga de cada sumidero.

Orificio de ventilación.- Es una perforación realizada sobre la tapa de la caja de revisión que permite mantener en contacto con la atmósfera el interior de la misma e impedir que su sello se dañe por un incremento de presión.

Caja de Revisión.- Se utilizan como punto de unión entre tuberías subterráneas y como trampas de sedimentos, también sirven para proveer acceso para labores de inspección y mantenimiento de las tuberías que en ellas descargan, la caja se colocará en el extremo ciego final de la tubería principal y estará hecha de concreto.

Trampa de aceite.- Es un dispositivo diseñado para retener el aceite flotante en los efluentes

Separador.- Es un dispositivo diseñado para eliminar pequeños glóbulos de aceite que se encuentran en suspensión en los efluentes, esta separación generalmente se realiza por gravedad, limitando la velocidad de flujo y la taza de rebosamiento.

4.4.5.3 Métodos de Conducción y Contención

En el sistema de drenaje se emplearán varios métodos para la conducción y contención de derrames y de aguas lluvia y de contra incendio, dependiendo del área y son los siguientes:

Inclinación del Piso.- Constituye el medio principal para transportar los efluentes hacia lugares seguros lejos de equipos y estructuras. La inclinación del piso será dada en todas las áreas de la terminal y no podrá ser menor que el 1%.

Muros de contención.- Los muros de contención se utilizan en las áreas de tanques de almacenamiento para contener derramas que puedan producirse del tanque y equipos asociados.

El área encerrada por los muros de contención podrán drenar por una tubería que atraviese el muro y descargar a través de un sistema cerrado de drenaje, se deberá instalar una válvula de tipo vástago ascendente en el extremo inferior de la tubería de drenaje fuera del muro, a fin de controlar la salida de efluentes.

Canales abiertos.- Se utilizará para remover y conducir en forma rápida y efectiva las aguas de contra incendio y de lluvia, este método se utilizará en las áreas donde no se maneje Diesel, tales como: Edificio administrativo, cuarto de control, Piscina y Bomba contra incendios, Parqueaderos y vías de acceso internas; desembocarán directamente en un sumidero

Red de tuberías subterráneas.- La red de tuberías subterráneas (sub. laterales, laterales y principal) se utilizará en las siguientes áreas: Tanques de almacenamiento, Sala de Bombas de combustible, Islas de Carga y Descarga; desembocarán a una caja de revisión.

4.4.5.4 Requerimientos de diseño

SUMIDERO

1. Sus dimensiones internas mínimas serán de 0.60 x 0.60 metros de lado, el fondo del sumidero deberá estar a 0.30 metro, mínimo por debajo de

la tubería de descarga y se asentará sobre una base de cimentación de acuerdo al tipo de suelo sobre el que se construirá.

2. Los drenajes individuales o múltiples por tuberías que descargan a un sumidero, lo harán sumergiendo la boca de salida un mínimo de 0.15 metros por debajo del nivel de agua de este.
3. El sumidero deberá contar con un sello hidráulico en la descarga hacia el alcantarillado público.
4. La cubierta del sumidero, deberá situarse al nivel de los puntos bajos del suelo.

TUBERIAS DE DRENAJE

1. El diámetro interno nominal no será menor a 0.15 metros (6 plg).
2. El material de su construcción podrá ser de acero al carbono, hierro colado o concreto. Su elección se hará tomando en cuenta factores tales como: cargas estáticas y dinámicas, corrosión del terreno y características y propiedades de los efluentes.
3. Si existiese intersección con otras tuberías de drenaje (entre tuberías sub.laterales y laterales), se hará a través de conexiones tipo Y o en cajas de revisión. Las tuberías se instalarán preferiblemente en línea recta. Cuando hayan cambios en la dirección del tendido de las tuberías se usarán codos de 45° máximo o en cajas de revisión
4. Las tuberías subterráneas de drenaje se utilizarán en las áreas de: Tanques de almacenamiento, cuarto de bombas de combustible e Isla de Carga y Descarga.

5. El área de tanques de almacenamiento y bombas de combustible descargarán en un mismo separador de grasas antes de evacuar el agua al alcantarillado general de la terminal.
6. La isla de carga y descarga tendrá su propio separador de grasas antes de evacuar el agua al alcantarillado de la terminal.

CANALES ABIERTOS

1. Deberán construirse de concreto armado, asentados sobre una base apropiada al tipo de suelo sobre el que se construirán.
2. Las dimensiones del canal se establecerán en base a un cálculo hidráulico, en ningún caso su profundidad será mayor que su ancho.
3. El piso del canal abierto deberá tener una pendiente mínima del 1% hacia el sumidero.

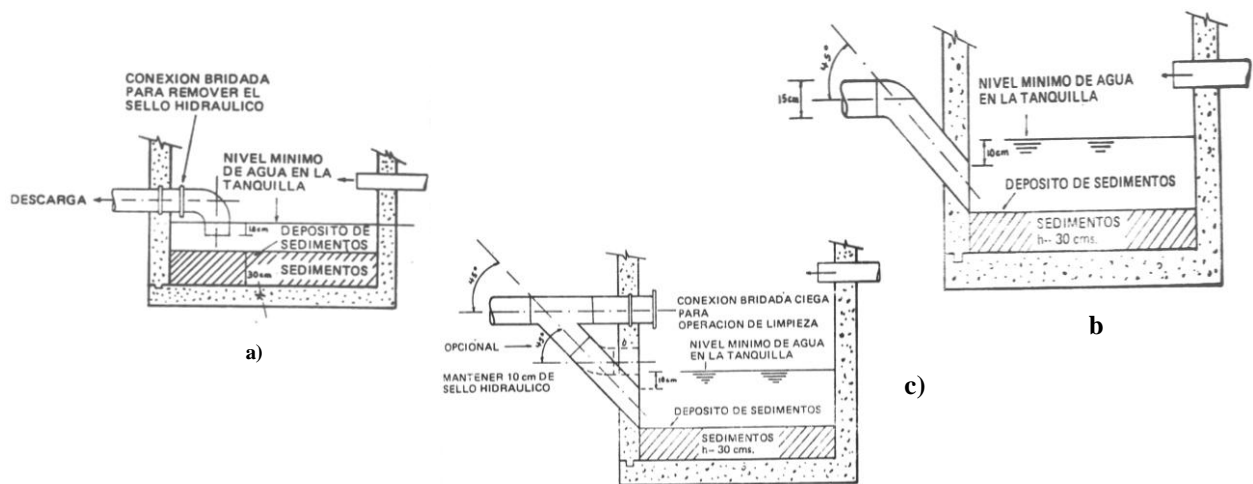
CAJA DE REVISIÓN

1. Su dimensionamiento deberá permitir la entrada de personal para labores de mantenimiento.
2. Se construirá de concreto armado. La losa superior, deberá diseñarse de forma tal que pueda ser removida para permitir las labores de mantenimiento. Esta losa deberá colocarse a nivel del piso en áreas pavimentadas y como mínimo a 50 mm. de altura sobre las áreas sin pavimentar.
3. El punto de descarga de la caja de revisión deberá estar a un nivel inferior al tramo más bajo de la tubería que conduzca efluentes a ella.

SELLO HIDRÁULICO

1. El sello hidráulico permitirá mantener las condiciones de máximo y mínimo caudal. La altura del sello será de 0.15 metros como mínimo.

En los gráficos siguientes se muestran detalles de caja de revisión provista por sellos hidráulicos



a) arreglo simple, b)Arreglo a 45°, c)Arreglo a 45° con conexión para limpieza

Figura No 4.13. Caja de revisión provista por sello hidráulico - Detalle

MUROS DE CONTENCIÓN

1. El área alrededor del tanque, deberá tener una pendiente mínima de 1% hacia los muros de contención, ser llana y libre de obstáculos, esta pendiente se extenderá hasta la base del muro.
2. Las tuberías que pasen a través de los muros de contención deberán diseñarse para prevenir los esfuerzos excesivos ocasionados por un incendio o por un asentamiento el terreno.

3. Las válvulas de drenaje del área de contención de los tanques, deberán colocarse fuera del área protegida por los muros.
4. El tipo de cimentación obedecerá a un estudio previo del suelo sobre el cual se lo construirá.

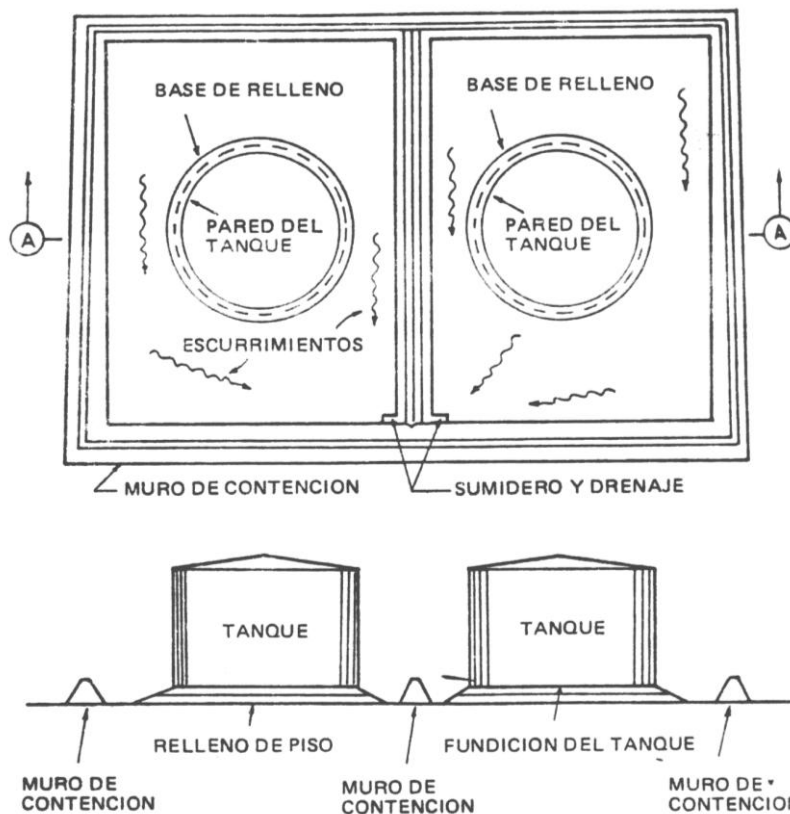


Figura No 4.14. Áreas de tanques con muros de contención - Detalles

4.5 Análisis de expansión de las líneas de tuberías.

Se calcula la expansión de la tubería debido al incremento de temperatura, en tramos muy extensos este incremento puede ocasionar falla de las uniones rígidas de la tubería (bridas y sueldas) lo que conllevaría a rupturas de las mismas y fugas posteriores.

Para el cálculo de la expansión de la tubería se utiliza la fórmula de dilatación por radiación y es igual a:

$$\Delta l = L_o \times K \times (T_f - T_o)$$

Donde:

Δl = elongación (mm)

L_o = Longitud de la tubería(m)

K = Coeficiente de expansión lineal del material de la tubería(mm/m×°C)

T_f = Temperatura final (°C)

T_o = Temperatura inicial (°C)

El coeficiente de dilatación para el acero al carbono es de:

$$K(\text{acero}) = 0.0109 \left(\frac{\text{mm}}{^{\circ}\text{C} \times \text{m}} \right)$$

En la tabla No 4.81, se presenta la elongación de la tubería para los tramos mas largos de los distintos sistemas de tubería de la Terminal, considerando una temperatura inicial de 20°C y la final de 40°C (referirse a Anexo A, planos de los sistemas de tubería de la Terminal).

Para absorber la elongación o contracción en los sistemas de tubería por variaciones de temperatura o por movimientos lateral, angular o torsor, se utilizará juntas expansibles.

Tabla No 4.81. Elongaciones de tramos rectos de tuberías debido al incremento de Temperatura

Línea de tubería	Tramo recto	Diámetro tubería	Longitud L_o (m)	ΔL (mm)
	Isla de Carga a Bomba	4"	49.82	10.9
	Salida de la bomba	3"	21.20	4.7
Carga	Antes de Tee para tanques de primera etapa	3"	21.85	4.8
	Antes de Tee para tanques de primera etapa	3"	19.65	4.3

Tabla No 4.81. Elongaciones de tramos rectos de tuberías debido al incremento de Temperatura (continuación)

	Isla de Carga a Bomba	3"	22.7	5.0
	Salida de la bomba	4"	20.1	4.4
Descarga	Antes de Tee para tanques de primera etapa	4"	24.6	5.4
	Antes de Tee para tanques de primera etapa	4"	18.3	4.0
	Hacia Isla de Carga	3"	28.85	6.3
	Hacia isla de Descarga	3"	19.85	4.3
Contra	Luego de la toma de agua para planta administrativa	3"	29	6.3
Incendios	Antes de la toma de agua – Tanques primera etapa	3"	16.85	3.7
	Línea sobre cubeto	3"	15.35	3.3

En el sistema de interconexión entre tanques no existen longitudes muy largas por lo que no se la han considerado.

4.5.1 Juntas de expansión

Las juntas de expansión cumplen la función de compensar axialmente la dilatación o contracción lineal de tuberías expuestas a cambios de temperaturas (La dilatación lineal, no depende de la sección, solo de la temperatura).

La instalación de juntas de expansión en una tubería expuesta a cambios de temperatura, significa la liberación de la fuerza de reacción axial hacia los anclajes o puntos fijos.

El cuerpo de la junta es de un material que pueda absorber los movimientos axiales o laterales, tales como elastómeros, o aceros inoxidables de pared corrugada.

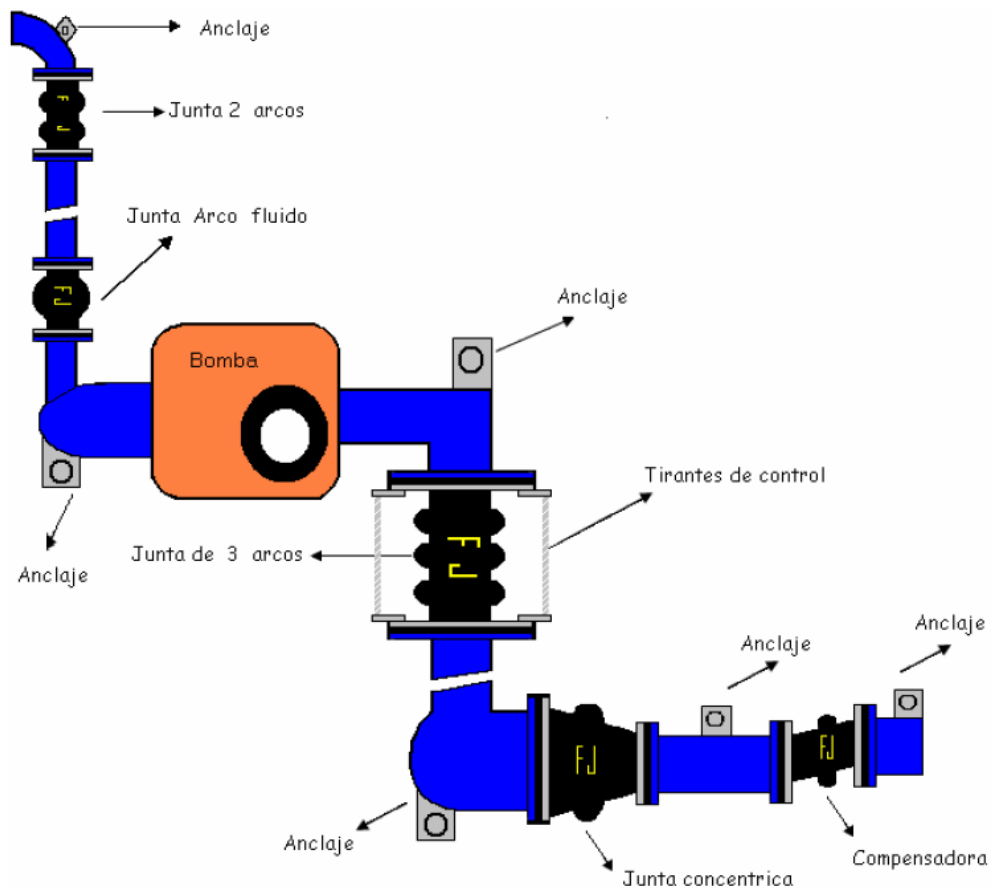


Figura No 4.15. Instalaciones comunes de juntas de expansión

Cortesía FLEXIJUNTAS, S.A de C.V

Como se muestra en la figura anterior, es imprescindible ubicar próximo a la junta de expansión, anclajes o guías en el tramo recto de la tubería, a fin de evitar el pandeo o desplazamiento lateral, ejercido por la liberación de la fuerza de reacción axial hacia los extremos de la instalación.

Las juntas de expansión pueden ser de diferentes formas, dependiendo de las características del sistema de tuberías pueden ser: de arco simple o doble, concéntrica y compensadoras.

En la tabla siguiente se muestra las especificaciones de juntas de expansión hechas en material elastómero, con bridas ANSI clase 150, según catálogo de FLEXIJUNTAS S.A.



Figura No 4.16. Junta de expansión de arco sencillo en elastómero y brida de hule

Tabla No 4.82. Especificaciones de juntas de expansión de arco sencillo

Tamaño	Código	Longitud mínima (mm)	Compresión axial (mm)	Elongación axial (mm)	Movimiento lateral (mm)	Especificaciones
3"	FJ-AS150 3"	152	11	6.5	11	Junta de arco sencillo, con brida de hule ANSI 150
4"	FJ-AS150 4"	152	11	6.5	11	

CAPÍTULO V

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS Y MATERIALES

En este capítulo se presenta de forma resumida las características técnicas de los equipos y elementos constructivos de cada una de las partes que conforman la terminal de almacenamiento. Se presentarán Características de los equipos y materiales de los siguientes elementos de la terminal de almacenamiento:

- Tanques de Almacenamiento
- Cubierta de Bombas Diesel
- Cubiertas de Bombas Contra Incendio
- Sistema de tuberías Línea de Carga de Combustible
- Sistema de tuberías Línea de Descarga de Combustible
- Sistema de tuberías Línea Interconexión entre tanques
- Sistema de tuberías Línea de Agua Contra Incendios.

5.1. Hoja de Datos para fabricación de tanques

La hoja de datos para la fabricación de tanques se la realizó según la Norma API 650, en las tablas siguientes se detallará las cargas de diseño de los tanques, los materiales, características de las diferentes partes (base, cuerpo y Techo del tanque) y características de las diferentes aperturas y anexos del tanque.

Se detallará la hoja de datos para los tanques de la primera etapa.

Fecha: -----

Realizado por: Ing. Malena Chávez

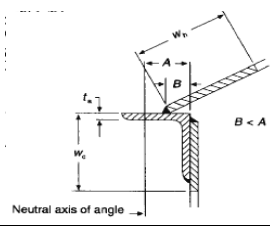
Página: 1/3

INFORMACIÓN GENERAL			
1. Nombre del fabricante			
Dirección:		Ciudad	Tlfno:
2. Construido por:		Dirección:	
3. Tanque No: TD-01, TD-02	Capacidad Nominal:	Capacidad Operativa:	
4. Rango de Bombeo	Entrante: 250 (GPM)	Saliente: 250 (GPM)	
5. Máxima temperatura de operación: 45°C			
6. Producto Almacenado: Diesel		Densidad relativa 0.846 a 35°C	
7. Factor de Corrosión	Cuerpo: 2mm	Base: 1.5 mm	
	Techo: 1.5 mm	Estructuras: ----	
8. Diseño del Cuerpo	<input checked="" type="checkbox"/> API 650	<input type="checkbox"/> Apéndice A	<input checked="" type="checkbox"/> Apéndice F
	Presión de Diseño : 3.22 KPa		
9. Diseño del techo	<input checked="" type="checkbox"/> Básico API 650	<input type="checkbox"/> Apd. C Externo Flotante	
	<input type="checkbox"/> Apd. G Domo de Aluminio	<input type="checkbox"/> Apd. H Interno Flotante	
	Junta frágil unión Techo – Cuerpo <input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No		
	Cargas vivas Uniformes : 3.75 (lb/ft ²)		
10. Diseño Sísmico	<input checked="" type="checkbox"/> Si -Apéndice E	<input type="checkbox"/> No	Zona Sísmica: III
	Factor de zona (Z): 0.35	Coeficiente de sitio: 1.5	
11. Cargas de Viento		Velocidad de Viento: 80 (Km/h)	
	Viga contra viento intermedia <input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No		
12. Restricción en las medidas	Diámetro máximo: 6.35 (m)	Altura máxima: 6.00 (m)	
13. Tipo de Fundición:	<input type="checkbox"/> sobre tierra <input checked="" type="checkbox"/> Anillo de concreto <input type="checkbox"/> Otra		
14. Observaciones:			
Los tanques son para la primera etapa del proyecto “TERMINAL DE ALMACENAMIENTO DE DIESEL”, estarán ubicados en el sector de Santa Ana, provincia de Manabí - Ecuador			

Fecha: -----

Realizado por: Ing. Malena Chávez

Página: 2/3

DETALLES CONSTRUCTIVOS		
1. Diseño: Malena Chávez		
Dirección:	Ciudad	Tlfno:
2. Construcción:		Dirección:
3. Especificación de Materiales	Cuerpo: ASTM A36M	Base: ASTM A36M
	Techo: ASTM A36M	
4. Número de anillos del cuerpo. 5 anillos		
5. Medidas de las planchas del cuerpo: 2400 x 1200 x 6 (mm)		
6. Soldadura: A tope	Vertical: Bordes rectos	Horizontal: Bordes Rectos
7. Base del tanque	Espesor plancha: 6 (mm)	Soldadura: () Solapada (x) A Tope
	Espesor de la platina de soporte: 3 mm	
	Posee Plancha anular de la base () Si (x) No	
8. Detalle de unión Techo – Cuerpo: Viga rigidizadora tipo: Perfil L 2 ½ x 2 ½ x ¼ (plg)		
9. Viga Intermedia contra viento () Si (x) No	Viga superior contra viento () Si (x) No usada como plataforma	
10. Tipo de Techo () Soportado (x) Auto soportado () Flotante		
11. Forma del Techo (x) Cono () Domo () Paraguas	Ángulo inclinación techo: 9.5°	
12. Planchas del Techo:	Espesor: 8 (mm)	Soldadura: (x) Solapada () A Tope
13. Pintura:	Cuerpo: Exterior: (x) Si () No Interior: (x) Si () No	
	Base : Bajo la Base: () Si (x) No Interior: (x) Si () No	
	Preparación de la superficie:	
14. Examinación de la soldadura	Radiografía:	
	Líquidos penetrantes (suplementaria):	
15. Planos de referencia	02/24	
16. Dimensiones del tanque	Diámetro: 6.35 (m)	Altura: 6.0 (m)
17. Fecha de edición API 650: 1998		
18. Observaciones:		

Fecha: -----

Realizado por: Ing. Malena Chávez

Página: 3/3

ACCESORIOS DEL TANQUE					
1. Escalera		Tipo : (x) Circular () Recta		Angulo con la horizontal: 38.6 °	
Plano de referencia: 12/24					
2. Manholes					
Cantidad	Ubicación	Medida nominal	Plancha de refuerzo	Plano de referencia	
1	Cuerpo	750mm (30 plg)	Ttipo Diamante	03/24	
3. Materiales y especificaciones Manhole					
Parte Manhole		Tipo	Material	Especificaciones	
Cuello		Tubular	A120 cedula 10	NPS 30, espesor pared: 7.62 mm	
Anillo Pernos		Plancha	A36	8 mm de espesor	
Tapa		Plancha	A36	11 mm de espesor	
Plancha refuerzo		Plancha	A36	5 mm de espesor	
4. Boquillas bridadas					
Cantidad	Servicio	Ubicación	Medida nominal	Plancha refuerzo	Plano
2	Carga combustible	Techo	3 (76.2)	Circular	05/24
1	Descarga Combustible	Cuerpo	4 (101.6)	Circular	04/24
1	Toma muestras	Techo	3 (76.2)	Circular	06/24
1	Venteo (sin brida)	Techo	3 (76.2)	No tiene	07/24
5. Materiales y especificaciones Boquillas bridadas					
Carga de Combustible, Toma muestras y Venteo					
Parte		Tipo	Material	Especificaciones	
Cuello		Tubular	A106 cedula 40	NPS3, espesor pared 5.49 mm	
Brida		Brida	A105 clase 150	NPS 3, Presión trabajo 285 Psi a 38°C	
Pernos		Pernos	A 307 grado B	Hexagonal, longitud 3 plg.	
Plancha refuerzo		Plancha	A36	5 mm de espesor	
Cubierta		Plancha	A36	1.5 mm de espesor (apertura Venteo)	
Descarga de Combustible					
Parte		Tipo	Material	Especificaciones	
Cuello		Tubular	A106 cedula 40	NPS4, espesor pared 6.02 mm	
Brida		Brida	A105 clase 150	NPS 4, Presión trabajo 285 Psi a 38°C	
Pernos		Pernos	A 307 grado B	Hexagonal, longitud 3 plg.	
Plancha refuerzo		Plancha	A36	5 mm de espesor	

5.2. Selección y Dimensionamiento de Equipos y Materiales

En este tema se detallará los requerimientos y características de los equipos y materiales necesarios para la implantación de la terminal, para cada una de las partes diseñadas en el proyecto de grado

5.2.1. Listado de Equipos y materiales necesarios para la implantación de la terminal

Sistema de Tuberías de la Terminal

La tubería, válvulas y accesorios de todos los sistemas de tubería de la terminal son bridados.

Tabla No 5.1 Materiales Sistema de Tuberías

Elemento	Especificación Material
Tubería	ASTM A106 SCH 40
Accesorios	ASTM A105 clase 150
Válvulas	ASTM A105 clase 150
Juntas de expansión	Hule Neopreno, con brida ANSI 150 de Hule

Las dimensiones características de la tubería, válvulas y accesorios se encuentran en las siguientes tablas:

- Tubería: tabla No 4.29
- Válvulas: tabla No 4.31
- Bridas: tabla No 4.33
- Accesorios: tabla No 4.35

A continuación se presenta los materiales requeridos de cada una de las partes que conforman el Sistema de Tuberías de la terminal.

Carga de Combustible

El listado mostrado a continuación tiene como referencia los planos No 14/24 encontrados en el anexo A.

Tabla No 5.2 Tubería, Válvulas y Accesorios – Carga de Combustible

Elemento	Cantidad	
	Diámetro 3"	Diámetro 4"
Tubería	138 (m)	73 (m)
Codo 90°	30	2
Te	3	---
Bridas	106	32
Válvula Compuerta	7	1
Válvula Check	----	1
Junta de expansión	3	1

Tabla No 5.3 Bomba – Carga de Combustible

Marca	Modelo	Caudal	Potencia	Presión
BERKELEY	B54596 – B3TPMS	250 GPM	10 HP	35 Psi

Tabla No 5.4 Contómetro – Carga de Combustible

Galonaje	Puerto	Marca
60 – 250 GPM	4 (plg)	Total Control Systems

Sistema de Descarga de Combustible

El listado mostrado a continuación tiene como referencia el plano No 15/24 encontrado en el anexo A.

Tabla No 5.5 Tubería, Válvulas y Accesorios – Descarga de Combustible

Elemento	Cantidad	
	Diámetro 3 (plg)	Diámetro 4 (plg)
Tubería	50 (m)	117 (m)
Codo 90°	5	23
Te	----	4
Bridas	28	98
Válvula Compuerta	2	7
Válvula Check	----	1
Junta de expansión	1	3

Tabla No 5.6 Bomba – Descarga de Combustible

Marca	Modelo	Caudal	Potencia	Presión
BERKELEY	B54596 – B3TPMS	250 GPM	10 HP	35 Psi

Tabla No 5.7 Contómetro – Descarga de Combustible

Galonaje	Puerto	Marca
60 – 250 GPM	3 (plg)	Total Control Systems

Sistema de Interconexión entre tanques

El listado mostrado a continuación tiene como referencia los planos No 16/24 encontrados en el anexo A.

Tabla No 5.8 Tubería, Válvulas y Accesorios – Interconexión entre tanques

Elemento	Cantidad	
	Diámetro 3 (plg)	Diámetro 4 (plg)
Tubería	104 (m)	3.6 (m)
Codo 90°	23	2
Te	3	---
Bridas	78	10
Válvula Compuerta	7	1
Válvula Check	----	1

Tabla No 5.9. Bomba – Interconexión entre tanques

Marca	Modelo	Caudal	Potencia	Presión
BERKELEY	B54596 – B3TPMS	250 GPM	7.5 HP	25 Psi

Sistema de Agua Contra Incendios

El listado mostrado a continuación tiene como referencia los planos No 17/24 encontrados en el anexo A.

Tabla No 5.10. Tubería, Válvulas y Accesorios – Agua Contra Incendios

Elemento	Cantidad	
	Diámetro 3 (plg)	Diámetro 4 (plg)
Tubería	201.0 (m)	3 (m)
Codo 90°	18	1
Te	6	----
Bridas	130	4
Válvula Compuerta	13	1
Válvula Check	----	
Válvula de pie	----	1
Junta de expansión	5	-----

Tabla No 5.11. Equipo – Agua Contra Incendios

	Marca	Serie
Equipo especial Contra Incendio (Bomba eléctrica + Bomba Diesel + Bomba Jockey)	IDEAL	FOC 50-20 P:20 (HP)

5.2.1.2 Cubierta Bombas

El listado de materiales requeridos para la Cubierta Bombas Diesel, es en base al plano No 09/24, encontrado en el Anexo A

Tabla No 5.12. Materiales Cubiertas Bombas

Elemento	Especificación Material
Columnas y Vigas principales	Perfil G 100 x 50 x 15 x 3
Correas	Perfil G 80 x 40 x 15 x 3
Cubierta	Plancha EUROLIT 92 Perfil 7

Tabla No 5.13. Requerimiento de Materiales – Cubierta Bombas Diesel

Material	Cantidad
Perfil G 100 x 50 x 15 x 3 (mm)	48.6 (m)
Perfil G 80 x 40 x 15 x 3 (mm)	15 (m)
Planchas Eurolit	6 planchas y 3 cumbreras

Tabla No 5.14 Requerimiento de Materiales – Cubierta Bombas Agua Contra Incendio

Material	Cantidad
Perfil G 80 x 40 x 15 x 3 (mm)	40 (m)
Planchas Eurolit	3 Planchas

5.2.1.3 Escalera Tanque

El listado de materiales requeridos para la Escalera Circular de los tanques de almacenamiento de la primera etapa, son en base al plano No 12/24, encontrado en el Anexo A (se detallará requerimiento de materiales para la elaboración de 1 escalera).

Tabla No 5.15 Requerimiento de Materiales – Escalera Tanque

Parte	Material	Especificación	Medida	Cantidad
Grada	A36	antideslizante 2400 x 1200 x 3 mm	Tipo C de ancho: 250 (mm), largo: 700 (mm), espesor: 3 (mm)	3 planchas
Zanca	A36	Plancha de 2400 x 1200 x 4 mm	Tira de Ancho 250 (mm)	2 planchas
Balaustre		Tubo negro cuadrado de 1½" x 1.5 (mm)	Alto 1000 (mm)	1 ½ tubo

Tabla No 5.15 Requerimiento de Materiales – Escalera Tanque
(Continuación)

Tira refuerzo pasamanos	A36	Plancha de 2400 x 1200 x 3 mm	Ancho 70 (mm)	1 plancha
Pasamanos		Tubo negro redondo de $\varnothing 1\frac{1}{2}$ " x 1.5 (mm)	Longitud 9600 mm	2 tubos
Soporte	A36	Perfil C 100 x 50 x 3 (mm)	Ver plano 20/20	2 perfiles

5.2.2. Especificaciones Técnicas de Equipos y Materiales

5.2.2.1. Materiales

Tabla No 5.16 Materiales

Material	Característica	Especificación
ASTM A106	Tubo sin costura para usos	Esfuerzo fluencia S_y : 30000 Psi
SCH 40	generales	Esfuerzo básico adm.: 16000 Psi
ASTM A105 clase 150	Forjada, Acero al carbón para componentes de tubería	Temp. Trabajo: -30 a 93°C Presión Trabajo : 260 Psi
A36	Plancha de acero estructural	Esfuerzo fluencia S_y : 30000 Psi Esfuerzo de Diseño S_d : 23200 Psi
G 100 x 50 x 15 x 3	Perfil laminado en frío de acero estructural A 36	
G 80 x 40 x 15 x 3	Perfil laminado en frío de acero estructural A 36	

5.2.2.2. Equipos

Tabla No 5.17 Equipos

	Marca	Serie	Especificación Generales
Bomba Combustible Carga, Descarga, Interconexión	BERKELEY	B54596 B3TPMS	Caudal: 250 GPM, Presión 35 Psi, Potencia 7.5 HP y 10 HP
Contómetro Carga de Combustible	Total Control System		Contador mecánico gravitacional de 4", 50 – 250 GPM, incluye separador de aire, filtro, registro,
Contómetro Descarga de Combustible	Total Control System		Contador mecánico gravitacional de 3", 50 – 250 GPM, incluye separador de aire, filtro, registro, impresora
Equipo Contra Incendios	IDEAL	FOC 50 -20 P: 20 (HP)	Contiene: Bomba motor eléctrico, Bomba motor Diesel y Bomba Jockey con controladores, cámara de prueba y accesorios de seguridad y medición. Las medidas generales son: Long. Frontal: 1250 (mm), Long. Posterior: 1740 (mm). Altura: 1685 (mm)

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS DE COSTOS

6.1. Análisis económico del proyecto de diseño

El análisis económico del proyecto de diseño, permite sacar una relación entre el costo del proceso de diseño y la perspectiva de venta del servicio de consultoría en esta área.

La empresa “Petroafin S.A.” es la auspiciante del presente proyecto, como tal es la encargada de su seguimiento. La elaboración del mismo se la realizó en base a los requerimientos de la empresa.

Por la elaboración del presente proyecto, PETROAFIN S.A. cubrió los siguientes costos:

Tabla No 6.1. Costos del proyecto de Diseño

Descripción	Valor (USD)
Reconocimiento Económico por el proyecto a la persona encargada de su elaboración	900,00
Viáticos de reconocimiento del terreno de implantación en la ciudad de Manabí (2 personas por 2 días)	150,00
Adquisición de normas utilizadas para el diseño:	85,00
TOTAL	1135,00

Por la ejecución del Diseño de la Terminal de almacenamiento de Diesel, la empresa Petroafin S.A. cotiza sus servicios a la Comercializadora Petrolrios, según los siguientes rubros:

Tabla No 6.2. Cotización de Servicios de Diseño PETROAFIN S.A.

CODIGO	Descripción	Costo (USD)
DTA	Elaboración del Diseño de la Terminal de almacenamiento de Diesel, consta: Dimensionamiento de la Terminal, distribución de áreas, Diseño de Tanques, Diseño de Sistemas de Tuberías, en base a Normas de Seguridad Industrial de Petroecuador y otras aplicables	3000,00
GMT	Gastos de Movilización y Transporte	400,00
Subtotal		3400,00
IVA (12%)		408,00
TOTAL		3808.00

La utilidad BRUTA adquirida por la empresa Petroafin S.A. es por lo tanto:

Costo de la elaboración del proyecto : 1135(USD)

Valor facturado a la Comercializadora Petrolrios : 3400(USD)

UTILIDAD BRUTA = Valor facturado – Costo de elaboración

$$UTILIDAD BRUTA = 2265(USD) = 66.6\%$$

La empresa PETROAFIN S.A., cotiza sus servicios en base a una utilidad bruta del 60%, entonces el ahorro obtenido por la empresa es de:

$$\begin{array}{r}
 \text{Valor} \qquad \qquad (\%) \\
 3400(USD) \qquad \qquad 160\% \\
 X \qquad \qquad \qquad \qquad \times \\
 \qquad \qquad \qquad \qquad 100\% \\
 X = 2125(USD)
 \end{array}$$

El valor de 2125 (USD) corresponde al costo neto de elaboración del proceso de diseño, según este valor, ahora se calculará el ahorro obtenido por la empresa:

Valor	(%)
2125(USD)	100%
1135(USD)	X %
$X = 53.4\%$	

Por lo tanto la Empresa ahorro un **53.4%** del costo de elaboración del Diseño de la Terminal de Almacenamiento de Diesel

En la actualidad, las Comercializadoras de hidrocarburos del Ecuador, están expandiendo sus servicios hacia el Sector industrial, por lo que requieren de procesos de diseño de sus terminales y de las reglamentaciones exigidas por las entidades competentes como: Estudio de Impacto ambiental de los centros de depósitos de combustibles, Elaboración de memorias técnicas descriptivas del proyecto, entre otras.

Ya que PETROAFIN S.A. está calificada para la ejecución de este tipo de proyectos, el campo de acción es a nivel nacional

6.2. Análisis de Costo de la implementación de la terminal

El análisis de costos de la implementación de la terminal, permitirá dar una referencia a la Comercializadora PETROLRIOS, del costo de ejecución de la obra "Terminal de almacenamiento de Diesel", para así poder presupuestar su futuro financiamiento.

El análisis de costo detallado a continuación es un análisis preliminar, en el cual se incluirá los costos de adquisición de equipos y materiales, construcción de los tanques, obra civil, gastos de reglamentación, todo esto únicamente para la primera etapa, con la cual arrancarían el proyecto en su parte constructiva.

6.2.1. Costos parciales de la Implementación

6.2.1.1 Estructuras metálicas

Para calcular el costo aproximado de las estructuras metálicas, estas son: Cubiertas bombas y Escalera tanque, se analiza con los costos que actualmente rigen en el mercado: entre 4 y 6 (USD/Kg de material empleado, incluye IVA).

Además se colocará para iluminación una lámpara industrial de 250 de mercurio en cada cubierta, el costo de esta lámpara es de 106.4 USD incluido el IVA, según cotización No D1 de Anexo D los valores son presentados en la tabla siguiente:

Se utiliza el valor de la densidad del acero igual a $\delta=7.83 \text{ gr/cm}^3$

Tabla No 6.3. Costo Cubierta Bombas Diesel

Parte Cubierta	Material empleado	Longitud (m)	Volumen (cm ³)
Columnas	2 x G 100x50x15x3 (soldadas)	16	10470
Vigas Principales	2 x G 100x50x15x3 (soldadas)	18	11780
Correas	G 100x50x15x3	30	19300
Volumen total (cm ³)			41550
Peso Total = V x δ (Kg)			325.5
Costo estructura Metálica = 4 USD/Kg			1302 (USD)
Costo Cubierta (6 planchas Eurolit 92 placa No 6 + 3 cumbresas)			59.70 (USD)
Costo una lámpara industrial de 250 de mercurio			106.4
COSTO TOTAL CUBIERTA			1468 (USD)

Tabla No 6.4. Costo Cubierta Bombas Agua Contra Incendios

Parte Cubierta	Material empleado	Longitud (m)	Volumen (cm ³)
Columnas	2 x G 80x40x15x3 (soldadas)	18	9620
Vigas Principales	2 x G 80x40x15x3 (soldadas)	14	7500
Correas	G 80x40x15x3	11	5900
Volumen total (cm ³)			23000
Peso Total = V x δ (Kg)			180.5
Costo estructura Metálica = 4 ^{USD} /Kg			722 (USD)
Costo Cubierta (6 planchas Eurolit 92 placa No 3)			35 (USD)
Costo una lámpara industrial de 250 de mercurio			106.4
COSTO TOTAL CUBIERTA			914 (USD)

Tabla No 6.5. Costo Escalera Tanque

Parte Escalera	Sección transversal (mm)	Longitud (mm)	Cantidad	Volumen (cm ³)
Peldaño	C 250 x 50 x 3	700	30	23200
Zanca	Rectangular 250 x 4	10000	2	20000
Balaustre	Tubo cuadrado 1½" x 2	1000	8	2300
Tira Balaustre	Rectangular 80 x 4	10000	1	3200
Pasamanos	Tubo redondo 1½" x 2	10000	1	2300
Soporte escalera	C 80 x 40 x 3	2040	7	6600
Volumen total (cm ³)				57600
Peso Total = V x δ (Kg)				451.0
Costo escalera = 6 ^{USD} /Kg				2706 (USD)
COSTO TOTAL (2 escaleras, 1 por cada tanque de primera etapa)				5412 (USD)

Islas de Carga y Descarga

Ya que la descarga de combustible hacia los autotanques es por la parte superior del tanquero. La isla de descarga es una cubierta con plataforma, la altura hasta la plataforma será de 2.5 metros y la altura total de 4.5 metros, la

longitud total de la isla de descarga es de 12 metros. Con estas dimensiones será necesario colocar 3 lámparas industriales para su iluminación, por lo tanto:

Tabla No 6.6 Costo Isla de Descarga

Descripción	Costo (USD)
Aproximado Fabricación Isla de Descarga (longitud 12 mts, ancho 1.5 mts, altura 4.5 mts)	4200
3 lámparas industriales de 250 de mercurio	638.4
TOTAL	4838.4 (USD)

La isla de carga, será una cubierta de longitud 12 metros, ancho 1.5 metros y altura 2.5 metros, se colocarán tres lámparas industriales para su iluminación, el costo aproximado será de:

Tabla No 6.7 Costo Isla de Carga

Descripción	Costo (USD)
Aproximado Fabricación Isla de Carga (longitud 12 mts, ancho 1.5 mts, altura 2.5 mts)	1800
3 lámparas industriales de 250 de mercurio	638.4
TOTAL	2438.4 (USD)

En la tabla siguiente se resumen los Costos de estructuras metálicas

Tabla No 6.8. Costos Estructuras Metálicas

Descripción	Costo Total(USD)
Cubierta Bombas Diesel	1468,00
Cubierta Bombas Agua Contra Incendio	914,00
Escaleras Circunferenciales para tanques	5412,00
Isla de Descarga de combustible	4838.4.4
Isla de Carga de Combustible	2438.4
TOTAL No 1	15071.00 (USD)

6.2.1.2 Tanques de almacenamiento

El costo de los tanques de almacenamiento de la primera etapa, se lo evaluará con los costos estimados de fabricación que están en aproximadamente 1000 USD por 1000 galones de almacenamiento, por lo tanto:

Tabla No 6.9. Costo tanques de almacenamiento – Primera etapa

Descripción	Cantidad	Costo Unitario USD	Costo Total USD
Tanques atmosféricos verticales para almacenamiento de Diesel según las características presentadas en las hojas de fabricación del tanque ➤ Capacidad nominal 50190 galones, ➤ Diámetro 6,35 (m), ➤ Alto 6,00 (m), Incluye Movilización e instalación en sitio	2	50000,00	100000,00
SUBTOTAL			100000,00
IVA (12%)			12000,00
TOTAL No 2			112000,00 (USD)

6.2.1.3 Sistemas de Tuberías de la Terminal

Se detallará los costos de materiales e instalación de cada uno de los sistemas de tubería de la Terminal para la primera etapa del proyecto, los valores son los mostrados a continuación:

Tabla No 6.10. Lista de Equipos y Materiales – Sistemas de Tuberías Primera etapa.

Partes	Cantidad				TOTAL
	Carga	Descarga	Interconexión	Agua Contra incendios	
Tubería Ø 3"	83 (m)	50 (m)	54 (m)	201 (m)	388 (m)
Tubería Ø 4"	73 (m)	71 (m)	3.6 (m)	3 (m)	150.6 (m)
Codos Ø 3"	15	5	12	18	50
Codos Ø 4"	2	12	2	1	17
Te Ø 3"	2	---	2	6	10
Te Ø 4"	---	3	----	----	3
Bridas Ø 3"	58	28	43	130	259
Bridas Ø 4"	32	59	10	4	105
Válvula Compuerta Ø 3"	3	2	4	13	22
Válvulas Compuerta Ø 4"	1	4	1	----	6
Válvula Check Ø 4"	1	1	1	----	3
Válvula de pie Ø 4"	----	----	----	1	1
Bomba transporte Diesel 250 GPM, 8HP	1	1	----	----	2
Bomba transporte Diesel 250 GPM,	----	----	1	----	1
Equipo Contra incendio	----	----	----	1	1

Los costos de los materiales son sacados de la cotización de Acero Comercial S.A., dicha cotización se encuentra en el Anexo D, cotización No D-2

Tabla No 6.11. Costos de Materiales – Sistema de tuberías – Primera Etapa

Descripción	Cantidad	Costo Unitario USD	Costo Total USD
Tubería Ø 3" x 6m	65	67.52	4388.8
Tubería Ø 4" x 6m	25	98.18	2454.5
Codos Ø 3"	50	18	900
Codos Ø 4"	17	26	442
Te Ø 3"	10	23.76	237.6

Tabla No 6.11. Costos de Materiales – Sistema de tuberías – Primera Etapa
(Continuación)

Te Ø 4"	3	33.00	99.0
Bridas Ø 3"	259	28.30	7329.7
Bridas Ø 4"	105	43.31	4547.55
Válvula Compuerta Ø 3"	22	135.57	2982.54
Válvulas Compuerta Ø 4"	6	317.93	1907.58
Válvula Check Ø 4"	3	282.31	846.93
Válvula de pie Ø 4"	1	27.75	27.75
TOTAL BRUTO			26163.95
DESCUENTO 10%			2616.40
SUBTOTAL			23547.56
IVA. (12%)			2825.71
TOTAL			26373.26 (USD)

La bombas para la transferencia de Diesel son cotizados de la casa Comercial Maquinarias Enriques C.A., las especificaciones concuerdan con los requerimientos de cada sistema, esta cotización se encuentra en el Anexo D, cotización No D-3.

El equipo Contra incendios será importado de Argentina, los costos son sacados de la página en internet: www.bombas-ideal.com

Tabla No 6.12. Costo de Equipos – Sistemas de Tubería Terminal

Descripción	Cantidad	Costo Unitario USD	Costo Total USD
Bomba Sistema Carga y Descarga de Combustible Berkeley B54596 B3TPN5 7.5 HP 3F	2	1243,67	2487.34
Bomba Sistema de Interconexión entre tanques Berkeley B54596 B3TPN5 7.5 HP 3F	1	1243.67	1243.67

Tabla No 6.12. Costo de Equipos – Sistemas de Tubería Terminal
(Continuación)

Equipo Contra Incendio FOC 50 ´ 20 Marca IDEAL de 60 m3/h, 50 MHT, 20 HP, contiene Bomba electrica, Bomba Diesel y Bomba Jockey	1	5800,00	5800,00
SUBTOTAL			9531,00
IVA (12%)			1143.72
TOTAL			10675.00 (USD)

En la tabla siguiente se presentan los costos de mano de obra y supervisión, estos valores son un estimado del valor real.

Tabla No 6.13. Costo mano de obra Instalación Sistemas de Tuberías

Personal	Descripción	Tiempo estimado de obra	Costo Unitario USD	Costo Total USD
Supervisor de Obra	Encargado de la supervisión de la instalación de los sistemas de tubería	2 meses	1500 mensual	3000,00
Soldador	encargado de la instalación de las líneas de tubería: Carga, Descarga, Interconexión y Agua Contra Incendios	15 días	50 diarios	750,00
Técnico	Encargado de la instalación de las bombas de las diferentes sistemas	15 días	300 semanal	450,00
2 Ayudantes	Obreros mecánicos	2 meses	320 mensual	1280,00
Técnico de pruebas	Desarrollo de las pruebas de fugas de los sistemas de tubería	3 días	980 por obra	980,00
TOTAL				6460,00 (USD)

Según los valores mostrados en las tablas anteriores el costo total de la instalación de los sistemas de tubería de la terminal es:

Tabla No 6.14. Costo total Instalación Sistemas de Tuberías Terminal -
Primera etapa

Descripción	Costo USD
Costo de Materiales Tuberías y accesorios	26373
Costo de Equipos (Bombas)	10675
Costo Mano de Obra Instalación completa	6460
TOTAL No 3	43508 (USD)

6.2.1.4 Obra Civil

El terreno que dispone la comercializadora Petrolrios para la implantación de la terminal, es un terreno aplanado, que linda con la vía Manta Rocafuerte, a disposición de las diferentes áreas de la Terminal, son en base al plano No 01/24. La obra Civil, comprende las siguientes construcciones:

3. Vías internas de acceso
4. Parqueaderos (Banqueros y Administrativo)
5. Planta administrativa y Cuarto de Control
6. Cubetos de los tanques de almacenamiento para la primera etapa.
7. Piso del área de tanques y las bases para los tanques de almacenamiento
8. Piscina contra Incendios
9. Cerca perimetral
10. Distribución eléctrica principal e incorporación del generador

Vías Internas de acceso:

Las vías internas de acceso tendrán un ancho de 6 metros, la longitud total de la vía será de 571 metros, según el plano No 19/24 del Anexo A

Según Corpcys "Corporación de Construcciones y Servicios", vías internas de acceso lastreadas (mezcla de arena con ripio), para las características del

terreno de implantación tienen un costo de 80000 USD/Km de carretera, por lo tanto:

$$\text{Longitud total de carretera (L)} = 571(\text{ m })$$

$$\text{Costo de carretera por Km(Costo)} = 80000 \text{ USD/Km}$$

$$\text{Costo vías de acceso de la Terminal : } 80000(\text{USD/Km}) \times (0.571 \text{ Km})$$

$$\text{Costo} = 45680(\text{USD})$$

Parqueaderos:

Existirán dos parqueaderos, uno para el parqueo de los banqueros y otro para la planta administrativa, estos parqueaderos quedarán entre las plantas de administración y cuarto de control, las áreas calculadas están en base el plano No 22/24 del Anexo A

El costo por metro cuadrado del suelo en hormigón es de 36 USD/m², este valor es sacado del presupuesto presentado por CORPCYS, detallado en el Anexo D, Cotización No D-4.

El área de parqueo administrativa está detrás de la planta de la administración su costo será:

Area de Parqueo Administrativo

Longitud : 17 (m)

Ancho : 6 (m)

$$\text{Area : } 17 \times 6 = 102 \text{ m}^2$$

$$\text{Costo (parqueadero)} = 36(\text{USD/m}^2)$$

$$\text{Costo parqueadero administrativo} = 36(\text{USD/m}^2) \times 102(\text{m}^2)$$

$$\text{Costo} = 3672(\text{USD})$$

El área de parqueo de autotankes corresponde al parqueadero en sí que se encuentra frente al edificio administrativo y el patio comprendido entre el

edificio administrativo y el cuarto de control, el área calculada está en base al plano 01/20 del Anexo A

Area de Parqueo Tanqeros

Longitud : 34.5 (m)

Ancho : 17 (m)

Area : 34.5 x 17 = 586.5 m²

Costo (parqueadero) = 36(USD/m²)

Costo parqueadero administrativo = 36(USD/m²) × 586.5(m²)

Costo = 21114(USD)

Planta Administrativa y Cuarto de control

Las áreas de la Planta Administrativa se encuentra en el plano 20/24 y del Cuarto de Control en el plano 21/24 del Anexo A.

El costo de edificación de la planta administrativa es de aproximadamente 150 USD/m² de construcción y para el cuarto de control es de 120 USD/ m² por lo tanto,;

PLANTA ADMINISTRATIVA

Area = 75 m²

Costo PLanta Administrativa = 150(USD/m²) × 75m²

Costo = 11250(USD)

CUARTO DE CONTROL

Area = 72m²

Costo Cuarto de Control = 150(USD/m²) × 72m²

Costo = 8640(USD)

Cubeto para tanques de Almacenamiento – Primera etapa

El muro que hará la labor de cubeto, deberá estar impermeabilizado, la altura del muro es de 1.20 metros, la zanja estará a 0.50 metros bajo el nivel del piso, por lo tanto la altura total del muro será de 1.70 metros.

El costo de edificación de muros de 1.70 m de altura es de aproximadamente $36 \left(\text{USD}/\text{m lineal de construcción} \right)$, por lo tanto:

Longitud lineal del Cubeto :

Largo : 21.8 m

Ancho = 14.5 m

Longitud total del cerco : $2 \times (21.8) + 2 \times (14.5) = 72.6 \text{ m}$

Costo del cubeto : $36(\text{USD}/\text{m}) \times 72.6\text{m} = 2614(\text{USD})$

Piso del Área de Tanques y bases de los tanques de almacenamiento:

El piso del área de los tanques de almacenamiento será nivelado a 1.5° de pendiente el costo de excavación es de aproximadamente 40 USD/m³, las bases están hechas en hormigón, el costo del piso en hormigón es de 36 USD/m², por lo tanto:

Volumen de excavación :

Longitud : 21.8 mts

Área : 2.9 m²

$V = 21.8 \times 2.9 = 63.22\text{m}^3$

Costo excavación : $40(\text{USD}/\text{m}^3) \times 63.22\text{m}^3 = 2530(\text{USD})$

Base tanques de Almacenamiento

Diametro bases tanques de almacenamiento : 6.65m

Area Base Circular : 34.7m²

No de Bases : 2

Costo bases de concreto para tanques : $2 \times 36(\text{USD}/\text{m}^2) \times 34.7\text{m}^2 = 2500(\text{USD})$

Piscina Contra Incendios

Según CORPCYS la elaboración de piscinas de almacenamiento es de aproximadamente 180 USD/m³, por lo tanto:

Medidas de la piscina contra incendio :

largo : 12 metros

ancho : 9.5 metros.

altura : 1.5 metros

Volumen de la piscina : $12 \times 9.5 \times 1.5 = 171m^3$

Costo Piscina : $180(USD/m^3) \times 171m^3 = 30780(USD)$

Cerca Perimetral

El muro que hará la labor de cerca perimetral, estará hecho en mampostería, la altura del muro será de 3.0 metros, la zanja estará a 0.50 metros bajo el nivel del piso, por lo tanto la altura total del muro será de 3.5 metros.

El costo de edificación de muros de 3.5m de altura es de aproximadamente 38 (USD/m lineal de construcción), por lo tanto:

Longitud lineal de la Cerca perimetral :

Largo : 120 m

Ancho = 152 m

Longitud total del cerco : $2 \times (120) + 2 \times (152) = 544 m$

Costo del cubeto : $38(USD/m) \times 544m = 20672(USD)$

Distribución eléctrica general e Incorporación del Generador

Se distribuirá postes de alumbrado en las vías internas de acceso cada 35 metros de longitud, siendo la longitud total de la carretera 757 metros, se necesitarán 22 postes de alumbrado.

. Según la cotización No D-1 del Anexo D, el costo del poste de 6 metros de altura es de 117.6 (USD) incluido IVA, la lámpara de alumbrado público será de 250 Sodio, el costo de cada lámpara es de 179.2 (USD) incluido IVA. Por lo tanto:

Tabla No 6.15 Costo distribución eléctrica Terminal

Descripción	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Costo Total (USD)
Postes de luz de 3 ½ de ancho x 6 m de alto	22	117.6	2587.20
Lámpara alumbrado público de 250 Sodio	22	179.2	3942.40
Costo Mano de Obra Instalación Postes			300.00
TOTAL			6830.00 (USD)

El costo del generador es de aproximadamente 5000 USD, la instalación eléctrica principal se la estima en 1500 USD, por lo tanto:

Costo aproximado Generador : 5000 USD

Costo Instalación eléctrica General : 1500 (USD)

TOTAL Instalación eléctrica general : 6500 (USD)

En la tabla siguiente se detallan los costos totales de Obra civil para la Terminal de almacenamiento de Diesel:

Tabla No 6.16 Costo Obra Civil – Implantación Terminal, Primera Etapa

Descripción	Costo (USD)
Vías internas de acceso	45680.00
Parqueaderos (Administrativo y Autotanques)	24786.00
Planta Administrativa y Cuarto de Control	19890.00
Cubetos Tanques de almacenamiento	2614.00
Piso y bases de concreto para área de tanques	5030.00
Piscina contra incendio	30780.00
Cerca perimetral	20672.00
Distribución eléctrica general (Generador)	13330.00
TOTAL No 4	162782 (USD)

6.2.1.5 Requisitos de Funcionamiento

Aquí se detallarán los rubros que se deberá cancelar previo la implementación de la terminal para su ejecución

Tabla No 6.17 Costos Varios de legalidad del proyecto

Descripción	Costo Total (USD)
Elaboración del Diseño de la terminal de almacenamiento	3000,00
Elaboración del Estudio de Impacto Ambiental (Incluye Elaboración de Memoria técnica descriptiva, seguimiento y gastos por movilización)	4000,00
Elaboración de planos arquitectónicos y de Obra Civil	1500,00
Pago de arancel legal en DINAPA	5000,00
Permisos de funcionamiento	1200,00
TOTAL No 5	14700,00 (USD)

6.2.2. Costo Total de la Implementación

En la tabla a continuación se muestra el costo TOTAL estimado para la implementación de la terminal:

Tabla No 6.18. Costo TOTAL de Implementación de la Terminal de Almacenamiento – Primera Etapa

Descripción	Costo Total (USD)
Estructuras Metálicas (Total No 1)	15071.00
Tanques de Almacenamiento (Total No 2)	112000.00
Sistemas de Tubería de la Terminal (Total No 3)	43508.00
Obra Civil (Total No 4)	162782.00
Varios Legales para Implementación (Total No 5)	14700,00
TOTAL	348061.00(USD)

El costo Total estimado para la Implementación de la Terminal de Almacenamiento de Diesel, perteneciente a Petrolrios Comercializadora, excluido el valor del terreno de implantación es de:

COSTO TOTAL IMPLANTACIÓN TERMINAL DE ALMACENAMIENTO :
348.061,00(USD)

(Trescientos cuarenta y ocho mil sesenta y un dólares americanos)

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

1. La realización del Diseño de la Terminal de Almacenamiento de Diesel cumplió con los objetivos y meta trazada dentro del presupuesto establecido por parte de la empresa PETROAFIN S.A.
2. El estudio de la Demanda y la proyección del consumo de Diesel Industrial en la provincia de Manabí, permitieron calcular una capacidad de almacenamiento que este de acuerdo con las expectativas de venta de la Terminal.
3. Al realizar la implantación General de la Terminal, se debe distribuir las áreas respetando las distancias mínimas según las normas de seguridad Industrial, y localizarlas de tal manera que se aproveche el espacio con el que se cuenta, para posibles obras futuras.
4. Un buen Diseño básico, permite ejecutar el diseño en detalle en base a las expectativas y requerimientos reales de las diferentes partes que conforman la Terminal de Almacenamiento de Diesel. El diseño básico es el punto de partida para el análisis de los diferentes sistemas de la Terminal como lo son: El sistema de almacenamiento, de tuberías, de Control, entre otros.
5. El conocimiento general de la calidad del terreno de implantación, permitió dar las pautas para las obras civiles que se requieran hacer, sobretudo en el área de Almacenamiento, donde es necesario conocer si el terreno será capaz de soportar el peso producido por los tanques,

ya que la inversión de los mismos es elevada, se debe dar las garantías necesarias para que funcionen correctamente.

6. Las normas y estándares son una herramienta muy útil para el diseñador, ya que estas son una recopilación de la teoría de diseño conjuntamente con las experiencias adquiridas, lo que permite realizar diseños confiables y dimensionar los equipos y materiales de tal forma que se garantice su correcto funcionamiento.
7. El estudio minucioso de las Normas aplicadas en el Diseño de los sistemas de la Terminal, permitieron conocer con exactitud los parámetros fundamentales para el Diseño y los requerimientos y seguridades que debe cumplir cada sistema para que sea confiable en la práctica.
8. Programas computacionales para análisis estructurales como el SAP 2000 permiten ahorrar tiempo en el cálculo, con la completa seguridad que los resultados obtenidos son en base a la teoría aplicada, por dicha razón es necesario conocer la metodología que utiliza el programa y la versatilidad del mismo, para corroborar los resultados obtenidos.
9. El diseño de cada sistema de tuberías de la Terminal, dio información de los requerimientos mínimos de los equipos y materiales necesarios. El dimensionamiento de los mismos se efectuó bajo las condiciones de operación calculadas y su selección fue realizada garantizando un rendimiento óptimo del sistema
10. La elaboración de las hojas de datos para la construcción de tanques de almacenamiento recolectó todas las características generales del tanque, los accesorios, las aperturas y las normas de diseño que han sido aplicadas, de tal forma que esta sea de utilidad para la construcción conjuntamente con los planos de respaldo.

11. La elaboración de tablas de especificaciones de materiales y equipos requeridos para la implantación de la Terminal, permitió recolectar las exigencias de cada sistema, así se pudo obtener información concreta de los requerimientos, analizar con los productos que se encuentran en el mercado y obtener los costos respectivos.
12. Según el análisis económico del proyecto de diseño, la elaboración del mismo como proyecto de grado ha permitido un ahorro a la empresa auspiciante del 53.4% del valor normal del proceso de consultoría.
13. El análisis de costos para la implementación del proyecto, permitió conocer el valor que tendrá la construcción e instalación de la Terminal de almacenamiento, este dato es de gran ayuda para el propietario, en este caso Petrolrios Comercializadora, en cuanto le permitirá sacar el financiamiento requerido.
14. Con la exitosa culminación de este proyecto se ha mostrado la capacidad de los estudiantes a nivel politécnico para enfrentar situaciones en las que se necesita un alto grado de conocimiento e iniciativa ; lo que muestra que en la Escuela Politécnica de Ejército se esta impartiendo un nivel de formación académico bastante elevado.

7.2. Recomendaciones

1. La información estadística utilizada del consumo de Diesel deberá ser lo más actualizada posible, ya que las entidades que manejan este tipo de información (Petroecuador y Petrocomercial) tienen un alto historial de las tendencias y del comportamiento de las variables que afectan en el cálculo estadístico. De igual manera las proyecciones de consumo deberán ser en lo posible datos obtenidos de los departamentos estadísticos de Petroecuador y Petrocomercial.
2. El diseño básico de cada una de las partes que conforman la Terminal de almacenamiento, debe ser analizado de tal manera que se genere el plano de Implantación con una distribución de áreas que utilice de la manera más óptima el terreno disponible, respetando las distancias mínimas de Seguridad Industrial.
3. Las normas y estándares, deberán ser estudiadas minuciosamente, así se tendrá una idea clara del proceso de diseño y se analizará todos los parámetros necesarios y recomendados por las Normas, obteniendo diseños confiables.
4. En los programas computacionales de Diseño, es necesario conocer la teoría que utiliza para el desarrollo de su programación, así se podrá analizar los resultados obtenidos y corroborarlos.
5. La selección de equipos y materiales deberá garantizar un correcto funcionamiento del sistema para el cual van a trabajar, y no deberá permitir una sub utilización o deficiencia del mismo
6. Las hojas de datos para la construcción de los tanques deberá proveer de toda la información requerida para su elaboración, de la misma manera las tablas de especificaciones de equipos y materiales

deberán contener todas las características necesarias para su adquisición.

7. Un análisis de costos de implementación, deberá recolectar todos los costos de las infraestructuras necesarias para la construcción, a fin de obtener un costo final total de la implementación a realizarse.

BIBLIOGRAFÍA

- PETROECUADOR, “**Compendio de Normas de Seguridad e Higiene Industrial**”, Producción de Unidad de Relaciones Institucionales de PETROECUADOR.
- American Petroleum Institute, “**Welded Steel Tanks for Oil Storage**”, API Standard 650, Décima edición 1998
- ASME Code for pressure piping, B31 and American National Standard, “**Process Piping**”, ASME B 31.3, 1999 edition
- American National Standard, “**Pipe Flanges and Flanged Fittings NPS ½ through NPS 24**”, ASME B 16.5, 1996 edition, (Revision of ASME/ANSI B 16.5 -1988)
- American National Standard, “**Valves, flanged, threaded, and welding end**”, ASME B16.34, 1996 edition, (Revision of ASME/ANSI B 16.34 - 1988)
- American National Standard, “**Face to Face and End to End Dimension of Valves**”, ASME B 16.10, 1992 edition, (Revision of ASME/ANSI B 16.10 -1989)
- American National Standard, “**Welded and Seamless wrought steel pipe**”, ASME B 36.10M, 1996 edition, (Revision of ASME B 36.10M - 1995)
- W. E. SCHULZE / K. SIMMER, “**Cimentaciones**”, Editorial Blume, España – Madrid, 1era edición española.

- GEORGE B. SOWERS / GEORGE F. SOWERS, “**Introducción a la Mecánica de Suelos y Cimentaciones**”, Editorial Limusa – Wiley, México, 1era edición

- SCHAUM, Ronal V. Gilves, Jack B. Evett, Cheng Liu, “**Mecánica de los fluidos e Hidráulica**”, Editorial McGraw – Hill / Interamericana de España, Madrid, 3ra edición.

- EUGENE A. AVALLONE, THEODORE BAUMEISTER III, “**MARKS Manual del Ingeniero Mecánico**”, Editorial McGraw – Hill / Interamericana de Mexico S.A. de C.V. Mexico, 9na edición en Ingles – 3ra edición en Español 1995. Tomo 1

- JOHN E. LOTHERS, “**Diseño de Estructuras Metálicas**”, Editorial Prentice / Hall Internacional, USA, New Jersey, 3ra edición 1973

- JUAN PRIMIANO, “**Curso práctico de Edificación**”, Editorial Construcciones Sudamericanas, Argentina, 10ma edición.