

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

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

“Estudio del diseño para la construcción de un tanque aéreo  
normado para almacenamiento de glp liquido de  $8\text{m}^3$  de  
capacidad”

### **TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

Proyecto de graduación

Previo a la obtención del Título de:

### **INGENIERA MECÁNICA**

Presentada por:

Silvia Carolina Castro Mosquera

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2015

# AGRADECIMIENTO

Mi eterno agradecimiento a Dios por permitirnos culminar nuestros estudios.

Al Ing. Ernesto Martínez L. Director de Proyecto de graduación, por su invaluable apoyo durante el desarrollo de este proyecto.

A mis vocales el Ing. Mena e Ing. Helguero por su constante contribución.

A mis amigos.

## DEDICATORIA

A Dios, por poner en mi vida a las personas indicadas en el momento indicado, por todo lo que soy, seré, tengo y tendré hasta el fin de mis días.

A mis padres por su apoyo, en especial mi mami por siempre estar a mi lado.

A mis amigos Carlos, Pia, P. Raniero por tan sabios consejos.

Silvia Carolina

Castro Mosquera

## TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



---

Ing Jorge Duque  
DECANO DE LA FIMCP  
PRESIDENTE



---

Ing. Ernesto Martínez L.  
DIRECTOR



---

Ing. Mario Mena A.  
VOCAL

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido del presente trabajo final de graduación, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).



Silvia Carolina Castro Mosquera

## RESUMEN

En éste proyecto de tesis se realizó el estudio del diseño para garantizar la factibilidad de la construcción de un tanque de almacenamiento de GLP de  $8\text{m}^3$  de capacidad dado que actualmente en la industria ecuatoriana no está del todo desarrollado. Esto indica que la única empresa que actualmente los construye no tiene competencia y por ello los precios en el mercado no mejoran, tal es la realidad que muchas de las comercializadoras del hidrocarburo prefieren importarlos, ya que en el mercado extranjero se los puede comprar a precio similar pero dichos tanques ya vienen con estampa ASME a diferencia de Ecuador que los fabrican sin estampa ASME.

Para éste proyecto se tomó como referencia principal la Norma ASME sección VIII división 1 debido a que ésta norma rige el diseño de tanques a presión, la norma NFPA 58 por ser una norma especializada en Gas Licuado de Petróleo y la norma ASME sección IX por ser la norma que califica al soldador, la soldadura y el proceso de soldadura, si bien es cierto que ASME sección VIII ya contempla soldadura.

Como indica la Norma ASME VIII edición 1998 el factor de seguridad para tanques a presión que contiene GLP es de 4, sin embargo con el tiempo éste factor de seguridad ha venido cambiando desde 5 hasta la actualidad que señala un factor de 3.5, el motivo de ésta reducción en el factor de seguridad del tanque se debe a que un tanque de GLP trabajando a condiciones de diseño tal como se especifica en los cálculos de diseño no falla, los casos que se han dado de accidentes con tanques de GLP han sido en tanques no normados y que tampoco tienen estampa ASME.

Se realizó una simulación en ANSYS para poder comparar los cálculos teóricos del diseño con los resultados que ANSYS obteniendo de ésta manera una ilustración clara de donde ocurren los mayores esfuerzos y corroborar los criterios ingenieriles obteniendo un factor de seguridad de 2.

Teniendo como modelo una licitación de importación de tanques de  $8\text{m}^3$  de una de las comercializadoras del país se pudo comparar la factibilidad económica para construirlo, y como resultado se obtuvo un precio muy competitivo para la industria.

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ABREVIATURAS .....	vi
SIMBOLOGÍA .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
INDICE DE TABLAS .....	x
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO_1	
1. GENERALIDADES DEL GAS LICUADO DE PETROLEO .....	3
1.1. Propiedades y características del GLP en ecuador .....	3
1.2. Importancias y usos del GLP en Ecuador.....	7
1.3. Definición del Problema. ....	10
1.4. Distribución del GLP en Ecuador.....	11
CAPÍTULO 2	
2. GENERALIDADES DEL PROYECTO.....	15
2.1. Parámetros del diseño.....	15
2.2. Normas a utilizar.....	18

### CAPÍTULO 3

3. DISEÑO DE TANQUE Y SELECCIÓN DE MATERIALES. ....	24
3.1. Diseño de forma del Sistema. ....	24
3.2. Diseño del cuerpo del tanque y casquete .....	27
3.3. Proceso de Soldadura. ....	64
3.4. Pruebas de aceptación de acuerdo a las normas. ....	68
3.5. Preparación Superficial.....	70
3.6. Pintura .....	72
3.7. Planos de construcción del tanque .....	78

### CAPÍTULO 4

4. ANÁLISIS DE COSTO.....	79
4.1. Análisis del costo de Materiales, equipos y accesorios a utilizar .....	81
4.2. Análisis de costo de mano de obra.....	83
4.3. Cronograma de construcción del tanque. ....	84

### CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	85
--	----

APÉNDICES .....	89
-----------------	----

BIBLIOGRAFÍA.....	90
-------------------	----

## ABREVIATURAS

AISI	American Iron and Steel Institute
atm	Atmósfera
CFM	Pie cúbico por minuto
ft <sup>3</sup>	Pie cúbico
API	American Petroleum Institute
HP	American National Standards Institute
h	Hora
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
Kg	Kilogramos
ASTM	American society for testing and materials
lbs	Libras
cm <sup>2</sup>	centímetro cuadrado
m	Metro
m <sup>2</sup>	Metro cuadrado
m <sup>3</sup>	Metro cúbico
mm	Milímetros
MPa	Mega pascales
N	Newton
N.m	Newton por metro
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
pulg	Pulgada
psi	Pounds per square inch ( libras por pulgada cuadrada )
Ton	Tonelada

$\mu\text{m}$	Micras
$^{\circ}\text{C}$	Grados Centígrados
$^{\circ}\text{F}$	Grados Farenheit

## SIMBOLOGÍA

D	Diámetro mayor del cilindro.
d	Diámetro menor del cilindro
$D_m$	Diámetro medio
F	Fuerza
I	Momento de inercia
L	Longitud del tanque
N	Velocidad de operación del tornillo transportador
n	Factor de seguridad
P	Presión
Q	Caudal
$S_{ut}$	Resistencia última a la tracción
$S_y$	Resistencia a la fluencia
t	Tiempo
t	Espesor de pared
W	Peso
$\rho_m$	Densidad de la mezcla
$\sigma_a$	Amplitud del esfuerzo
$\sigma_m$	Esfuerzo medio
$\sigma_{\text{máx}}$	Esfuerzo máximo
$\sigma_{\text{mín}}$	Esfuerzo mínimo

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1 DISTANCIAS DE SEGURIDAD DE RECIPIENTE DE GLP DE 8M3.....	17
FIGURA 3.1: GRÁFICO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD VS TEMPERATURA SA516 GR 70.....	26
FIGURA 3.2: PRESIÓN INTERNA QUE ACTÚA A LO LARGO DEL CILINDRO.....	31
FIGURA 3.3: FIGURA FUERZA NORMAL A PLANO A-A.....	31
FIGURA 3.4: DIMENSIONES DE BASE DE APOYO EN MM .....	36
FIGURA 3.5: VARIAS CONDICIONES DE EXTREMOS DE COLUMNAS Y LAS DEFLEXIONES QUE ACTÚAN SOBRE ELLAS .....	38
FIGURA 3.6: LINEAS DE FALLA DE UNA COLUMNA. ....	40
FIGURA 3.7: DIMENSIONES CÁNCAMO DE IZAJE .....	42
FIGURA 3.8: INTERFACE DE ANÁLISIS EN ANSYS®. ....	44
FIGURA 3.9: ESQUEMA DEL PROCESO DE SIMULACIÓN.....	45
FIGURA 3.10: GEOMETRÍA DEL TANQUE. ....	46
FIGURA 3.11: MATERIAL DEL TANQUE.....	47
FIGURA 3.12: MALLADO DE LAS PARTES SEMI ELÍPTICAS Y DEL CUERPO. ....	48

FIGURA 3.13: DIMENSIONES DE BASE DE APOYO EN MM .....	49
FIGURA 3.14: MALLADO DEL TANQUE-CORTE INTERNO.....	49
FIGURA 3.15: CARGAS APLICADAS AL TANQUE. ....	50
FIGURA 3.16: ESFUERZO EQUIVALENTE DE VON MISES DEL CUERPO TOTAL.....	51
FIGURA 3.17: ESFUERZO EQUIVALENTE DE VON MISES-TAPA SEMI ELÍPTICA.....	51
FIGURA 3.18: DEFORMACIÓN TOTAL DEL TANQUE. ....	52
FIGURA 3.19: FACTOR DE SEGURIDAD DEL TANQUE.....	53
FIGURA 3.20: MALLADO DEL SOPORTE.....	54
FIGURA 3.21: RESTRICCIONES DEL SOPORTE.....	55
FIGURA 3.22: ESFUERZO DE VON MISES - SOPORTE.....	56
FIGURA 3.23: DEFORMACIÓN TOTAL - SOPORTE.....	57
FIGURA 3.24: FACTOR DE SEGURIDAD ESTÁTICO - SOPORTE.....	58
FIGURA 3.25: MALLADO - AGARRADERA. ....	59
FIGURA 3.26: CARGAS .....	60
FIGURA 3.27: ESFUERZO DE VON MISES - CÁNCAMO.....	61
FIGURA 3.28: DEFORMACIÓN TOTAL - AGARRADERA.....	62
FIGURA 3.29: FACTOR DE SEGURIDAD ESTÁTICO - AGARRADERA.....	63
FIGURA 3.30: FACTOR DE SEGURIDAD DE FATIGA - AGARRADERA....	64

## INDICE DE TABLAS

TABLA 1. PROPIEDADES DEL GLP EN ECUADOR.....	7
TABLA 2. PRESIÓN DE VAPOR Y MAXIMAS PRESIONES DE TRABAJO	17
TABLA 3. PRESIÓN Y FACTORES DE SEGURIDAD PARA DIFERENTES EDICIONES DEL CÓDIGO ASME .....	18
TABLA 4. CARACTERÍSTICAS DEL ACERO SA 516 GRADO 70.....	25
TABLA 5. MATERIALES MÁS COMÚNES Y ESFUERZOS PERMISIBLES (KG/CM2).....	26
TABLA 6. MOMENTOS DE INERCIA Y RADIO DE GIRO DE DIFERENTES SECCIONES .....	37
TABLA 7. CONDICIONES DE EXTREMO Y FACTORES DE LONGITUD EFECTIVA DE LA COLUMNA .....	39
TABLA 8. TIPO DE JUNTAS .....	66
TABLA 9. DESCRIPCIÓN DE TANQUE .....	73
TABLA 10. ESPESORES SEGÚN PINTURA .....	78
TABLA 11. LIQUIDACIÓN DE IMPORTACIÓN .....	80
TABLA 12. COSTO NETO DE TANQUE DE 7.707M3 .....	81
TABLA 13. COSTOS EQUIPOS .....	82
TABLA 14. COSTO DE MANO DE OBRA .....	83
TABLA 15. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES .....	84

## ÍNDICE DE PLANOS

- PLANO 1 ILUSTRACIÓN DE TANQUE ACOMPAÑADO DE SISTEMA DE ENFRIAMIENTO.
- PLANO 2 PLANO DE CONSTRUCCIÓN PARA TANQUE DE 7.707M<sup>3</sup> DE ALMACENAMIENTO DE GLP
- PLANO 3 PLANO ISOMÉTRICO DE TANQUE DE 7.707M<sup>3</sup>

## **INTRODUCCIÓN**

Ecuador es un país que tiene muchas riquezas naturales, una de ellas es el petróleo, el cuál es la materia prima que mediante el refinamiento se puede producir los derivados del petróleo que son el bunker, la gasolina, GLP, entre otros. El objetivo de éste Proyecto es realizar el estudio del diseño para la construcción de un tanque a presión con el propósito de que éste sirva como medio de almacenamiento del GLP, dado a que éste hidrocarburo tiene un índice de inflamabilidad alto se debe tomar un factor de seguridad alto ya que el uso de éstos tanques tiene cierto grado de riesgo.

Para realizar un buen análisis se debe primeramente conocer las características del GLP en Ecuador y el uso que se le da al hidrocarburo lo cual se detalla de mejor manera en el Capítulo 1 de éste Proyecto de Graduación.

El estudio de éste diseño está basado en las Normas que rigen tanto la construcción de tanques a presión como todos los equipos involucrados con el GLP. Algunas de éstas normas son ASME VIII, ASME IX, NFPA58, INEN 2260, INEN 2261, INEN 113 entre otras.

Una vez realizados los cálculos teóricos se simula el tanque en ANSYS, un software de ingeniería, bajo las condiciones especificadas en el capítulo 3 de éste trabajo a una presión de 250 psi dado a que es la presión de diseño utilizada.

En éste proyecto se especifica el recubrimiento con pinturas adecuado que se le debe dar al tanque una vez que sus piezas han sido cortadas y ensambladas mediante soldadura.

Se comparan los costos empleados en la actualidad entre comprar uno de éstos tanques en el exterior con realizar la construcción a nivel nacional. Dentro de éstos costos se contemplan los materiales, mano de obra, tiempo empleado, equipos de protección personal EPP's.

Se da un cronograma claro de trabajo el cual incluye desde el momento en que se realiza la compra de los materiales hasta el momento final de pruebas y ensayos.

# CAPÍTULO 1

## 1. GENERALIDADES DEL GAS LICUADO DE PETROLEO

### 1.1. Propiedades y características del GLP en Ecuador

El gas licuado de petróleo (GLP) se obtiene a partir del proceso de destilación del petróleo; en el cuál éste último se va separando de acuerdo a densidades y puntos de ebullición en los diferentes componentes como son las gasolinas ligeras, kerosenos, butano, propano, gas-oil, fuel-oil y aceites pesados.

El GLP para Ecuador es actualmente importado ya que nuestro país no realiza tal proceso de refinamiento y destilación, dicho GLP tiene una concentración de 60% Propano(  $C_3 H_8$ ) y 40% Butano ( $C_4 H_{10}$ ).

Los gases butano y propano son hidrocarburos es decir compuestos de hidrógeno y carbono, siendo éstos los principales componentes del GLP. En el caso del Butano cada molécula está formada por

cuatro átomos de carbono y diez átomos de hidrógeno, y en el caso del Propano se tiene por cada molécula tres átomos de carbono y ocho de hidrógeno

El GLP forma una serie homóloga, por esto presenta propiedades químicas semejantes y propiedades físicas que varían gradual y progresivamente.

Dentro de las propiedades físicas tenemos:

- El metano, etano, propano y butano son gaseosos a temperatura ambiente y se usan como gases naturales.
- Ésta clase de hidrocarburo saturado es insoluble en el agua pero si es soluble en disolventes orgánicos como éter, cloroformo, etc.
- El punto de ebullición y la densidad aumentan a medida que aumenta el número de átomos de carbono en la molécula.

Propiedades Químicas:

- Éstos gases no son muy reactivos, son estables y tienen poca tendencia a reaccionar, de ahí viene el nombre de parafinas (poca afinidad). La relativa falta de reactividad de estos gases se debe principalmente a la estabilidad de los enlaces de carbono- carbono y carbono- hidrógeno.

- La combustión es la reacción más importante, pues arden en la presencia del oxígeno del aire produciendo anhídrido carbónico y agua ( $\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ ).
- La llama con suficiente oxígeno es más intensa cuando mayor es el número de átomos de carbono.
- La combustión de éstos gases es una reacción exotérmica porque hay desprendimiento de calor, es por ello que se usan como combustible.

Este derivado del petróleo se conserva y transporta de forma líquida y a ésta masa líquida siempre le acompaña una bolsa o cámara gaseosa.

Los gases licuados de petróleo tienen dos orígenes: del gas natural y del petróleo crudo.

- Del gas natural

La primera fuente es el gas natural húmedo, que solo mezclado con petróleo crudo aflora a la superficie a la presión aproximada de  $250 \text{ kg/cm}^2$ , encontrándose más o menos a profundidades de 2000 metros. Se dice gas húmedo porque emerge del subsuelo mezclado con la gasolina y gases licuados.

El GLP obtenido de gas húmedo es una mezcla de hidrocarburo saturado.

- Del petróleo crudo

Aquí se lo obtiene mediante dos procesos: uno de ellos anteriormente mencionado (destilación fraccionada) y el otro que es el cracking térmico y catalítico, empleando para ello temperaturas y presiones altas en presencia de catalizadores y con esto se obtiene el rompimiento de moléculas pesadas dando como resultado moléculas de cadenas rotas de carbono. El GLP que proviene del petróleo crudo además de hidrocarburos saturados contiene pequeñas cantidades de hidrocarburos insaturados (polipropilenos y butilenos).

El GLP debe ser odorizado previo a su despacho a una planta de granel adicionando un químico llamado etilmercaptano, en razón de 1 lb por cada 10.000 galones de GLP líquido dicho químico facilitará la detección de alguna fuga del mismo mediante ese olor característico.

Éste odorizante tiene un olor característico como ajo o huevo podrido pero esencialmente es un olor sulfuroso, gracias a ésta odorización es como muchas personas en sus hogares o en el área de almacenamiento de la bombona pueden detectar con facilidad la fuga existente.

**TABLA 1. PROPIEDADES DEL GLP EN ECUADOR**

<b>Propiedades</b>	<b>Propano</b>	<b>Butano</b>	<b>70/30</b>
<b>Fórmula</b>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	
<b>Peso Molecular</b>	44.094	58.120	43.302
<b>Punto de ebullición (°C) a 1 kg/cm<sup>2</sup>(absoluta)</b>	-42	-0.5	
<b>Gravedad específica del líquido a 15.6 °C</b>	0.507	0.584	0.5301
<b>Gravedad específica del gas a 15.6 °C</b>	1.522	2.006	1.6672
<b>M<sup>3</sup> de gas por litro de líquido a 15°C</b>	0.26	0.23	0.251
<b>Kcal/m<sup>3</sup> (15.5 °C)</b>	23494	30447	25579.9
<b>Kcal/kg (fase líquida)</b>	11946	11743	118885.1
<b>M<sup>3</sup> de aire requerido para quemar 1m<sup>3</sup> de gas</b>	23.87	31.03	26.018

## 1.2. Importancias y usos del GLP en Ecuador

En Ecuador el GLP juega un gran papel a nivel doméstico e industrial. Algunas de las aplicaciones del mismo son las siguientes:

- En el sector residencial

La presencia del GLP en el sector domiciliario ha supuesto una notable mejoría en el confort y calidad de vida de muchos hogares, cubriendo todas las necesidades energéticas del usuario, Su uso se da en la cocina (cocina y horno), para obtener agua caliente sanitaria (calentador de paso, termo calentadores), calefacción ambiental (estufa móvil, estufa fija, radiador mural y caldera), además también se emplea en el congelador y frigorífico.

- En el sector servicios.
  - Las cocinas industriales: marmitas, gratinadores, hornos, mesas calientes, freidoras, cafeteras, planchas de asado etc.
  - Producción de agua caliente: agua caliente sanitaria, lavado industrial de ropa, secado y planchado de ropa.
  - Calefacción de espacios abiertos: calefacción de recintos deportivos, climatización de piscinas, calefacción por agua caliente.
  
- En el sector industrial

El GLP no contamina. Su combustión está exenta de residuos de plomo y azufre, resultan económicos por su alto rendimiento térmico y requieren instalaciones de bajo costo de inversión y mantenimiento. Además proporcionan un calor homogéneo, limpio y de fácil y segura regulación.

  - En la industria del vidrio se usa en la laminación, recocido y mecanizado del mismo.
  - En la metalurgia se lo utiliza en el temple térmico, corte de chapa, el decapado, preparación de moldes y coquillas, fundición, galvanizado, entre otros procesos.

- En la industria del papel en el calentamiento de la pasta de papel y secado, baños químicos entre otros.
- En hospitales y clínicas en los incineradores.
- En las tabacaleras en el secado de hojas.

- En el sector agropecuario.

Están presentes por tener una combustión limpia, que proporciona anhídrido carbónico y vapor de agua y no produce olores.

- Maduración de los frutos: acelera la respiración del fruto pues proporciona ventilación, calor y oxígeno.
- En las tabacaleras se produce un secado homogéneo de la hoja de tabaco además proporciona la humedad necesaria para que el tabaco no se arrebate y la colocación sea homogénea.
- Invernadero aceleran el crecimiento y calidad de las plantas.
- En las avícolas y explotaciones porcinas ayuda al control del calor para las parideras y crecimiento de crías, agua a temperatura controlada para los bebederos e incluso emplean incinerador.

- En el secado de forraje y grano, para quema de hierbas y la prevención de las heladas.

### **1.3. Definición del Problema.**

El objetivo principal de esta tesis es realizar el estudio del diseño de la construcción de un tanque aéreo con capacidad de 8m<sup>3</sup> para almacenamiento de Gas Licuado de Petróleo con el fin de elaborar un diseño funcional, cumpliendo la necesidad de obtener un producto de calidad con las características adecuadas y además que cumpla todas las normas de construcción para ser aplicado en las distintas empresas nacionales que deseen ser competitivos mundialmente a nivel económico.

En el diseño de tanques a presión para almacenamiento de combustibles y derivados de petróleo se tiene tanques con casquetes semiesféricos, semielípticos y torisféricos.

Sin embargo las comercializadoras de GLP actualmente importan tanques semiesféricos desde México; semielípticos desde argentina y a nivel nacional Acero los Andes fabrica tanques con casquetes torisféricos.

La propuesta de éste proyecto de graduación es realizar el estudio del diseño de un tanque semielíptico de 8m<sup>3</sup> dado que acero los

andes produce tanques de todo tamaño bajo pedido, pero éstos no vienen a capacidad de 8m<sup>3</sup> y tienen casquetes torisféricos.

El sector industrial sería el nicho de mercado potencial para el consumismo del tanque de 8m<sup>3</sup> puesto que en muchas industrias se necesitan tanques de gran capacidad e incluso de mucho más volumen que de 8m<sup>3</sup>.

#### **1.4. Distribución del GLP en Ecuador.**

El transporte de GLP en Ecuador se lo realiza de forma similar a los demás derivados, excepto que los depósitos pueden ser lo suficientemente resistentes como para soportar las máximas presiones de vapor resultante de las más altas temperaturas atmosféricas. Las formas en que se transporta GLP son:

Gasoductos y Poliductos

El gas producido en Shushufindi es transportado por medio de poliductos desde los campos de extracción, hasta el beaterio en Quito. Éste GLP llegaba a tres bocas y a su vez era transportado hasta la planta de Petrocomercial (salitral) por medio de un gasoducto, proceso que en la actualidad ha cambiado, pues ahora llega hasta Petrocomercial en Chorrillo.

- Barcos Cisterna

Estos barcos están provistos de tanques de gran capacidad, de forma esférica o cilíndrica, que estarán empotrados sobre cubierta, y éstos estarán en forma vertical u horizontal.

Muchos de ellos poseen equipos de refrigeración para mantener el gas en estado líquido a presión atmosférica o a una presión reducida, lo que permite el uso de tanques con paredes más delgadas y por ende se transporta un mayor volumen de gas.

Las operaciones de carga y descarga se realizan a través de líneas submarinas, que unen los depósitos de almacenamiento del barco con los de la terminal. Los extremos de la línea se acopla al barco mediante mangueras flexibles de goma sintética puesto que la goma natural es soluble en el GLP.

- Camiones Tanques (Cisternas)

Es lo más utilizado para el transporte de GLP desde los centros de producción y terminales receptores hasta las plantas de envasado de las comercializadoras, o desde las plantas envasadoras hasta los tanques estacionarios que posee cada una de las instalaciones clientas de las comercializadoras.

Los tanques cisternas varían en sus capacidades, pues esto permite que la operación de logística sea más ágil y eficaz. Las capacidades de las cisternas generalmente son de  $10\text{m}^3$ ,  $12\text{m}^3$ ,  $24\text{m}^3$  y  $46\text{m}^3$ . Muchos de éstos camiones disponen de equipos para autodescargue, otros son descargados por equipos instalados en tierra (equipos de trasvase).

Las operaciones de carga y descarga se efectúan a través de mangueras flexibles de caucho sintético que tienen una presión de ruptura de 4 veces la presión de diseño del tanque.

La cantidad de fluido que se carga a los clientes de las comercializadoras es medida a través de un contador y en el contenido del tanque estacionario que lo marca el indicador de nivel.

- Carros tanques de ferrocarril.

Son utilizados como medio económico de transporte para grandes distancias, consisten en carros planos sobre los cuáles se ha acondicionado tanques, cuya capacidad oscila entre 8000 y 30000 galones.

Los tanques sólo son descargados desde tierra, pues los carros no disponen de equipo de vaciado.

- Cilindros portátiles.

Son utilizados por las compañías comercializadoras para abastecer de gas a los usuarios directos. Los cilindros portátiles más utilizados son los de 15kg y 45 kg.

Si el cliente es una industria pequeña la cual no necesita un abastecimiento frecuentemente del producto puede pedir instalar un sistema de centralina en el que la misma estará cumpliendo con la ley puesto que usaría cilindros de 45kg (precio industrial) pero con la facilidad de cambiar su cilindro cuando él crea conveniente

# CAPÍTULO 2

## 2. GENERALIDADES DEL PROYECTO.

### 2.1. Parámetros del diseño.

Los tipos de casquetes más utilizados para la construcción de tanques a presión de almacenamiento de GLP son:

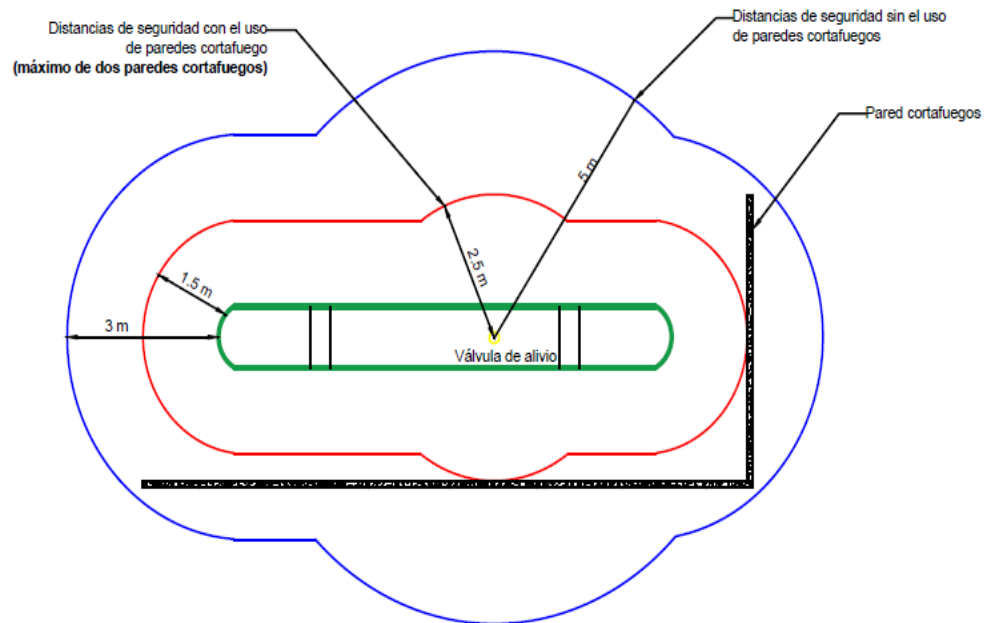
- Hemisféricos
- Toriesféricos
- Semi-elipsoidales

En la industria Ecuatoriana hasta la actualidad se fabrican recipientes a presión con casquetes toriesféricos.

Los casquetes toriesféricos son más utilizados para presiones entre 0.10 y 1.38Mpa, a pesar que también pueden utilizarse en presiones mayores, sin embargo en éstos casos es mejor utilizar casquetes semielípticos puesto que es más económico.

Los contenedores ASME son recipientes presurizados no expuestos al fuego directo, construidos conforme el código ASME. Éstos contenedores se encuentran usualmente instalados de forma permanente es por ello que para éste proyecto de graduación no se tomó en cuenta las cargas sísmicas, además que en Ecuador no hay terremotos de gran escala, pues los epicentros que hasta la actualidad se han encontrado han sido a una gran profundidad bajo nivel del mar.

Al momento de realizar el montaje de un tanque en una instalación centralizada de GLP se debe tomar en cuenta las distancias de seguridad mencionadas e la norma INEN 2260:2010 en donde se indica las distancias de seguridad dependiendo del volumen del recipiente y de la ubicación de la válvula de seguridad, en la figura se ilustra la forma en que se vería desde una vista superior las distancias de seguridad del tanque.



**FIGURA 2. 1 DISTANCIAS DE SEGURIDAD DE RECIPIENTE DE GLP DE 8M3**

Dado que la presión máxima de vapor del GLP es de 215 PSI Se utilizará una presión de diseño del recipiente de 250 psi tal como lo indica la tabla sacada de la norma NFPA 58.

**TABLA 2. PRESIÓN DE VAPOR Y MAXIMAS PRESIONES DE TRABAJO**

Presión de vapor máxima en psig (MPag)		Máxima presión de trabajo permitida en psig (Mpa)					
		Código ASME actual(psi, MPa)		Códigos anteriores			
A 100°F	A 37,8°C			API-ASME (Psi, MPa)		ASME(b)	
80	0,6	100	0,7	100	0,7	80	0,6
100	0,7	125	0,9	125	0,9	100	0,7
125	0,9	156	1,1	156	1,1	125	0,9
150	1	187	1,3	187	1,3	150	1
175	1,2	219	1,5	219	1,5	175	1,2
215	1,5	250	1,7	250	1,7	200	1,4
215	1,5	312	2	312	2,2		

Fuente: Norma NFPA 58, Manual del código del GLP

Para el presente proyecto se ha tomado un factor de seguridad de 4 sin embargo en la actualidad ASME lo pide de 3.5. esto quiere decir que diseñando el recipiente a presión con un factor de seguridad de 4 obviamente resistirá la presión interna de los tanques diseñados con factor de 3.5 y el espesor sería un poco mayor.

**TABLA 3 PRESIÓN Y FACTORES DE SEGURIDAD PARA DIFERENTES EDICIONES DEL CÓDIGO ASME**

Año de Publicación de la Edición del Código ASME	Presión de Diseño				Factor de Seguridad/ Margen de Diseño
	Butano		Propano		
	psig	Mpa	psig	Mpa	
1931 hasta 1946	100	0,7	200	1,4	5
1946 párrafo U-68 y U-69	100	0,7	200	1,4	5
1949, párrafo U-200 y U-201	125	0,9	250	1,7	4
1952 hasta 1998	125	0,9	250	1,7	4
1998 hasta el presente					3,5

Fuente: Norma NFPA 58, Manual del código del GLP

## 2.2. Normas a utilizar.

Dado que nuestro país en la actualidad no tiene normativas nacionales que rijan la como tal la construcción de tanques a presión, la mayoría de las normas a utilizar serán extranjeras, así también la mano de obra que se encargue de la soldadura del tanque tendrá que estar calificado bajo las mismas.

Por tanto éste proyecto se lo realizará bajo las siguientes normas:

## **NORMAS TÉCNICAS**

### **INTERNACIONALES**

- ASME VIII “Boilers and Pressure Vessel Code”.

El código ASME aplica a recipientes a presión de todo tipo de uso, enfatizada en recipientes para aire, vapor y otros productos no inflamables.

Los párrafos UG 125 al UG 136 de la división 1 cubre los dispositivos de alivio de presión, las posibles consecuencias de la operación de éstos dispositivos de alivio de presión descargando esos productos son obviamente diferentes a aquellos en que se descarga GLP.

- NFPA 58 “National fire Protection Association” MANUAL DEL CÓDIGO DEL GLP.

La NFPA 58 ha permitido que los contenedores ASME (recipientes presurizados) sean diseñados utilizando la división I o división II desde la edición de 1995.. La gran mayoría de contenedores son construidos bajo la división I tal como el caso de éste proyecto de graduación.

La división II permite mayor flexibilidad en el diseño, por tanto los recipientes construidos bajo la división II podrían ser recipientes con paredes más delgadas.

- ASME IX, Welding and Brazing Qualifications ésta sección de la Norma ASME hace referencia a la calificación del soldador, la calificación del proceso, y la calificación de la soldadura, pues si se contrata un soldador externo se debe calificarlo para así tener una mayor seguridad de que el trabajo está bien realizado

## **ECUATORIANAS**

- El INEN que es la entidad en Ecuador que hasta el momento emite los certificados de conformidad para tanques a baja presión, en su Procedimiento para la “Renovación de la certificación de conformidad con Norma de Tanques para gases a baja Presión **VC-PR-14** indica que una vez pasados los 5 años luego de la certificación inicial del tanque. Éste debe ser inspeccionado bajo un técnico del INEN quien debe:
  - Realizar inspección visual del tanque (material base y cordones de soldadura tanto en el cuerpo como en casquetes del tanque).
  - Verificar los espesores del acero.

- El color y los espesores de pintura.
  - Que se encuentren instalados las válvulas y accesorios en el tanque.
  - Que se encuentre la placa de identificación colocada sobre el tanque.
  - Accionamiento de la válvula de seguridad o de alivio a una presión máxima de 270 psi
- Según la norma **INEN NTE 2 261** *“Tanques para gases a baja presión. Requisitos e Inspección”* **sección 6** *“Disposiciones Específicas”*
- Los tanques fijos y móviles que van a contener GLP, a más de los requisitos establecidos en esta norma, deben cumplir con lo especificado en la norma NFPA 58 (Capítulo 8).
  - La inspección de los lotes de tanques debe realizarse de acuerdo al numeral 8.2.
  - Pintura y señalización. Los tanque para GLP deben pintarse del color blanco de acuerdo a lo especificado en la NTE INEN 440 y tendrá las siguientes señales:
    - Capacidad del tanque, en m3.

- Cantidad máxima permitida, en kg.
- Señales de seguridad, mediante la simbología especificada en NTE INEN 439, con la leyenda “CUIDADO, PELIGRO DE FUEGO” y “GAS INFLAMABLE!”.
- Otras señales requeridas por reglamentos, leyes o normas vigentes, relacionadas con el tema.

Usando la misma norma **sección 8 “Inspección” literal d “Ensayos finales”** En esta inspección se verifica el tanque en forma visual, externa e internamente, en caso de ser posible y los reportes de ensayos no destructivos, entre los que podemos mencionar: tintas penetrantes, radiografía industrial, ultrasonido, etc. realizados por el fabricante. De cada ensayo se deben presentar los registros y los resultados respectivos. Además, se deben realizar los ensayos de presión hidrostática y de funcionamiento y comprobar el espesor y la adherencia de la pintura, cuando el tanque está terminado; en el caso de tanque móvil, se debe realizar la prueba de rodaje. (Ver Anexo D- PINTURA 4.1 Primario exterior Tipo: 4.2 Acabado exterior Tipo: Color: 4.3 Espesor final seco 4.4 Adherencia). También **literal g “Pintura y señalización”** Se debe verificar el color y el espesor de la pintura de protección aplicado y realizar los ensayos

correspondientes a la adherencia (Ver NTE INEN 1 006); la medición de espesores de la pintura de acuerdo con la NTE INEN 1 012 y la inspección de la señalización (Ver NTE INEN 439).

- Según la norma **INEN NTE 440** “*Colores e identificación de Tuberías*” **Tabla 3** “*Números característicos para identificación de fluidos en tuberías*”, se reconoce que el GLP pertenece a gases combustibles incluso gases licuados **NOTA 1**, el GLP en estado gaseoso se identifica de color amarillo; en estado líquido de color blanco.
  
- Según la norma **INEN NTE 1 006** “*Pinturas y productos afines. Determinación de adherencia mediante prueba de la cinta*” se describe el método necesario para encontrar la adherencia de la pintura al tanque.
  
- Según la norma **INEN NTE 1 012** “*Pinturas y productos afines. Determinación del espesor de película seca mediante micrómetro*” se describe el método necesario para encontrar el espesor de pintura seca del tanque.

# CAPÍTULO 3

## 3. DISEÑO DE TANQUE Y SELECCIÓN DE MATERIALES.

### 3.1. Diseño de forma del Sistema.

Dado que la presión del GLP máximo es de 215 psi, para el presente proyecto se va a tomar una presión de diseño de 250 psi y se elegirá el acero estructural SA 516 gr 70 en base a la norma ASME VIII división 1 y a que el material seleccionado tiene un esfuerzo de 70343.302 psi a temperatura ambiente.

Según Asme VIII sección 1 se utilizará un factor de seguridad de 4, de tal manera que se trabajará con un esfuerzo de 17585.825 psi

La temperatura de diseño será de 51 °C, el diseño de éste tanque se lo hará de tal manera que tenga una vida útil de 30 años.

Por seguridad los depósitos de GLP no se llenan a más del 85%.

**TABLA 4 CARACTERÍSTICAS DEL ACERO SA 516 GRADO 70**

El componente químico de ASTM A516 Grado 70

Carbono(C)	%	Manganeso(Mn)	%	fósforo(P)	%
12.55mm or less	0.27	12.5mm o bajo			
12.5-50mm	0.28	Tratamiento térmico	0.85-1.20		
50-100mm	0.30	Análisis de proiducto ,más 12.5mm	0.79-1.30	0.85-1.20	0.035
100-200mm	0.31	Análisis caliente	0.79-1.30	(max)	
>200mm	0.31	Análisis de product o			
Azufre (S)	%	Silice(Si)	%		
	0.035	Tratamiento térmico de producto	0.15-0.40		
		Análisis	0.13-0.45		

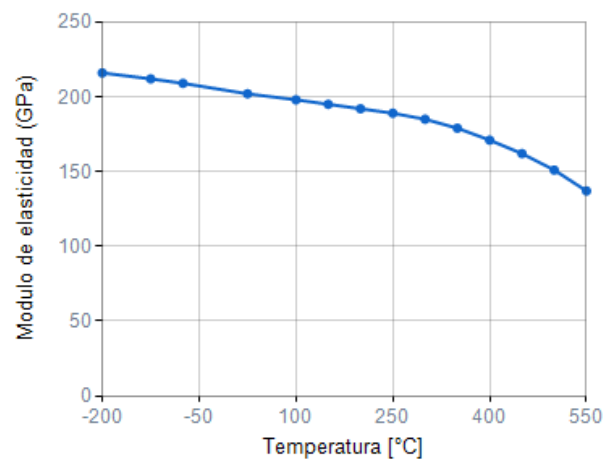
La propiedad mecánica ASTM SA516Gr70

des	Grado70
La dureza de tensión (Ksi)	70-79
la dureza de tensión (MPa)	485-620
la dureza de sumisión(Ksi)	38
continuación en 200mm(min.%)	260
continuación en 50mm(min.%)	17
espesor (max/min)	21
	205

**TABLA5 MATERIALES MÁS COMÚNES Y ESFUERZOS PERMISIBLES (KG/CM2)**

ESPECIFICACION	GRADO	ESFUERZO EN PUNTO CEDENCIA	ESFUERZO A LA TENSION	ESFUERZO DE DISEÑO	ESFUERZO DE PRUEBA
ASTM					
A-283	C	2110	3870	1410	1580
A-285	C	2110	3870	1410	1580
A-131	A,B,CS	2390	4080	1600	1750
A-36		2530	4080	1630	1750
A-131	EH36	2580	4990	1200	2140
A-442	55	2110	3870	1410	1580
A-442	60	2250	4220	1500	1690
A-573	58	2250	4080	1500	1690
A-573	65	2460	4570	1640	1850
A-573	70	2950	4920	1970	2110
A-516	55	2110	3870	1410	1580
A-516	60	2250	4220	1500	1690
A-516	65	2460	4570	1640	1850
A-516	70	2670	4920	1780	2000
A-662	B	2810	4570	1830	1960
A-662	C	3020	4920	1970	2110
A-537	1	3510	4920	1970	2110
A-537	2	4220	5620	2250	2410
A-633	C,D	3510	4920	1970	2110
A-678	A	3510	4920	1970	2110
A-678	B	4220	5620	2250	2410
A-737	B	3510	4920	1970	2110

Modulo de elasticidad (GPa)



**FIGURA 3. 1: GRÁFICO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD VS TEMPERATURA SA516 GR 70.**

### 3.2. Diseño del cuerpo del tanque y casquete

- **Diseño del cuerpo**

Vamos a calcular el espesor mínimo requerido para que el tanque de almacenamiento nos dure 30 años. Teniendo en cuenta ésta vida útil se calcula la velocidad de corrosión.

**Velocidad de corrosión:**

$$V = \frac{(13 - 19)\mu m}{año} \approx 16\mu m$$

$$t_{corrosion} = \frac{16\mu m}{año} \times 30 años \times \frac{10^{-6}m}{1\mu m} \times \frac{1in}{0.0254m} = 0.018897 in$$

Se considerará que a lo largo de su vida útil la plancha perderá el espesor de:

$$t_{corrosion} = 0.018 in$$

De tal manera que cuando se seleccione la plancha a utilizar que ofrece el mercado se considerará éste espesor que se pierde con el tiempo.

**Espesor de pared mínimo requerido**

Conociendo la presión de Diseño que es de 250psi, el acero que se va a emplear con sus respectivos esfuerzos para el diseño de éste tanque y dado que se desea que el diámetro externo no supere 1066 mm y que la longitud no exceda los

9m de largo, se utilizará una longitud total para el tanque de 8977 mm y en base a éstas condiciones se calcula el espesor mínimo requerido.

$$t = \frac{PR}{SE + 0.4P}$$

$$t = \frac{(250psi)(20.984in)}{(17585.825psi)(1) + 0.4(250)}$$

$$t = 0.2966in$$

Como se mencionó anteriormente se debe añadir el espesor que perderá a lo largo de los 30 años de uso que tendrá el tanque.

$$t_{requerido} = t_{corrosion} + t$$

$$t_{requerido} = 0.018 in + 0.296in$$

$$t_{requerido} = 0.314 in \approx 7.97mm.$$

Sin embargo se seleccionará la plancha más cercana en el mercado que es de espesor 7.94 mm equivalente en pulgadas a 0.312598 in debido a que al tanque para una mayor protección se le realizará 3 capas de pintura que más adelante se detallará en el numeral de pintura de tanque.

Además en el Ecuador para que un tanque a presión de almacenamiento de GLP esté en funcionamiento debe tener

un Re certificado INEN lo cual requiere de un cierto mantenimiento al tanque en el cual incluso se corrigen los imperfectos de pintura que presente el tanque.

Si se utiliza simplemente la mínima resistencia a la tracción del acero SA516 gr 70 que es 70000psi se obtendría el siguiente espesor.

$$t = \frac{(250psi)(20.984in)}{70000psi}$$

$$t = 0.0749in$$

De tal manera que se comparando con el espesor seleccionado se obtiene un factor de seguridad de:

$$F_s = \frac{0.312in}{0.0749in}$$

$$F_s = 4.2$$

Lo cual se corrobora con lo solicitado por ASME VIII. División 1.

### **Presión interna en el casco cilíndrico.**

Una vez seleccionado el espesor de plancha que se va a utilizar se procede a calcular la presión máxima permitida de trabajo a lo largo del casco cilíndrico dada por la siguiente formula.

$$P = \frac{SEt}{R - 0.4t}$$

$$P = \frac{(17585.825psi)(1)(0.312in)}{(20.984in) - 0.4(0.312in)}$$

$$P = 263.03psi$$

Ésta presión de 263.03 psi es la presión máxima en la junta longitudinal.

### **Presión en las Juntas Circunferenciales en el casco cilíndrico.**

La presión que se ejerce sobre las juntas circunferenciales se la calculará con la fórmula:

$$P = \frac{2SEt}{R - 0.4t}$$

$$P = \frac{2(17585.825psi)(1)(0.312in)}{(20.984in) - 0.4(0.312in)}$$

$$P = 526.07 psi$$

Luego se calcula la fuerza que actúa normalmente al plano A-A como indica la figura.

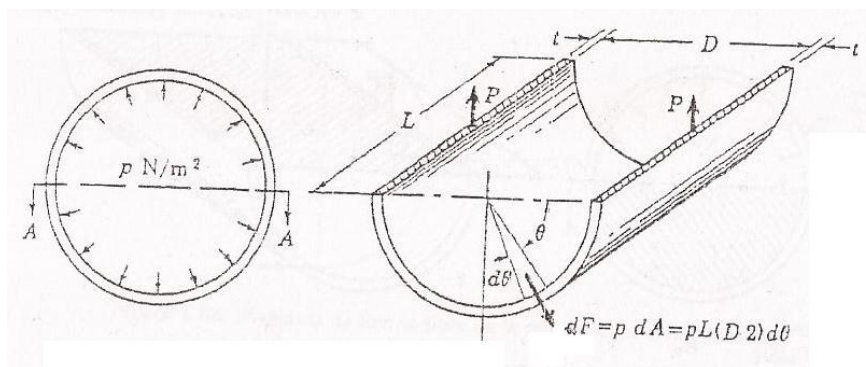


FIGURA 3. 2: PRESIÓN INTERNA QUE ACTÚA A LO LARGO DEL CILINDRO

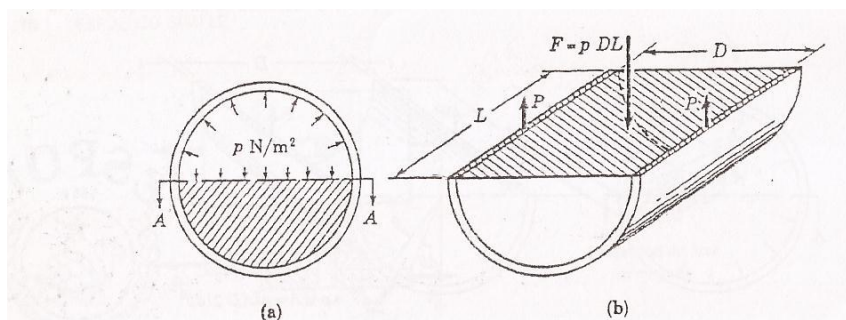


FIGURA 3. 3: FIGURA FUERZA NORMAL A PLANO A-A

$$F = PD_o \Delta L$$

$$F = 2P$$

$$F = 526.07$$

- **Diseño de los casquetes**

En el presente proyecto de graduación para el estudio del diseño de construcción del tanque de  $8\text{m}^3$ , se toma en consideración una forma de casquete semielipsoidal.

Así mismo como en el caso del casco o cilindro se procede a realizar los cálculos de espesor de pared y presión interna.

### Espesor del casquete mínimo requerido

$$t = \frac{PD}{2SE + 1.8P}$$

$$t = \frac{(250psi)(20.984in)}{2(17585.825psi)(1) + 1.8(250psi)}$$

$$t = 0.147in$$

Como para el caso del casco o cilindro se calcula el espesor mínimo requerido aplicando el espesor por corrosión a través de los 30 años de vida útil del tanque:

$$t_{requerido} = t_{corrosion} + t$$

$$t_{requerido} = 0.018in + 0.147in$$

$$t_{requerido} = \mathbf{0.1652in}$$

Por tanto el espesor mínimo requerido en los casquetes del tanque es de 0.165 in, equivalente a 4.20mm.

De tal manera que se usará el mismo acero SA 516 gr 70 con una plancha de espesor de 7.94mm debido a que una vez que se realice la manufactura del casquete semielíptico el espesor disminuirá.

Presión interna en los casquetes

$$P = \frac{2SEt}{D - 1.8t}$$

$$P = \frac{2(17585.825psi)(1)(0.321in)}{(41.968in) - 1.8(0.321in)}$$

$$P = 264.22 \text{ psi}$$

Por tanto la presión máxima admisible de trabajo es de 263.03 psi ya que en el casco o cilindro es donde el tanque va a soportar una menor presión.

- **Carga soportada por cada uno de los soportes**

Para determinar la carga soportada por cada uno de los soportes se calculará el peso total del recipiente lleno de tal manera que los soportes estén aptos para soportar la carga total del recipiente ocupando su Volumen total. Por seguridad los tanques diseñados para almacenar GLP deben ser ocupados solo hasta su 85%.

Peso total del recipiente:

$$Q_{total} = Q_{recipiente\ vacío} + Q_{lleno}$$

Peso del recipiente vacío

$$Q_{recipiente\ vacío} = Q_{cilindro} + Q_{casquetes}$$

Se determina el peso del cilindro con la siguiente fórmula:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Para ello se calcula previamente el volumen del material ocupado en el casco o cilindro

$$V = \frac{\pi D^2 h}{4} - \frac{\pi d^2 h}{4}$$

$$V = \pi \frac{(D^2 - d^2)h}{4}$$

$$V = \pi \frac{(1.066m^2 - 1.050m^2)8.357m}{4}$$

$$V = 0.22m^3$$

Siendo:

$$\rho_{metal} = 7850 \frac{kg}{m^3}$$

$$V = 7.707m^3$$

$$m = \rho V$$

$$m = (7850 \frac{kg}{m^3})(0.22m^3)$$

$$m = 1,74 ton$$

Luego se calcula el peso de los casquetes semielípticos

$$m_{cassquetes} = 1.084 D_m^2 t \rho_{material}$$

$$m_{cassquetes} = 1.084 (41,655in)^2 (0.312in) (0.2835 \frac{lb}{in^3})$$

$$m_{\text{casquetes}} = 166.37 \text{ lb cada casquete}$$

$$m_{\text{casquetes}} = 332,65 \text{ lb los dos casquetes}$$

$$m_{\text{casquetes}} = 151.20 \text{ kg}$$

Por tanto el peso del recipiente vacío es de:

$$Q_{\text{recipiente vacío}} = 1740 \text{ kg} + 151.20 \text{ kg}$$

$$Q_{\text{recipiente vacío}} = \mathbf{1891.20 \text{ kg}}$$

Para determinar el peso del recipiente lleno, se toma en cuenta como si el recipiente está lleno en su totalidad de agua dado que el agua tiene una mayor densidad que la del GLP y además al momento de realizar las pruebas de presión hidrostática será éste el fluido con el que trabajará.

Por tanto:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Sabiendo que el volumen del recipiente es de  $7.707 \text{ m}^3$  y la densidad del agua  $1000 \text{ kg/m}^3$ .

$$m_{\text{recipiente lleno}} = \left(1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)(7.707 \text{ m}^3)$$

$$m_{\text{recipiente lleno}} = 7707 \text{ kg}$$

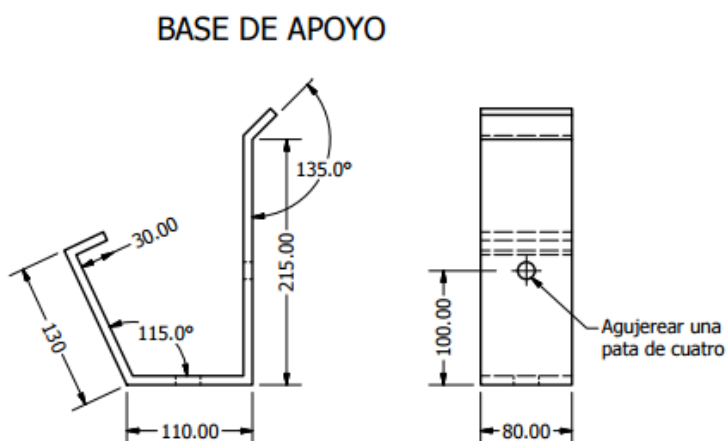
De donde se obtiene que:

$$Q_{\text{total}} = 1891.20 \text{ kg} + 7707 \text{ kg}$$

$$Q_{\text{total}} = \mathbf{9598,20 \text{ kg}}$$

Por tanto cada apoyo debe soportar 2399.55kg.

El perfil utilizado es como se muestra en la figura 3.4.



**FIGURA 3. 4: DIMENSIONES DE BASE DE APOYO EN MM**

Se utiliza el mismo espesor que la plancha con la que se ha construido el tanque debido a que existen sobrantes con los cuáles se pueden fabricar los apoyos, dicho espesor de plancha es de 7.94mm

Por tanto la sección de las partes de apoyo es:

$$A = 8.0cm \times 0.794cm$$

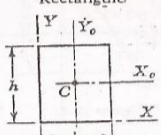
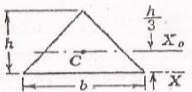
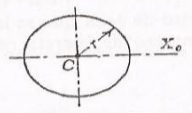
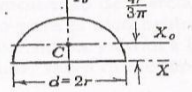
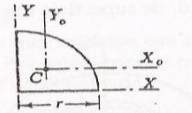
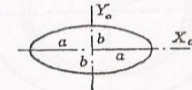
$$A = 6.35cm^2$$

El esfuerzo del acero SA516 grado 70 que se utiliza es de 70000psi, equivalente a 4921 kg/cm<sup>2</sup>, se adopta un factor de seguridad de 4; por tanto:

$$\sigma_{admisible} = 1230 \text{ kg/cm}^2$$

Dado que la sección a analizar es rectangular por medio de la tabla 6.

**TABLA 6. MOMENTOS DE INERCIA Y RADIO DE GIRO DE DIFERENTES SECCIONES**

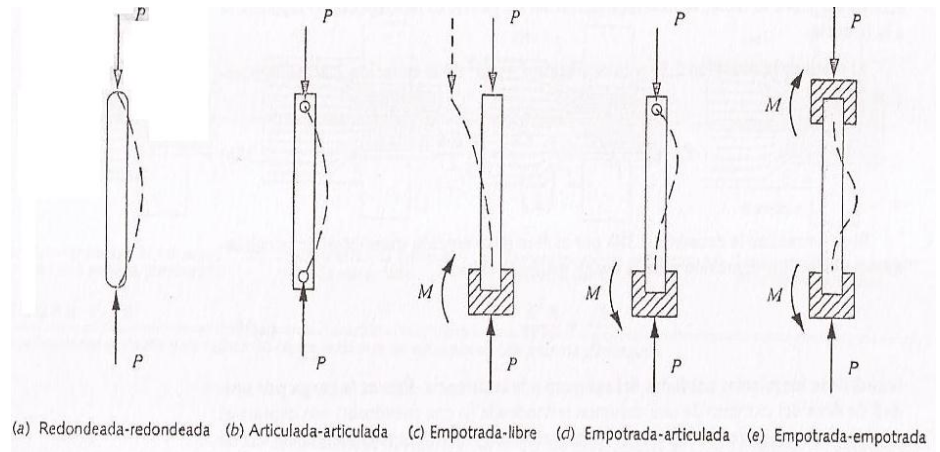
Momentos de inercia		
FIGURA	MOMENTO DE INERCIA	RADIO DE GIRO
<p>Rectángulo</p> 	$\bar{I}_x = \frac{bh^3}{12}$ $I_x = \frac{bh^3}{3}$	$\bar{k}_x = \frac{h}{\sqrt{12}}$ $k_x = \frac{h}{\sqrt{3}}$
<p>Triángulo cualquiera</p> 	$\bar{I}_x = \frac{bh^3}{36}$ $I_x = \frac{bh^3}{12}$	$\bar{k}_x = \frac{h}{\sqrt{18}}$ $k_x = \frac{h}{\sqrt{6}}$
<p>Círculo</p> 	$\bar{I}_x = \frac{\pi r^4}{4}$ $\bar{I}_y = \frac{\pi r^4}{4}$	$\bar{k}_x = \frac{r}{2}$ $\bar{k}_y = \frac{r}{2}$
<p>Semicírculo</p> 	$I_x = \bar{I}_y = \frac{\pi r^4}{8}$ $\bar{I}_x = 0.11r^4$	$k_x = \bar{k}_y = \frac{r}{2}$ $\bar{k}_x = 0.264r$
<p>Cuadrante de círculo</p> 	$I_x = I_y = \frac{\pi r^4}{16}$ $\bar{I}_x = \bar{I}_y = 0.055r^4$	$k_x = k_y = \frac{r}{2}$ $\bar{k}_x = \bar{k}_y = 0.264r$
<p>Área elíptica</p> 	$\bar{I}_x = \frac{\pi ab^3}{4}$ $\bar{I}_y = \frac{\pi ba^3}{4}$	$\bar{k}_x = \frac{b}{2}$ $\bar{k}_y = \frac{a}{2}$

El momento de inercia de la sección es

$$I = \frac{bxh^3}{12}$$

$$I = \frac{(8\text{cm})x(0.794\text{cm})^3}{12}$$

$$I = 0.33cm^4$$



**FIGURA 3. 5: VARIAS CONDICIONES DE EXTREMOS DE COLUMNAS Y LAS DEFLEXIONES QUE ACTÚAN SOBRE ELLAS**

Dado que la longitud más comprometida al pandeo es de 21.5cm por ser la mayor, se analiza su radio de giro y razón de esbeltez bajo la condición (d) de la figura 3.5.

Por tanto la longitud efectiva para la columna bajo las condiciones especificadas es de

$$l = 0.707l_o$$

$$l = 0.707(21.5cm)$$

$$l = 15,2cm$$

**TABLA 7. CONDICIONES DE EXTREMO Y FACTORES DE LONGITUD EFECTIVA DE LA COLUMNA**

Condiciones de extremo	Valores teóricos	Recomendados por la AISC	Valores conservadores
<b>Redondeada-Redondeada</b>	$l_{ef} = l$	$l_{ef} = l$	$l_{ef} = l$
<b>Articulada-Articulada</b>	$l_{ef} = l$	$l_{ef} = l$	$l_{ef} = l$
<b>Empotrada-libre</b>	$l_{ef} = 2l$	$l_{ef} = 2.1l$	$l_{ef} = 2.4l$
<b>Empotrada-articulada</b>	$l_{ef} = 0.707l$	$l_{ef} = 0.80l$	$l_{ef} = l$
<b>Empotrada-empotrada</b>	$l_{ef} = 0.5l$	$l_{ef} = 0.65l$	$l_{ef} = l$

Fuente: Norma NFPA 58, Manual del código del GLP

**El radio de giro es**

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

$$k = \sqrt{\frac{0.33cm^4}{6.35cm^2}}$$

$$k = 0.22cm$$

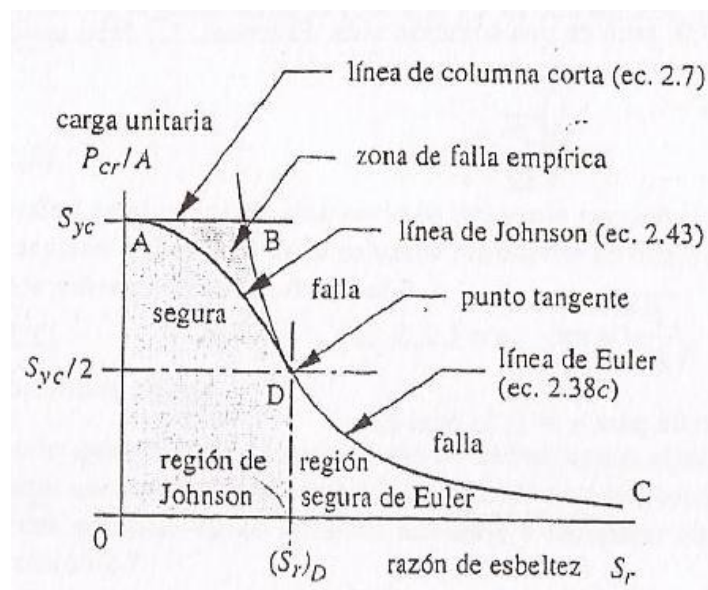
Por lo tanto el grado de esbeltez

$$S_r = \frac{l}{k}$$

$$S_r = \frac{15.2cm}{0.22cm}$$

$$S_r = 66.67$$

Se usa la zona segura de Euler para asegurar que los soportes soporten el peso total del recipiente lleno tal como muestra la figura 3.6.



**FIGURA 3. 6: LINEAS DE FALLA DE UNA COLUMNA.**

Por tanto:

$$(S_r)_D = \pi \sqrt{\frac{2E}{S_y}}$$

$$(S_r)_D = \pi \sqrt{\frac{2(29E6psi)}{(70000psi)}}$$

$$(S_r)_D = 90.43$$

La razón de esbeltez  $S_r$  de ésta columna está a la izquierda del punto tangente y por tanto está en la región de Johnson de tal manera que se aplica la ecuación para determinar la

carga crítica, luego se aplica el factor de seguridad y de esa manera se obtiene la carga permisible:

$$P_{cr} = A \left[ S_y - \frac{1}{E} \left[ \frac{S_y S_r}{2\pi} \right]^2 \right]$$

$$P_{cr} = (0.984 \text{ in}^2) \left[ (70000 \text{ psi}) - \frac{1}{(29000 \text{ ksi})} \left[ \frac{(70000 \text{ psi})(66.67)}{2\pi} \right]^2 \right]$$

$$P_{cr} = 50160 \text{ lb}$$

Aplicando factor de seguridad de 4

$$P_{permisible} = \frac{P_{cr}}{SF}$$

$$P_{permisible} = \frac{50160 \text{ lb}}{4}$$

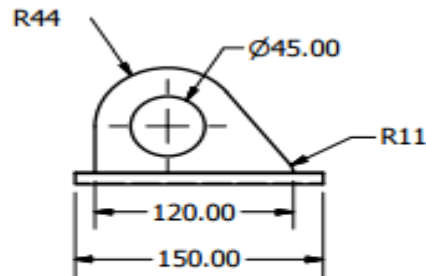
$$P_{permisible} = 12540 \text{ lb}$$

Equivalente a 5688 kg

### **Cálculo del cáncamo de izaje**

Se aprovecha que se tiene material sobrante luego de realizar el corte de las planchas con espesor de 7.94mm y se decide construir los cáncamos de izaje del mismo material SA 516 gr 70.

### CÁNCAMO DE IZAJE



Cantidad: 2  
Esc.: 1:4

FIGURA 3. 7: DIMENSIONES CÁNCAMO DE IZAJE

Dado que el esfuerzo del acero SA 516 gr 70 es de 4921 kg/cm<sup>2</sup> se utiliza un factor de seguridad de 3.5 de tal forma que el esfuerzo admisible es:

$$\sigma_{admisible} = 1406 \text{ kg/cm}^2$$

Y la tensión admisible por corte

$$\tau_{adm} = 0.8 \times \sigma_{admisible}$$

$$\tau_{adm} = 1124.8 \text{ kg/cm}^2$$

Dado que cada vez que se haga un montaje o desmontaje de éste recipiente a presión se lo hará vacío se toma en cuenta el peso del recipiente vacío para calcular el peso que van a levantar los cáncamos.

$$Q_{\text{recipiente vacío}} = 1891.20 \text{ kg}$$

$$Q_{cáncamo} = \frac{1891.20kg}{2}$$

$$Q_{cáncamo} = 945.60kg$$

Sección de la base del cáncamo:

$$A = 1.75cm \times 0.794cm$$

$$A = 1.389cm^2$$

Por tanto el esfuerzo que ejerce cada cáncamo es de:

$$\sigma_{cáncamo} = \frac{Q_{cáncamo}}{A}$$

$$\sigma_{cáncamo} = \frac{945.60kg}{1.389cm^2}$$

$$\sigma_{cáncamo} = 680.53 \frac{kg}{cm^2}$$

Luego se compara con el esfuerzo de tensión admisible del material

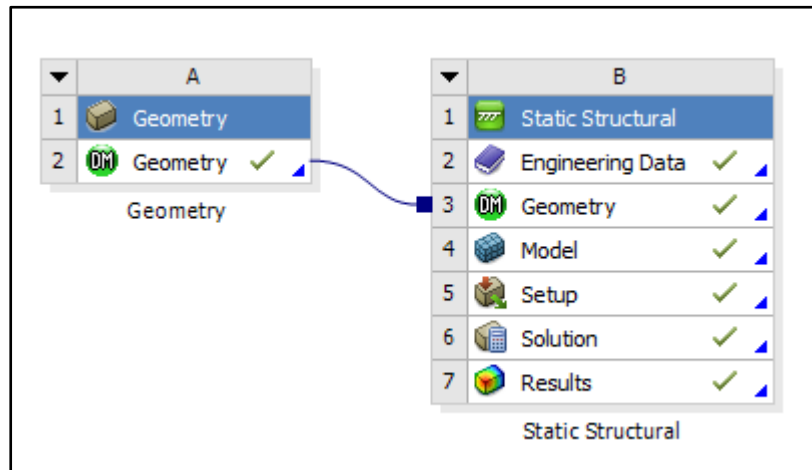
$$680.53 \frac{kg}{cm^2} < \tau_{adm}$$

Y se verifica que cumple

### **Simulación en ANSYS**

El Análisis que se realiza al Tanque es Estático, no intervienen otros efectos tales como térmico ya que el fluido que este encierra no tiene temperaturas críticas el cual uno deba considerar.

En la Figura 3.8 se muestra la interface previa al analisis.

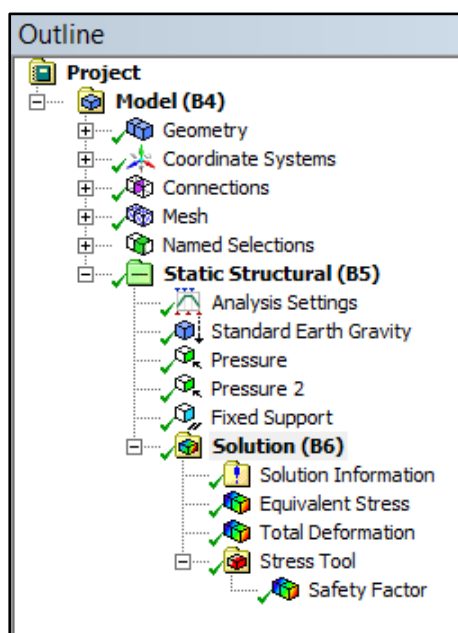


**FIGURA 3. 8: INTERFACE DE ANÁLISIS EN ANSYS®.**

### **Proceso de Simulación**

Primero se exporta el CAD realizado en Autodesk Inventor a la plataforma de ANSYS, luego se agrega el material a la carpeta de datos. Después se hace el mallado correspondiente que entra dentro de la fase del pre-proceso. Luego hay que aplicar las restricciones y las cargas de diseño al modelo. Al final se realiza el análisis de resultados el cual involucra el Esfuerzo Equivalente de Von Mises y la Deformación Total Máxima.

En la Figura 3.9 se presenta el Esquema del proceso de Simulación.

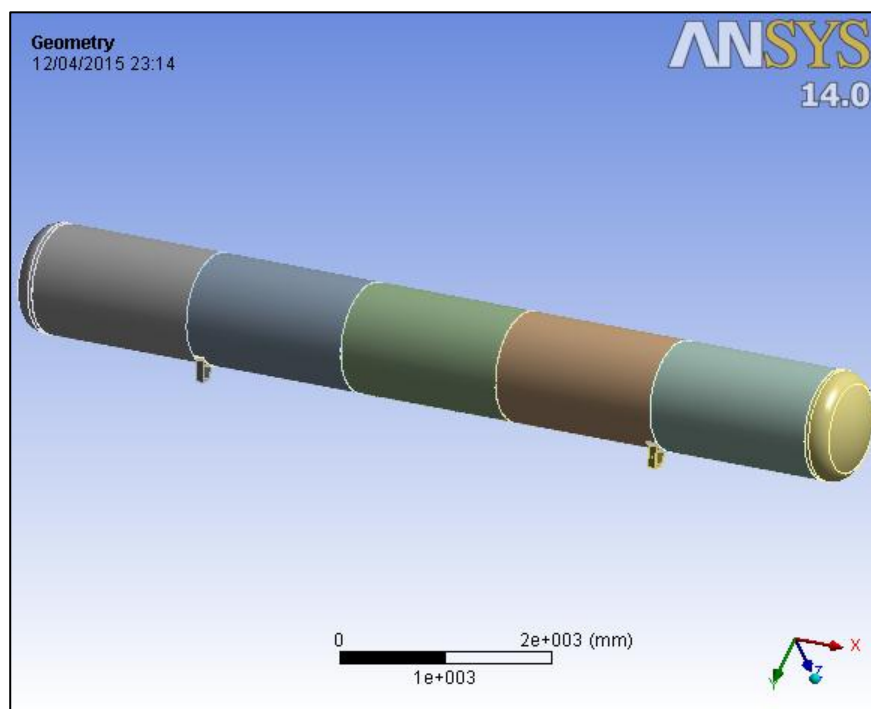


**FIGURA 3. 9: ESQUEMA DEL PROCESO DE SIMULACIÓN.**

### **Geometría**

Una vez exportado el CAD de Inventor, se reconoce la geometría del modelo. Hay que tener en cuenta que hay cuerpos que los reconoce como superficie, por lo tanto hay que darles el espesor adecuado para que se comporten como cuerpos sólidos.

La Figura 3.10 muestra la Geometría del mismo:



**FIGURA 3. 10: GEOMETRÍA DEL TANQUE.**

### **Material**

En la parte de "Engineering Data" se ingresa los nuevos materiales, el material del cuerpo del tanque es SA 516 G70.

En la Figura 3.11, se muestra las especificaciones del material ingresado:

Outline of Schematic B2: Engineering Data				
	A	B	C	D
1	Contents of Engineering Data			Description
2	Material			
3	SA 516 g70			Fatigue Data at zero mean stress comes from 1998 ASME BPV Code, Section 8, Div 2, Table 5 -110.1
4	Structural Steel			Fatigue Data at zero mean stress comes from 1998 ASME BPV Code, Section 8, Div 2, Table 5 -110.1
*	Click here to add a new material			

Properties of Outline Row 3: SA 516 g70					
	A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit		
2	Density	7850	kg m <sup>-3</sup>		
3	Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion				
6	Isotropic Elasticity				
12	Alternating Stress Mean Stress	Tabular			
16	Strain-Life Parameters				
24	Tensile Yield Strength	485	MPa		
25	Compressive Yield Strength	485	MPa		
26	Tensile Ultimate Strength	620	MPa		
27	Compressive Ultimate Strength	0	Pa		

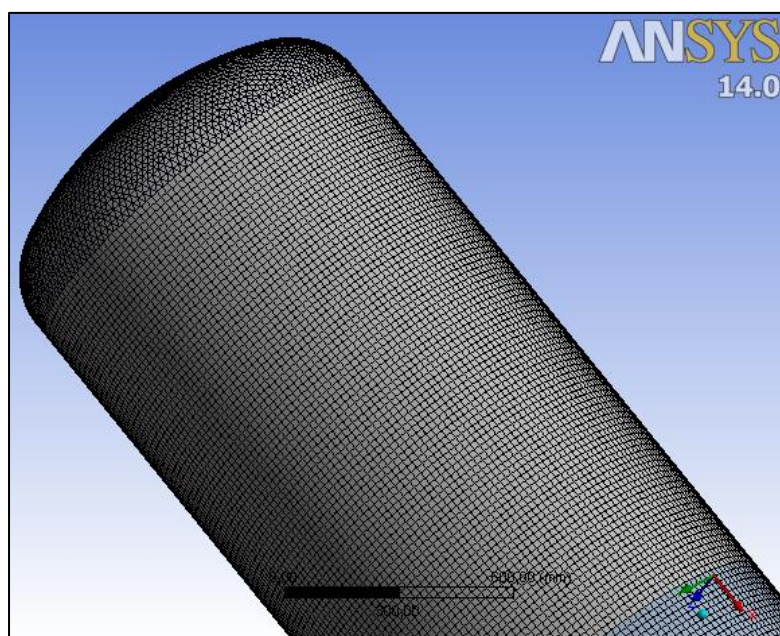
**FIGURA 3. 11: MATERIAL DEL TANQUE.**

### Mallado

En el mallado se puede observar que las superficies uniformes presentan elementos hexaédricos, mientras que las superficies complejas presentan elementos tetraédricos.

Al inicio el mallado no era de buena calidad, por lo que se tuvo que modificar el mallado y hacerlo más fino de tal manera que los resultados obtenidos puedan ser más confiables.

En la Figura 3.12,3.13 y 3.14 muestra el mallado del Tanque:



**FIGURA 3. 12: MALLADO DE LAS PARTES SEMI ELÍPTICAS Y DEL CUERPO.**

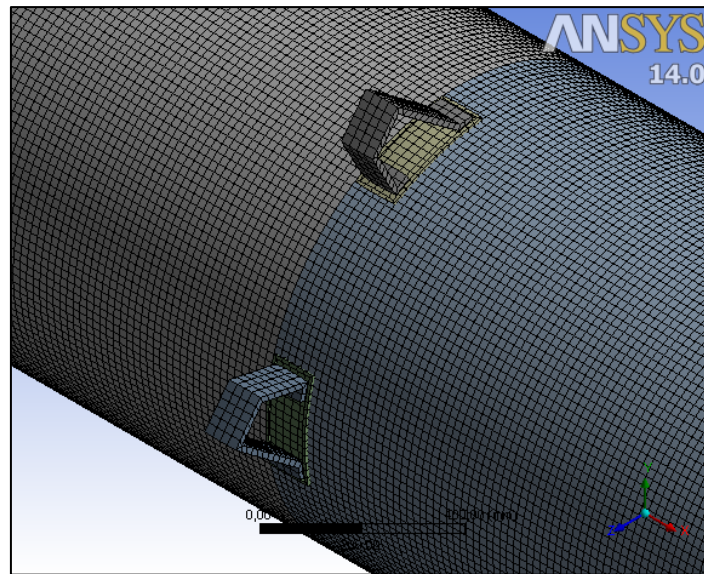


FIGURA 3. 13: DIMENSIONES DE BASE DE APOYO EN MM

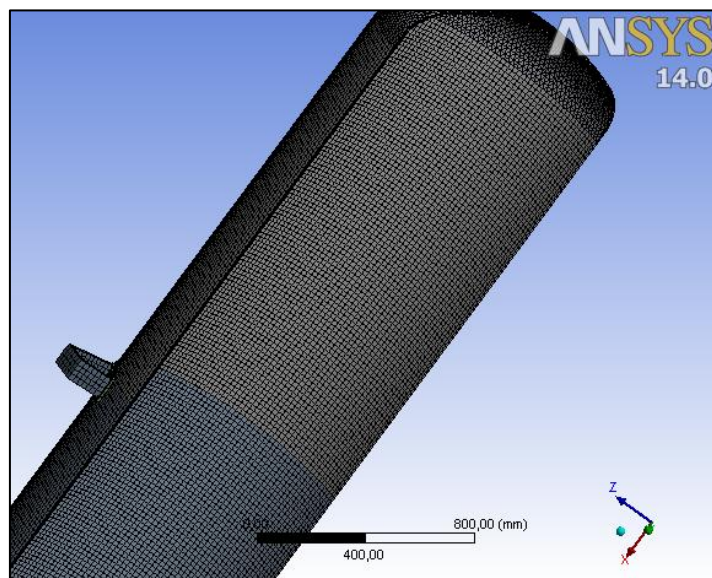
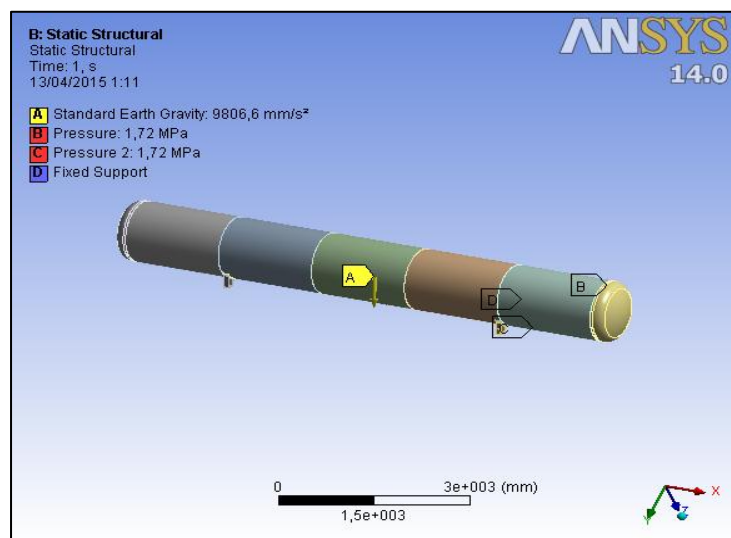


FIGURA 3. 14: MALLADO DEL TANQUE-CORTE INTERNO.

### Aplicación de Cargas

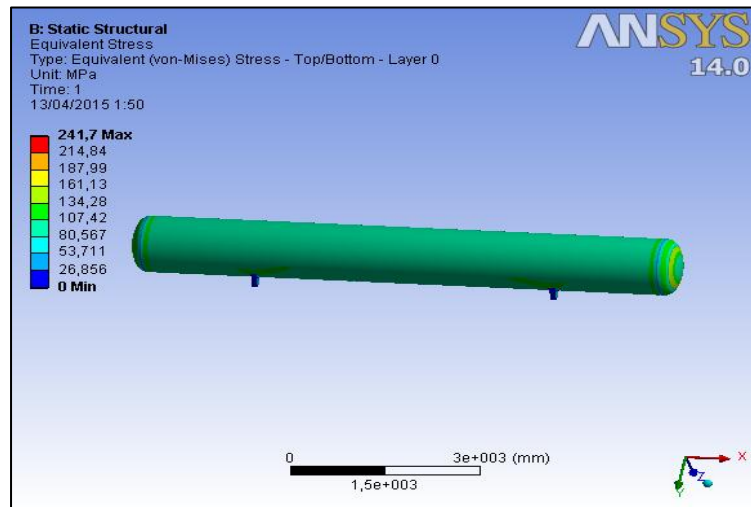
La Figura 3.15 muestra la aplicación de cargas el cual intervienen las presiones, el peso propio del cuerpo y las cargas fijas en los soportes.



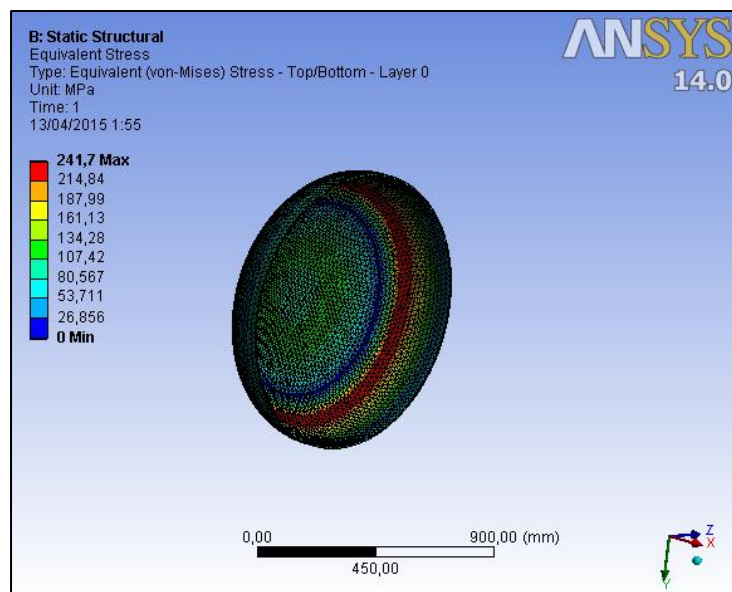
**FIGURA 3. 15: CARGAS APLICADAS AL TANQUE.**

### Esfuerzo Equivalente de Von Mises (Ver Figura 3.16)

El esfuerzo equivalente máximo es de 247.1 MPa, el cual está ubicado en la parte interna de la tapa semi elíptica (Ver Figura 3.17). Esto se debe al cambio de sección que presenta el mismo.



**FIGURA 3. 16: ESFUERZO EQUIVALENTE DE VON MISES DEL CUERPO TOTAL.**



**FIGURA 3. 17: ESFUERZO EQUIVALENTE DE VON MISES-TAPA SEMI ELÍPTICA.**

### Deformación Total (Ver Figura 3.18)

La deformación total es de 1.83 mm, el cual es una deformación muy pequeña aplicada al cuerpo.

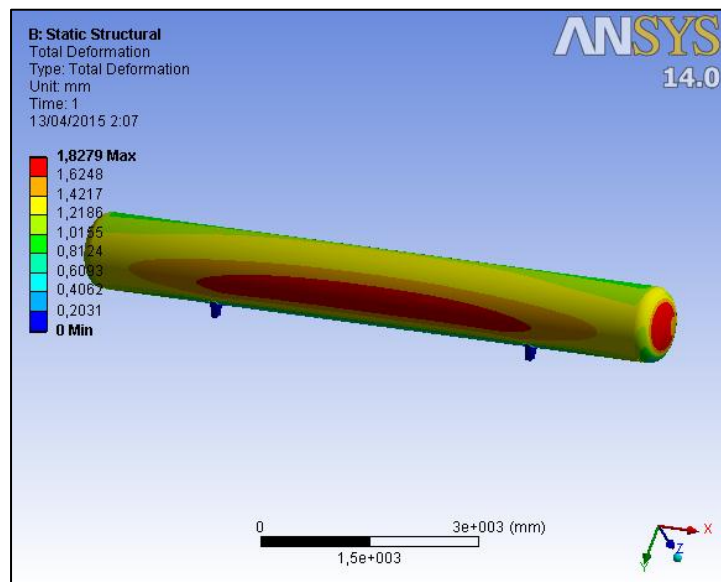


FIGURA 3. 18: DEFORMACIÓN TOTAL DEL TANQUE.

### Factor de Seguridad (Ver Figura 3.19)

El factor de Seguridad mínimo tiene un valor de 2, esto quiere decir que no falla por diseño estático ya que el factor es mayor a 1. El factor de seguridad mínimo se presenta en la tapa semielíptica, esto se debe a que en esa zona el esfuerzo es aplicado es máximo.

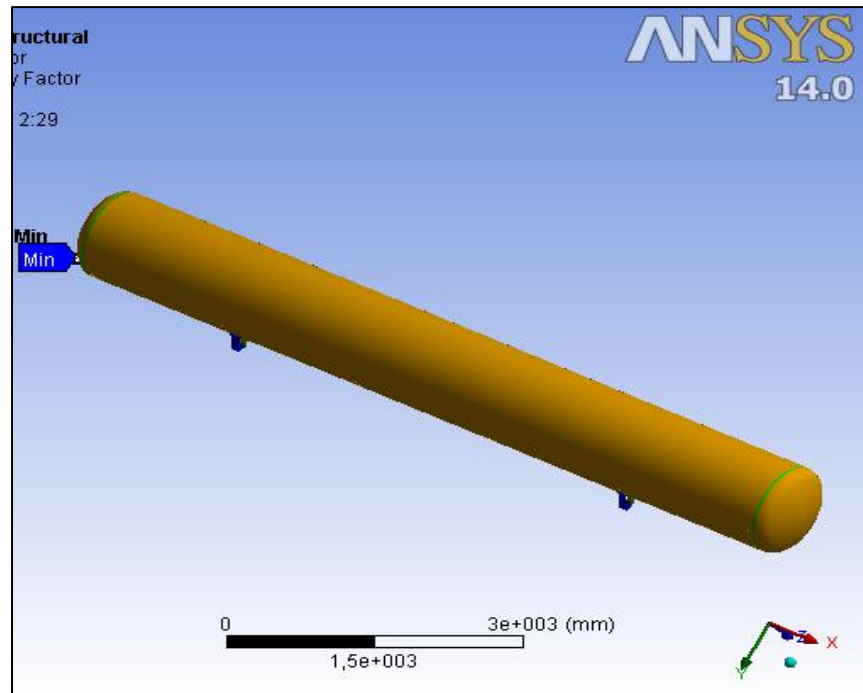


FIGURA 3. 19: FACTOR DE SEGURIDAD DEL TANQUE.

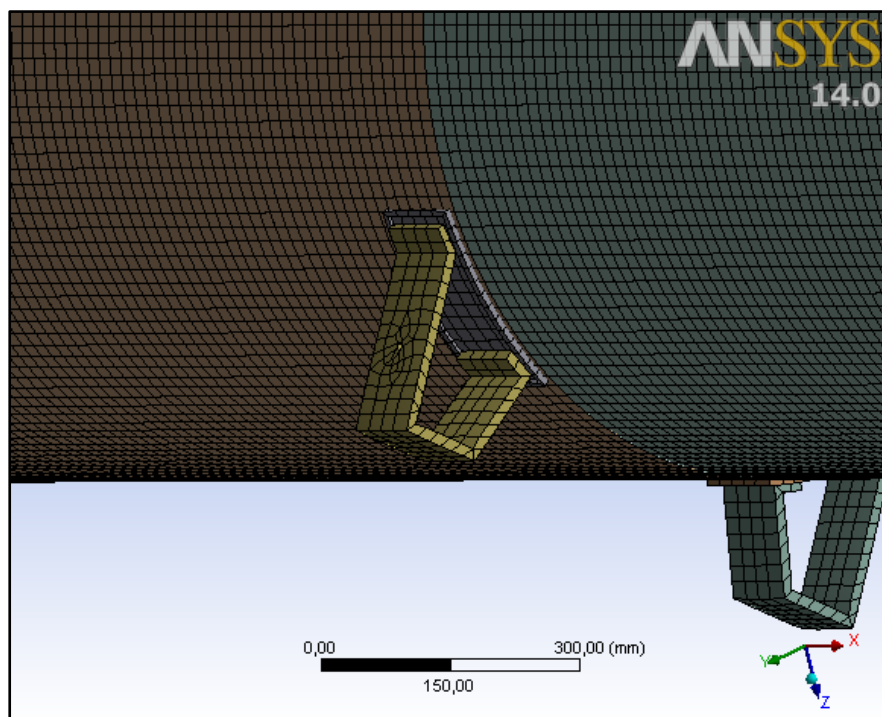
### SOPORTE ESTRUCTURAL

El Tanque a presión está apoyado en dos soportes, las cuales sus dimensiones se basan a las consideraciones que menciona la Norma ASME.

Son 4 soportes que tiene el Tanque, el cual para el análisis del mismo se considerara uno.

### Mallado (ver figura 3.20)

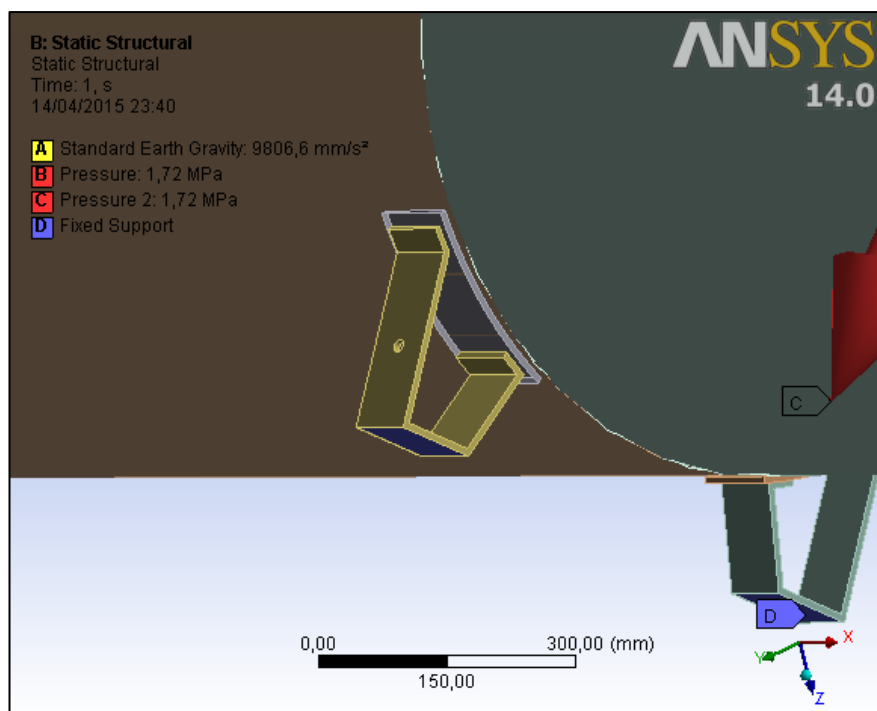
Antes del análisis, hay que obtener un buen mallado del mismo. El mallado del soporte es hexaédrico debido a la uniformidad del componente.



**FIGURA 3. 20: MALLADO DEL SOPORTE.**

**Restricciones** (ver figura 3.21)

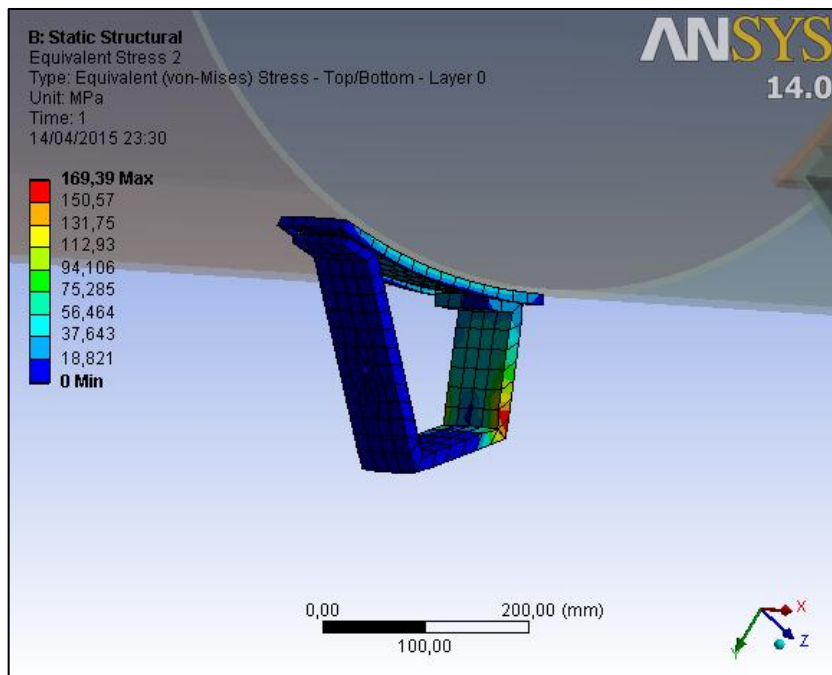
Los soportes están sobre la superficie del suelo, por lo que se aplica la restricción "fixed support". Las carga que soporta es el peso del Tanque.



**FIGURA 3. 21: RESTRICCIONES DEL SOPORTE**

### **Esfuerzo de Von Mises (Ver Figura 3.22)**

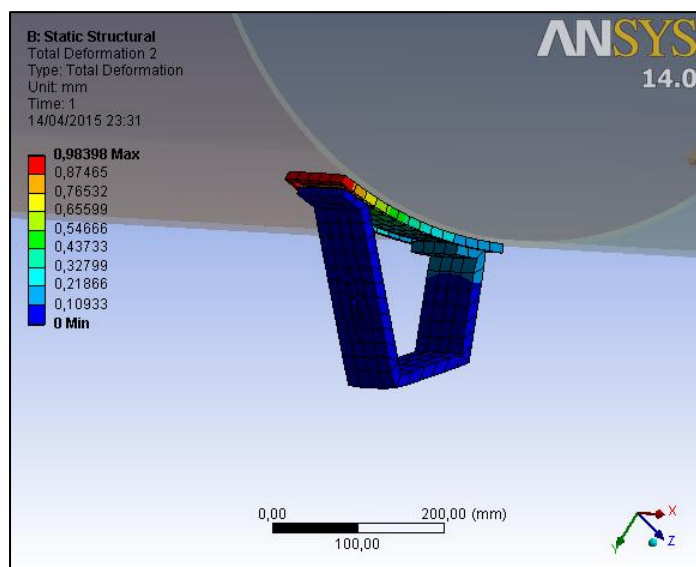
El esfuerzo aplicado debido al peso del Tanque, es mayor en el lado más corto. Esto se debe al cambio de forma, es decir la inclinación del mismo. El esfuerzo máximo es de 169.39 MPa.



**FIGURA 3. 22: ESFUERZO DE VON MISES - SOPORTE.**

### **Deformación Total (Ver Figura 3.23)**

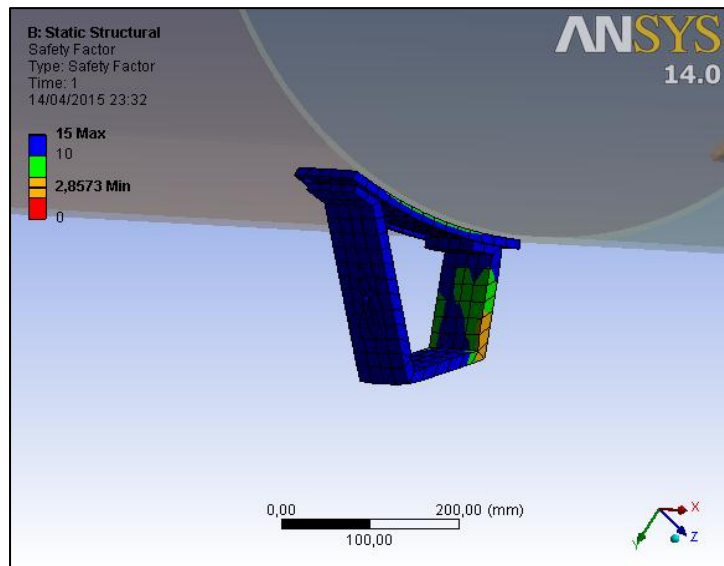
La deformación máxima se produce en la placa del soporte, esto se debe a la presión que se ejerce en el Tanque y se apoya bastante en un lado de la placa, en este caso en la parte más alejada de la placa. La deformación máxima es de 0.98 mm.



**FIGURA 3. 23: DEFORMACIÓN TOTAL - SOPORTE.**

### **Factor de Seguridad** (Ver Figura 3.24)

El factor de seguridad es menor en el cambio de forma, en donde el esfuerzo mayor aplicado es máximo. El Factor de Seguridad Estático es de 2.8.



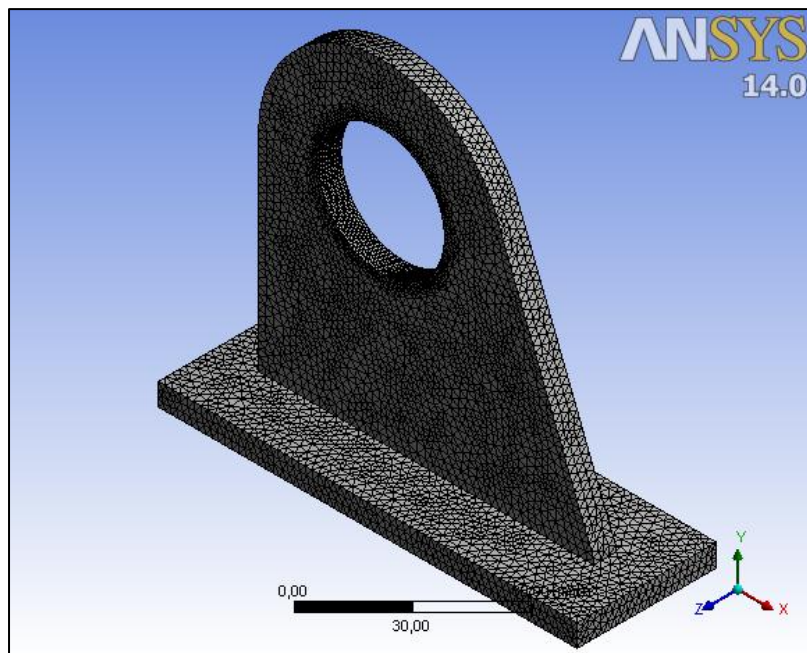
**FIGURA 3. 24: FACTOR DE SEGURIDAD ESTÁTICO - SOPORTE.**

### **Cáncamo de izaje**

Para el izaje del Tanque, se colocan dos orejas en la parte superior. Estas orejas tienen el mismo material que el soporte y el tanque.

### **Mallado** (Ver Figura 3.25)

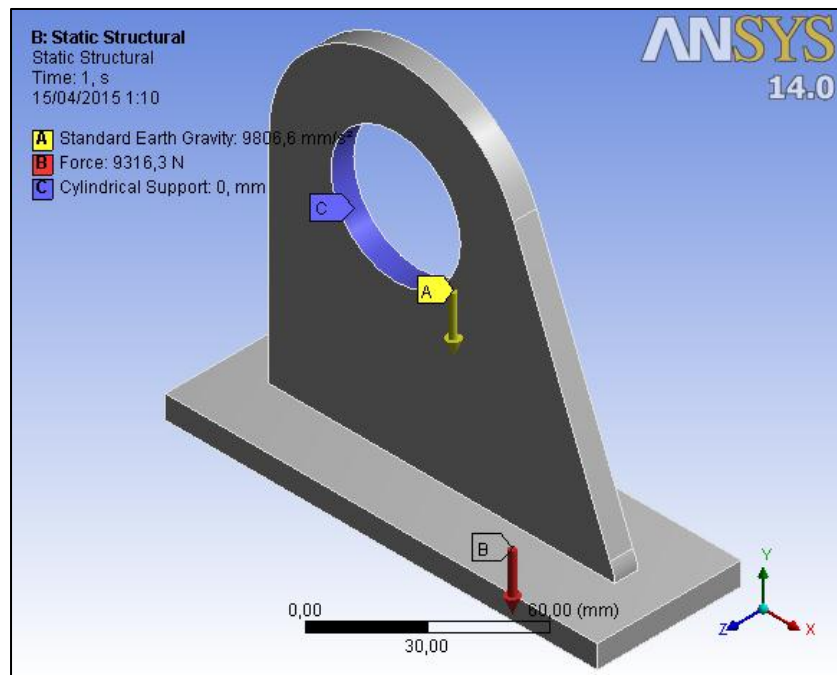
El mallado es fino en las curvaturas y en las superficies rectas, esto ayuda a tener una mejor calidad del mismo y por ende los resultados serán más confiables.



**FIGURA 3. 25: MALLADO - AGARRADERA.**

**Restricciones** (Ver Figura 3.26)

Las cargas que soportan cada oreja es la mitad del peso del Tanque con los soportes incluidos, este valor es de 0.95 Toneladas (9316.3 N).



**FIGURA 3. 26: CARGAS  
APLICADAS - AGARRADERA.**

**Esfuerzo de Von Mises** (Ver Figura 3.27)

El esfuerzo máximo se produce en las esquinas que conecta la base con la oreja con un valor de 50 MPa.

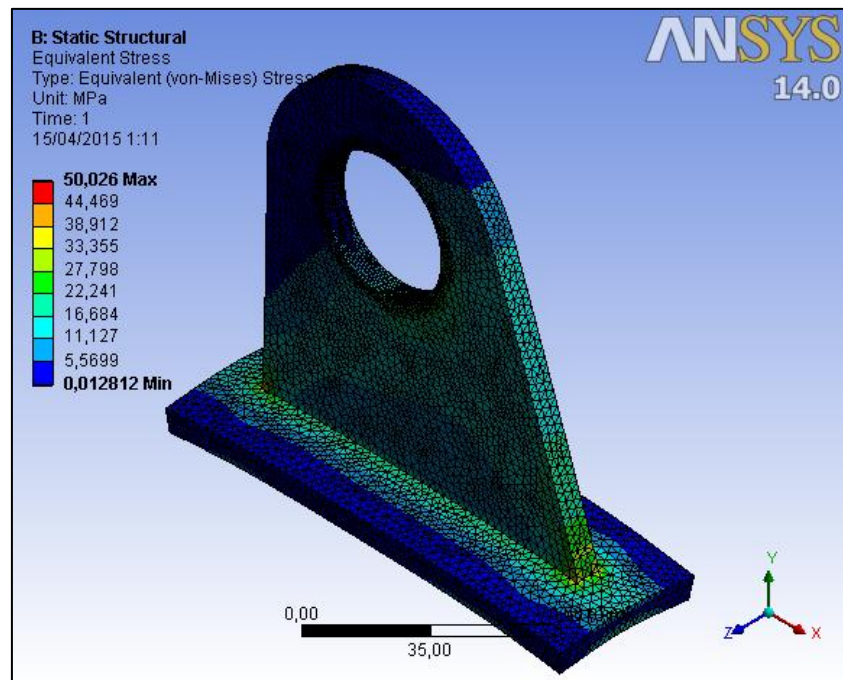
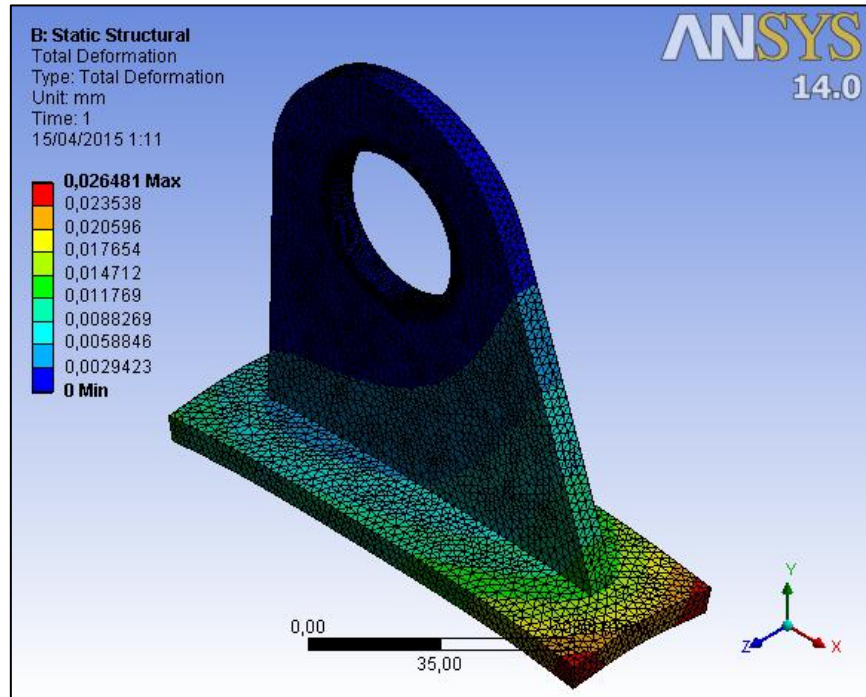


FIGURA 3. 27: ESFUERZO DE VON MISES - CÁNCAMO.

**Deformación Total** (Ver Figura 3.28).

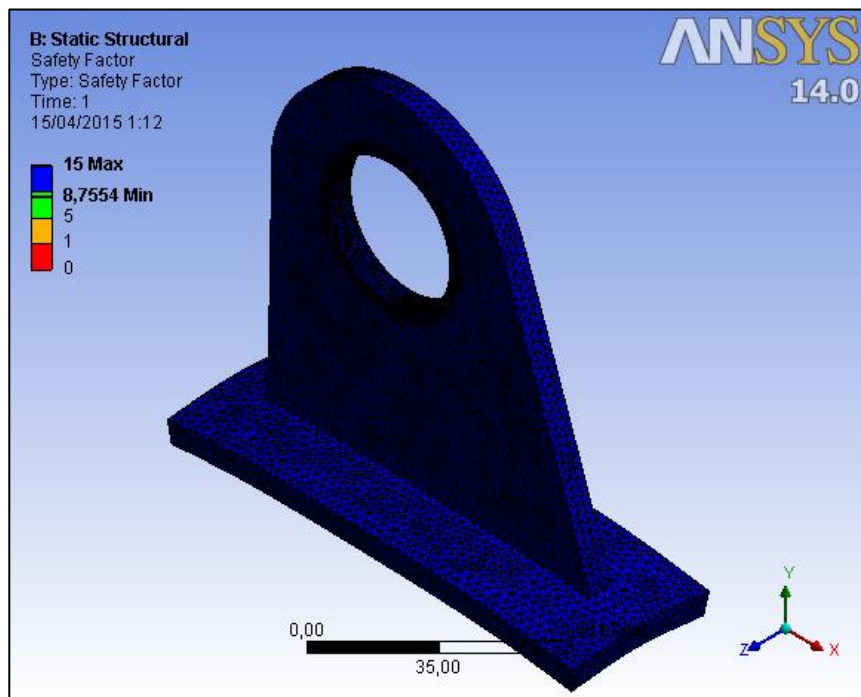
La deformación total se produce en las esquinas de la base con un valor menor a 1 mm.



**FIGURA 3. 28: DEFORMACIÓN TOTAL - AGARRADERA.**

### **Factor de Seguridad Estático (Ver Figura 3.29)**

El Factor de Seguridad mínimo es de 8.5, por lo que no falla estáticamente.

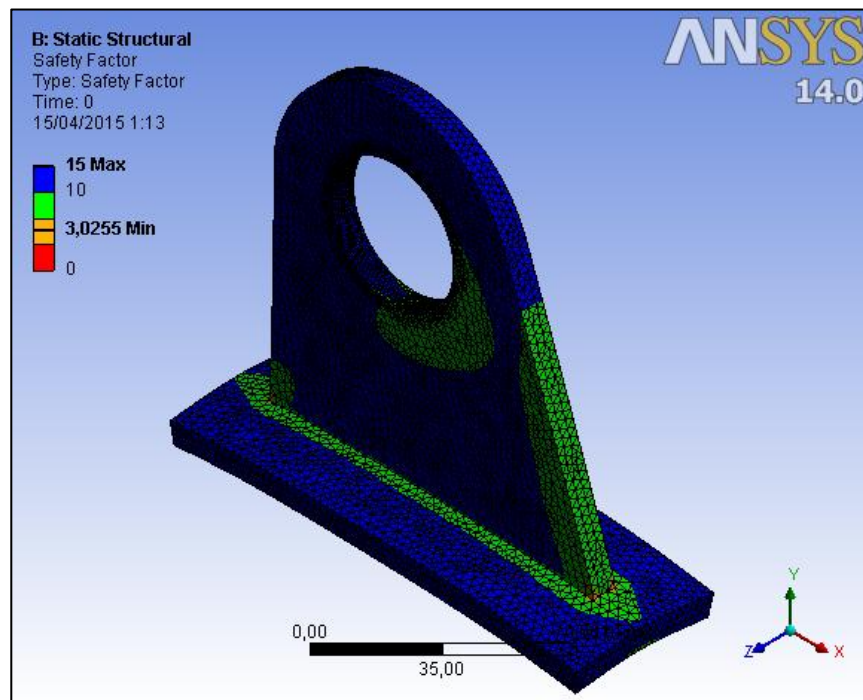


**FIGURA 3. 29: FACTOR DE SEGURIDAD ESTÁTICO - AGARRADERA.**

### **Factor de Seguridad Fatiga (Ver Figura 3.30)**

Como las orejas se encuentran sin carga, y luego se le aplica una carga que es el peso del Tanque, se produce un proceso de carga y descarga. El esfuerzo varia de cero a un valor máximo. Este análisis se lo hace bajo el Teorema de Goodman modificado.

El Factor de Seguridad por Fatiga es de 3, por lo tanto tiene Vida Infinita.



**FIGURA 3. 30: FACTOR DE SEGURIDAD DE FATIGA - AGARRADERA.**

### **3.3. Proceso de Soldadura.**

La Norma ASME sección IX, la cuál es la norma designada para calificación de soldador y de soldadura establece que en el proceso de soldadura hay algunas variables a considerar las cuales son:

- Proceso de Soldadura a utilizar y nivel de automatización.
- Diseño de la unión especificando la geometría y tipo de respaldo
- Tipo de metal base
- Metal de aporte

- Posición del soldador para realizar soldadura.
- Características eléctricas: entre ellas las más importantes son la intensidad de corriente y voltaje.
- Técnica de soldadura
- Progresión y secuencia de los cordones
- Precalentamiento
- Tratamiento térmico post Soldeo.







Cuando se trata de soldar acero de bajo carbono la forma más idónea es tratar de mantener un arco mediano, lo cual evita que escapen gases y asegura la forma del cordón.

Cada vez que se deba soldar se lo debe realizar si es soldadura a filete plano y horizontal en sentido de avance con un pequeño retroceso a un ángulo de 45°.

La soldadura juega un papel muy importante dentro de éste proyecto de graduación ya que todas las juntas del recipiente a presión está hecha por soldadura, tanto de las placas del recipiente como de las partes estructurales. Entiéndase por partes estructurales a los cáncamos de izaje y a los soportes del tanque.

Existen varios tipos de soldadura tal como muestra la tabla

TABLA 8. TIPO DE JUNTAS

TIPOS DE JUNTAS SOLDADAS				
TIPOS NORMA UW-12	EFICIENCIA DE LA JUNTA, E Cuando la junta es:			
		a. Radiogra- fiada total- mente	b. Examinada por zonas	c. No Examinada
1 	Junta a tope hechas por doble cordón de soldadura o por otro medio con el que se obtenga la misma calidad de metal de soldadura depositada sobre las superficies interior y exterior de la pieza. Si se emplea placa de respaldo, debe quitarse ésta después de terminar la soldadura.	1.00	0.85	0.70
2  En juntas circunferenciales únicamente	Junta a tope de un solo cordón con tira de respaldo que queda en su lugar después de soldar	0.90	0.80	0.65
3 	Junta a tope de un solo cordón sin tira de respaldo	—	—	0.60
4 	Junta a traslape de doble filete completo	—	—	0.55
5 	Junta a traslape de un solo filete completo con soldaduras de tapón	—	—	0.50
6 	Junta a traslape de un solo filete completo sin soldaduras de tapón	—	—	0.45

Para el tipo de juntas número 1 no existen restricciones por tanto siendo una junta a tope, ésta clase de junta será realizada en todos los cordones longitudinales tal como se muestra en el plano que está en el Apéndice.

Para el tipo de junta número 2 la restricción es aplicar éste tipo de juntas únicamente en uniones circunferenciales.

El tipo de junta número 6 la cuál es una junta a traslape de un solo filete completo sin soldadura de tapón es aplicada en la parte de la placa de los apoyos en unión con el recipiente a presión.

La forma de los bordes por unir mediante soldadura a tope deberán ser tal que permita lograr una fusión y penetración completa.

Las juntas a tope deben estar libre de socavaciones, traslapes y cambios bruscos. Para asegurar que se llene con el cordón de soldadura totalmente las ranuras el metal de soldadura puede acumularse como refuerzo.

Para realizar el diseño de las juntas soldadas en miembros estructurales en los cuales se ejerce una tensión o compresión se tiene la siguiente fórmula:

$$W = \frac{P}{A_w}$$

De donde

$W$  =Carga sobre la soldadura de filete, kilo-libras por pulgada lineal de soldadura.

$A_w$  =Longitud de la soldadura en pulgadas.

$w$  =dimensión del patín de la soldadura a filete, in.

$f$  =Carga permitida en la soldadura, 9.6 Klb por  $\text{in}^2$  de área de los patines

$$W = \frac{(2.084\text{klb})}{(4.72\text{in})}$$

$$W = 0.441\text{Klb por pulgada lineal}$$

$$w = \frac{W}{f}$$

$$w = \frac{(0.441\text{klb/in})}{(9.6\text{klb/in}^2)}$$

$$w = 0.045\text{in}$$

### 3.4. Pruebas de aceptación de acuerdo a las normas.

En lo que respecta a soldadura

Las pruebas de habilidad para soldadores y operarios de soldadura mediante radiografía de soldaduras en conjuntos de prueba serán juzgadas inaceptables cuando la radiografía exhibe imperfecciones cualesquiera en exceso de los límites especificados abajo.

(a) Indicaciones Lineales

(1) cualquier tipo de grieta o zona de fusión o penetración incompleta;

(2) cualquier inclusión de escoria alargada la cual tenga una longitud mayor que:

(a)  $1/8$  in. para  $t$  hasta de  $3/8$  in., inclusive

(b)  $1/3 t$  para  $t$  de más de  $3/8$  hasta  $2 1/4$  in., inclusive

(c)  $3/4$  in. para  $t$  de más de  $2 1/4$  in.

(3) cualquier grupo de inclusiones de escoria en línea que tengan una longitud agregada mayor que  $t$  en una longitud de  $12t$ , excepto cuando la distancia entre las imperfecciones sucesivas excede de  $6L$  en donde  $L$  es la longitud de la imperfección más larga el grupo.

(b) Indicaciones Redondeadas

La dimensión máxima permisible para indicaciones redondeadas será el 20% de  $t$  ó  $1/8$  in., cualquiera que sea lo menor.

(2) Para soldaduras en material con menos de  $1/8$  in. de espesor, el número máximo de indicaciones redondeadas aceptables no excederá de 12 en una longitud de 6 in. de soldadura. Un número de más pocas en forma proporcional de indicaciones redondeadas será permitido en soldaduras de menos de 6 in. De longitud.

(3) Para soldaduras en material con espesor de  $1/8$  in. o mayor, las gráficas de Apéndice I representan los tipos aceptables máximos, de indicaciones redondeadas ilustradas en configuraciones en forma típica agrupadas, surtidas, y dispersas al azar. Las indicaciones redondeadas de menos de  $1/32$  in. de diámetro máximo no se tomarán en consideración en las pruebas de

aceptación radiográficas de soldadores y de operarios de soldadura en estas series de espesores de material.

Así mismo si se desea calificar soldadores o soldadura se debe realizar probetas las cuáles serán sometidas a ensayo metalográfico, ensayo de tracción y ensayo de doblado tanto de cara como de raíz, una vez realizados los ensayos se verifica los valores de discontinuidades y porosidad en la norma ASME IX

En el Anexo se muestra los formatos PQR y WPS respectivos de soldadura.

La prueba de presión hidrostática debe mantenerse por un tiempo adecuado para permitir una inspección completa, pero nunca por menos de 30 minutos.

Según los párrafos UW-11 y UW-12 de la norma ASME VIII división I si se realiza la radiografía completa de la junta entre los casquetes y el casco o cilindro, la eficiencia de las juntas es de 1.

De igual forma, si se realiza radiografía completa a la soldadura a tope en la parte longitudinal la eficiencia de la junta también es igual a 1

### **3.5. Preparación Superficial.**

La última edición de los documentos que se indican abajo forman parte de esta especificación, a saber:

- SSPC Manuales de pintura, (Volúmenes I y II)

Todas las superficies a ser revestidas deben ser limpiadas con chorro abrasivo con granalla mineral de acuerdo con la especificación para preparación de superficie del SSPC, de acuerdo con el sistema de revestido. No se permitirá realizar la limpieza con chorro de arena.

- **Preparación antes de la limpieza**

Todas las protuberancias de soldadura, escorias, salpicado de soldadura, rebabas y proyecciones con superficies puntiagudas se deben remover antes del limpiado. Cualquier superficie esmerilado después de la limpieza debe ser limpiada nuevamente con chorro abrasivo para obtener un patrón de anclaje adecuado.

Toda la fabricación y perforación de agujeros para los pernos debe hacerse antes del limpiado con chorro abrasivo.

Los elementos que puedan dañarse con la limpieza con chorro abrasivo, deben desmontarse o sacarse de acuerdo con la recomendación del fabricante.

Tanto la preparación de la superficie como la aplicación de la pintura se debe hacer de acuerdo con las recomendaciones e instrucciones del fabricante de los productos utilizados.

- **Limpieza con abrasivo o granalla**

Las superficies no deben limpiarse cuando está lloviendo o cuando haya viento, neblina, o cuando las superficies estén húmedas o puedan humedecerse antes de la aplicación de lo imprimación.

Todo el aceite, grasa, polvo o materia extraña depositada sobre la superficie, después de la preparación de la misma, debe removerse antes de aplicar la pintura. En caso de que haya herrumbre después de terminar de preparar la superficie, ésta debe limpiarse nuevamente de acuerdo con el método especificado.

### **3.6. Pintura**

Una vez realizado el análisis de diseño junto a las dimensiones empleadas en el mismo se debe realizar la pintura total del tanque

puesto que es el revestimiento que se debe de dar al material para prevenir corrosión o al menos la capa común de óxido. Para ello:

- Se utiliza las normas ecuatorianas que indiquen el tipo de pintura que debe llevar el tanque.
- Se describe el método usado para pintar los tanques.
- Se debe presentar el sistema de pinturas necesario para recubrir al tanque.

### **Descripción del Tanque de GLP**

**TABLA 9. DESCRIPCIÓN DE TANQUE**

Contenido	GLP
Capacidad	7.707m <sup>3</sup> .
Tipo	Horizontal
Diámetro	1,066 M
Altura	8,36 M
Presión	250 Psi
Temperatura	51 °C

Esta especificación establece el criterio e información básica para la selección y aplicación de la protección superficial que debe darse a los tanques a presión horizontales de GLP. A continuación se describe el procedimiento para realizarlo.

### **Pinturas, manos y espesores requeridos**

Superficies exteriores de la salchicha.

El sistema de pintura utilizado para superficies exteriores será:

Zinc Silicato Inorgánico/ Epoxi / Poliuretano.

Preparación de la superficie: primera mano.

Chorro de abrasivo al grado mínimo Sa. 2 - ½ con un anclaje de 1 a 2 mils.

Inmediatamente después de limpiar la superficie se debe aplicar una mano de pintura tipo zinc silicato inorgánico, de color gris o igual, con pistola "airless", permitiéndose un tiempo de secado de acuerdo a lo especificado por el fabricante, al término del cual la película debe tener un espesor de 3 mils.

La segunda capa debe ser de pintura tipo epóxica, blanca aplicada también con pistola tipo "airless". El espesor de la película seca debe ser de 7 mils.

La tercera capa debe ser de pintura tipo poliuretano, de color blanco brillante, aplicada con pistola tipo "airless" siendo el espesor de película seca 4 mils.

La aplicación de la imprimación y las capas de acabado en la superficie de las salchichas, deben realizarse solamente cuando las condiciones de humedad relativa, temperatura y climatológicas ambientales llenen los requisitos de aplicación estipulados por el fabricante.

### **Almacenamiento, mezclado y pintura**

#### **Almacenamiento**

Todos los envases de material de revestido deben permanecer cerrado en sus envases originales, los que deben tener el rótulo del fabricante de la pintura e instrucciones, hasta el momento de usarlos.

Los materiales que tengan una vida útil limitada deben indicar en el envase la fecha de fabricación y el período de vida del material.

El material de revestido que se haya gelatinizado, cortado, o deteriorado en depósito, no debe usarse.

Deben cumplirse las instrucciones del fabricante referente a las temperaturas máxima y mínima de almacenado.

## **Mezclado**

Todos los materiales para revestido deben ser bien mezclado y colocados antes de usarlos, para asegurar una consistencia suave y uniforme.

En caso que se forme una capa dentro del envase, debe romper la capa y desecharla. Si tales capas son suficientemente gruesas de modo a que tenga efecto en la composición y calidad del revestido, ese material no se debe usar.

Si cualquier material de revestido necesita que se le agregue un catalizador, no se debe exceder la fecha de vencimiento especificada por el fabricante.

En todo momento, deben seguirse las instrucciones de mezclado indicada por el fabricante.

## **Reparaciones**

Toda la pintura dañada o no adherida propiamente a la superficie aplicada, debe ser removida y la superficie debe limpiarse totalmente y vuelta a pintar de acuerdo con las instrucciones del fabricante, con la norma aplicable para la preparación de la superficie y de acuerdo con la pintura que se esté usando todas las áreas reparadas o repintadas, deben ser

re inspeccionadas de acuerdo con la sección 15.7 correspondiente a la inspección que se indica a continuación y de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

## **INSPECCIÓN**

Los espesores de película indicados deben observarse estrictamente y comprobarse usando un medidor Microtest u otro instrumento similar.

Todo el sistema de revestido debe verificarse usando un detector de fallas, los defectos encontrados deben ser reparados de acuerdo a la sección 15.6 y debe ser re-inspeccionados de modo que el revestimiento y aplicación de la protección cumplan con estas especificaciones.

La Fiscalización tendrá acceso en cualquier momento a cualquier sitio donde el Contratista esté realizando trabajos relacionados con estas especificaciones.

## **Memoria de cálculos de espesores**

Se va a usar le marca Sherwin Williams para describir la memoria de cálculo. Las cantidades de espesores y el sistema de pinturas fueron determinados por la misma compañía.

TABLA 10. ESPESORES SEGÚN PINTURA

<i>RECOMMENDED SYSTEMS</i>			
		Dry Film Thickness / ct.	
		<u>Mils</u>	<u>(Microns)</u>
<b>Steel, High Performance Acrylic Topcoat, Atmospheric:</b>			
1 ct.	Zinc Clad II Plus	2.0-4.0	(50-100)
1 ct.	Fast Clad HB Acrylic	5.0-8.0	(125-200)
<b>Steel, Immersion:</b>			
1 ct.	Zinc Clad II Plus	2.0-4.0	(50-100)
<b>Steel, Epoxy Topcoat, Atmospheric:</b>			
1 ct.	Zinc Clad II Plus	2.0-4.0	(50-100)
1 ct.	Macropoxy 646	5.0-10.0	(125-250)
<b>Steel, Polyurethane Topcoat, Atmospheric:</b>			
1 ct.	Zinc Clad II Plus	2.0-4.0	(50-100)
1 ct.	Macropoxy 646	5.0-10.0	(125-250)
1 ct.	Acrolon 218 HS	3.0-6.0	(75-150)
<b>Steel, Polyurethane Topcoat, Atmospheric:</b>			
1 ct.	Zinc Clad II Plus	2.0-4.0	(50-100)
1 ct.	Macropoxy 646	5.0-10.0	(125-250)
1 ct.	Hi-Solids Polyurethane	3.0-5.0	(75-125)
<b>Steel, Epoxy Siloxane Topcoat, Atmospheric:</b>			
1 ct.	Zinc Clad II Plus	2.0-4.0	(50-100)
1-2 cts.	Polysiloxane XLE-80	3.0-7.0	(75-175)
NOTE: 1 ct. of DTM Wash Primer can be used as an intermediate coat under recommended topcoats to prevent pinholing.			
<b>Steel (Class B Compliant System):</b>			
1 ct.	Zinc Clad II Plus	2.0-4.0	(50-100)
1 ct.	Steel Spec Epoxy Primer, red	4.0-6.0	(100-150)

The systems listed above are representative of the product's use, other systems may be appropriate.

### 3.7. Planos de construcción del tanque

Ver Anexo

# CAPÍTULO 4

## 4. ANÁLISIS DE COSTOS.

En el presente capítulo se describe la cantidad de material a emplearse para la construcción del tanque a presión, el costo que representa el mismo con proveedores ecuatorianos, el costo que tendría la mano de obra y el tiempo de trabajo empleado.

Si una de las comercializadoras de GLP hace una importación desde México por 12 tanques de  $8\text{m}^3$ , los cuales en realidad tienen una capacidad de 2000 galones, equivalente a  $7,57\text{m}^3$  obtiene la siguiente proforma

**LIQUIDACION DE IMPORTACION XXXXXXXX**

01	<b>No. de Pedido</b>	<b>Año</b>	02	<b>Aduana</b>	03	<b>Via</b>	04	<b>Fecha</b>	09	<b>BL</b>
	XXXXXXXX	2013		Guayaquil		MARITIMO		4-ene-14		OPMNLGYE1300201
05	<b>Importador</b>		06	<b>Ruc</b>	07	<b>Ciudad</b>	08	<b>Telefono</b>		
	XXXXXXXX			xxxxxxxx		Guayaquil		xxxxxxxx		
10	<b>Dirección</b>		11	<b>Fax</b>	12	<b>N. Pedido M&amp;M</b>	13	<b>Fecha Pedido</b>	18	<b>DAU</b>
	XXXXXXXX			xxxxxxxx		xxxxxx		30-oct-13		028-2014-10-0067521
14	<b>Proveedor</b>		15	<b>Dirección</b>	16	<b>Telefono</b>	17	<b>Fax</b>		
	TRINITY			MEXICO		xxxx		xxxxxxxx		
19	<b>Factura</b>		20	<b>Forma de Pago</b>	21	<b>Material</b>	22	<b>Cantidad</b>	23	<b>Ingreso a Bodega</b>
	AJ24380 / AJ24382 / AJ24403			TRANSFERENCIA		TANQUES ESTACIONARIOS 8m3		12		
<b>LIQUIDACION DEFINITIVA</b>										
24	<b>Concepto</b>			<b>Costo</b>		<b>Proveedor</b>		<b>Codigo</b>	<b>Documento</b>	<b>No. Req</b>
1	FOB			51.958,80		TRINITY		788276	AJ24380 / AJ24382 / AJ24403	11891 - 11892 - 11893
	FLETE INTERNACIONAL			3.450,00		TRINITY		788276	AJ24380 / AJ24382 / AJ24403	11891 - 11892 - 11893
3	<b>SUB TOTAL C&amp;F</b>			<b>55.408,80</b>						
4	SEGURO			115,69		ACE		1027002	48089	12063
5	<b>SUB TOTAL CIF</b>			<b>115,69</b>						
	ADVALOREN			11.103,90		SENAE		794222	32056917	12067
6	FODIN			277,59		SENAE		794222	32056917	12067
7	<b>SUB TOTAL IMPUESTOS</b>			<b>11.381,49</b>						
	GASTOS VARIOS			2.314,00		GALAXI		1609339	13030	12066
	GASTOS REEMBOLSABLES			1.746,22		GALAXI		1609339	13033	12065
	GRUA GUAYAQUIL			1.050,00		xxxxxxx		2569946	461	12064
	GRUA QUITO			685,00		xxxxxxx		2748959	713	12068
	<b>SUB TOTAL GASTOS</b>			<b>5.795,22</b>						
	<b>SUB TOTAL GENERAL</b>			<b>72.701,20</b>						
10	IVA			8.028,12		SENAE		794222	32056917	12067
	TOTAL CON IVA			80.729,32						
	<b>TOTAL SIN IVA NI SEGURO</b>			<b>72.585,51</b>						
	Costo unitario por tanque			6.048,79						

**TABLA 11. LIQUIDACIÓN DE IMPORTACIÓN**

Pero dicha proforma tiene los gastos por divisas e importación dividido para 12 tanques, cabe recalcar que éstos precios son tomados de proformas del año 2014, y dado que los aranceles subieron recién en el año 2015, se conoce que el costo de los tanques de almacenamiento también han subido.

Asumiendo que el valor incrementado sea en un 20% como porcentaje más bajo, se obtiene un valor total por cada tanque de:

7258.54 dólares

#### 4.1. Análisis del costo de Materiales, equipos y accesorios a utilizar

Para analizar el costo de la fabricación del tanque de manera que sea competitivo ante demás empresas ecuatorianas dedicadas a la fabricación de tanques

**TABLA 12. COSTO NETO DE TANQUE DE 7.707M3**

Material a utilizar	SA 516 gr 70
Cantidad	2
Elemento	Planchones 2440x12000x7.94mm
Áreas [m2]	27,99
peso[kg]	1841,13
Costo material [\$/kg]	1,39
Mano de Obra [\$/kg]	0,79
Consumibles [\$/kg]	0,2
Transporte [\$/kg]	0,10
Indirectos [\$/kg]	0,05
EPP's [\$/kg]	0,05
Pintura [\$/]	279
Total [\$/]	5158,3

### Costo por consumibles.

Dentro del costo de consumibles se estima el costo por equipos, electrodos, planilla de luz dando un valor total de 0.2 dólares por kilogramo.

Los Costos empleados por equipo se los muestra En la tabla 13, en la cuál se establece el costo por hora del equipo y se multiplica este valor por el rendimiento diario del mismo, el cual está en función de los kilogramos de trabajo efectuados, por lo tanto el costo que se obtiene se lo multiplica por el peso en kilogramos equivalentes a la parte el peso total del recipiente vacío que se muestra en la tabla 12

**TABLA 13. COSTOS EQUIPOS**

Costo Equipos						
Descripción	Tarea	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento por KG	Costo por KG
Máquina de Soldar	Unión de elementos	1	0,5	0,5	0,05	0,025
Fresadora	agujeros y cavidades en plancha	1	0,5	0,5	0,1	0,05
Cortadora-Dobladora	doblado de planchas	1	0,5	0,5	0,03	0,015
Total						0,09

\*Elaborado por Silvia Castro

$$\text{Costo equipos} = 0.09 \times 1891,20\text{kg} = 170,20 \text{ dólares}$$

#### 4.2. Análisis de costo de mano de obra.

##### Costos de Mano de Obra.

Para determinar el costo de mano de obra, detallado en la tabla 14 se multiplica el valor que representa una hora de trabajo (en base a los salarios mínimos por ley que establece la contraloría general del estado) por el rendimiento diario de un trabajador, el cual está en función de los kilogramos de trabajo, por lo tanto este valor obtenido se multiplica por el peso en kilogramos del tanque de 7.707m<sup>3</sup> calculado anteriormente.

**TABLA 14. COSTO DE MANO DE OBRA**

Costos Mano de Obra						
Descripción	Tarea	Cantidad	jornal/hora	Costo por hora	Rendimiento por Kg	Costo por Kg
Soldador	Soldar una misma plancha de forma longitudinal y entre planchas de forma transversal	2	2,5	5	0,05	0,25
Ayudante	Ensamble	2	2	4	0,05	0,2
fresador	agujeros de cáncamo y de soporte	1	2,35	2,35	0,1	0,235
Pintor	Pintura total	1	2,25	2,25	0,05	0,1125
Total						0,7975

\*Elaborado por Silvia Castro Mosquera

$$\text{Costo Mano de obra} = 0.797 \times 1891,20 \text{kg} = 1507.28 \text{ dolares}$$



# CAPÍTULO 5

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Luego de haber efectuado este trabajo de tesis se concluye lo siguiente:

1. Se aplicaron todos los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera de ingeniería mecánica, y esto da un criterio para poder analizar las condiciones de trabajo a las que estaría expuesto el recipiente y discernir si ésta apto o no para soportar los 30 años de vida útil.
2. Bajo las condiciones de diseño que el tanque fue diseñado las planchas y materiales seleccionados soportan los esfuerzos y presiones ejercidos en el recipiente.
3. El factor de seguridad que da como resultado ANSYS es muy apto para soportar cargas estáticas, por tanto incluso el espesor de la

plancha se puede bajar al siguiente espesor que tiene la industria en el mercado que es de 6.15mm puesto que se usó un factor de seguridad bastante alto.

4. Los materiales necesarios para la construcción del tanque a presión pueden ser importados o comprados a nivel nacional debido a que se encuentran fácilmente en el mercado
  
5. En cuanto al análisis económico, los costos evaluados muestran que la fabricación del tanque es viable, su producción nacional reduce los gastos de las importaciones en gran magnitud puesto que la mayoría de equipos y materiales se encuentran en el mercado.
  
6. Finalmente se puede concluir que este proyecto representa una plaza de trabajo real en nuestro país para cualquier empresario emprendedor, ya que actualmente la única empresa nacional que fabrica tanques a presión para almacenamiento de GLP es Acero los Andes

Se recomienda lo siguiente:

1. Se recomienda realizar el análisis para una plancha de menor espesor en el mercado.
2. Se recomienda no alterar el pintado del tanque puesto que actualmente el INEN en Ecuador pide que el tanque tenga un espesor de pintura de 0.085mm.
3. Se plantea la posibilidad de realizar el diseño de una línea de producción para el proceso de manufactura del tanque.

## PLANOS

## **APÉNDICES**

## BIBLIOGRAFÍA

- (1). Joseph E. Shigley Y Charles R. Mischke, Diseño En Ingeniería Mecánica, 6ta Edición, Mcgraw-Hill, México 2002.
- (2). Bohler, Catálogo de Aceros Especiales Para Maquinar.
- (3). Dipac, Catálogo de Perfiles Planchas.
- (4). NORMA ASTM A516, Volumen 01.04
- (5). Monografía, Metodología para la reparación por soldadura de recipientes a presión
- (6). Manual de Recipientes a Presión Megesy
- (7). Manual de Recipientess a Presión D. Moss
- (8). Boiler and Pressure Vessel ASME VIII disision I
- (9). Material Index, ASME section II
- (10). Welding and Brazing Qualifications, ASME section IX.

**QW-482 FORMATO SUGERIDO PARA ESPECIFICACIONES DE PROCEDIMIENTO DE SOLDAR (WPS)**  
**(Vea QW-200.1, Sección IX, Código de Calderas y Recipientes de Presión de la ASME)**

Nombre de la Compañía \_\_\_\_\_ Por: \_\_\_\_\_  
 Especificación de Procedimiento de Soldar No. \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_ No.(s) de QPR que Apoya (n) \_\_\_\_\_  
 Revisión No. \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_  
 Proceso(s) de Soldar \_\_\_\_\_ Tipo(s) \_\_\_\_\_ (Automático, Manual, Con Máquina, ó Semi-Auto.)

**JUNTAS (QW-482) Detalles**

Diseño de Junta \_\_\_\_\_  
 Respaldo (Si) \_\_\_\_\_ (No) \_\_\_\_\_  
 Material de Respaldo (Tipo) \_\_\_\_\_

Metal     Metal Que No Se funde  
 No Metálico     Otro

Los Croquis, Dibujos de Producción Símbolos de Soldadura ó Descripción Escrita deberán mostrar el arreglo general de las partes que se van a soldar. En donde sea aplicable, se puede especificar el espaciamento arreglo de raíz y los detalles de la ranura de soldar.

(A la opción del Fabte., se pueden anexar croquis para ilustrar diseño de junta, capas de soldadura y serie de cordones, p. ej. para procedimientos de tenacidad de muesca, para procedimientos de procesos múltiples, etc.

**\*METALES BASE (QW-403)**

No. P. \_\_\_\_\_ No. Grupo \_\_\_\_\_ a No. P. \_\_\_\_\_ No. Grupo \_\_\_\_\_

○  
 Especificación, Tipo y Grado \_\_\_\_\_  
 a Especificación, Tipo y Grado \_\_\_\_\_

○  
 Análisis Quím. y Prop. Mec. \_\_\_\_\_  
 a Análisis Quím. y Prop. Mec. \_\_\_\_\_

Orden de Espesores:  
 Metal Base:    Ranura \_\_\_\_\_    Filete \_\_\_\_\_  
 Orden de Deám. de Tubo:    Ranura \_\_\_\_\_    Filete \_\_\_\_\_  
 Otros \_\_\_\_\_

**\*METALES DE APORTE (QW-404)**

No. Espec. (SFA) _____		
No. AWS (Clase) _____		
No. F _____		
No. A _____		
Tamaño de Metales de Aporte _____		
Metales de Soldadura		
Orden de Espesores:		
Ranura _____		
Filete _____		
Fundente de Electrodo (Clase) _____		
Nombre Comercial de Fundente _____		
Met. Inserto Consumible _____		
Otros _____		

\*Otra combinación de metal base y metal de aporte se deberá registrar individualmente.

**QW-482 (Respaldo)**

WPS No. \_\_\_\_\_ Rev. \_\_\_\_\_

<b>POSICIONES (QW-405)</b> Posición(es) de Ranura _____ Progresión de Soldadura: P. Arriba _____ P. Abajo _____ Posición(es) de Filete _____	<b>TRATAMIENTO TERMICO POSTERIOR A SOLDADURA (QW-407)</b> Orden de Temperaturas _____ Orden de Tiempos _____																				
<b>PRECALENTAMIENTO (QW-406)</b> Temp. Prealent. Min. _____ Temp. Entre Pasos. Máx. _____ Mantenancia de Prealent. _____ (Calentamiento continuo o especial donde sea aplicable se deberá registrar)	<b>GAS (QW-408)</b> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td></td> <th colspan="3">Composición en por ciento</th> </tr> <tr> <td></td> <th>Gas(es)</th> <th>(Mezcla)</th> <th>Gasto</th> </tr> <tr> <td>Protección</td> <td>_____</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Arrastre</td> <td>_____</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Respaldo</td> <td>_____</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> </table>		Composición en por ciento				Gas(es)	(Mezcla)	Gasto	Protección	_____	_____	_____	Arrastre	_____	_____	_____	Respaldo	_____	_____	_____
	Composición en por ciento																				
	Gas(es)	(Mezcla)	Gasto																		
Protección	_____	_____	_____																		
Arrastre	_____	_____	_____																		
Respaldo	_____	_____	_____																		

**CARACTERISTICAS ELECTRICAS (QW-409)**

Corriente CA ó CD \_\_\_\_\_ Polaridad \_\_\_\_\_  
 Amps (Orden) \_\_\_\_\_ Volts (Orden) \_\_\_\_\_  
 (El orden de amps y volts se deberá registrar para cada tamaño de electrodo, posición, y espesor, etc. Esta información se puede poner en lista en forma tabular similar a la que se muestra abajo.)

Tamaño y Tipo de Electrodo de Tungsteno \_\_\_\_\_  
 (Tungsteno Puro, Toriado 2% etc.)

Modo de Transfer. Metal para GMAW \_\_\_\_\_  
 (Arco pulver., arco corto circ, etc.)

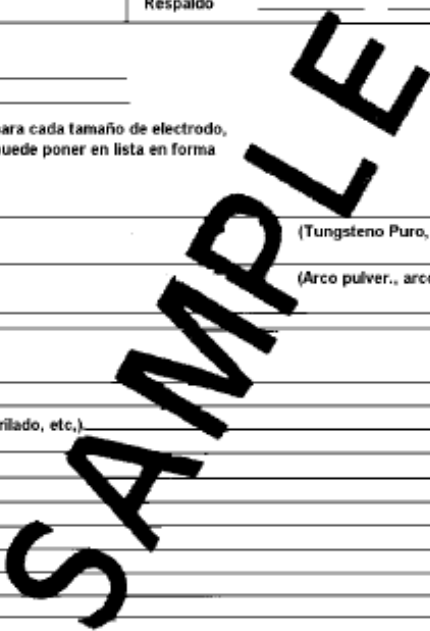
Orden veloc. aliment. Electrodo de Alambre \_\_\_\_\_

**TECNICA (QW-410)**

Cordón long. ó Cordón de vaivén \_\_\_\_\_  
 Tamaño Orificio o de Taza de Gas \_\_\_\_\_  
 Limpieza Inicial y Entre Pasos (Cepillado, Esmerilado, etc.) \_\_\_\_\_

Método de Cincelado Posterior \_\_\_\_\_  
 Oscilación \_\_\_\_\_  
 Tubo de Contacto a Distancia de Trabajo \_\_\_\_\_  
 Paso Múltiple ó Simple (por lado) \_\_\_\_\_  
 Electrodo Múltiples ó Simple \_\_\_\_\_  
 Velocidad de Recorrido (Orden de) \_\_\_\_\_  
 Martillado \_\_\_\_\_  
 Otros \_\_\_\_\_

Capa(s) de Soldadura	Proceso	Metal de Aporte		Corriente		Orden Volt.	Orden de Veloc. Recorrido	Otros (p. ej., Notas, Comentarios, Adición de Alambre Caliente, Técnica, Angulo de Soplete, Etc.
		Clase	Diám.	Tipo Polar	Orden Amp.			



**QW-483 FORMATO SUGERIDO PARA REGISTRO DE CALIFICACION DE PROCEDIMIENTO (PQR)  
(Vea QW-200.2, Sección IX, Código de Calderas y Recipientes de Presión de ASME)  
Registro Condiciones Reales Usadas para Soldar Muestras de Prueba.**

Nombre de la Compañía \_\_\_\_\_  
 Registro de Calificación de Procedimiento No. \_\_\_\_\_ Fechas \_\_\_\_\_  
 WPS No. \_\_\_\_\_  
 Proceso(s) de Soldar \_\_\_\_\_  
 Tipos (Manual, Automático, Semiauto.) \_\_\_\_\_

**JUNTAS (QW-402)**

Diseño de Ranura de Muestra de Prueba  
 (Para calificaciones en combinación, el espesor de metal de soldadura depositado se registrará para cada metal de aporte o proceso usado.)

**METALES BASE (QW-403)**

Espec. Material \_\_\_\_\_  
 Tipo ó Grado \_\_\_\_\_  
 No. P- \_\_\_\_\_ a No. P- \_\_\_\_\_  
 Espesor de Muestra de Prueba \_\_\_\_\_  
 Diámetro de Muestra de Prueba \_\_\_\_\_  
 Otros \_\_\_\_\_

**TRATAMIENTO TERMICO POSTERIOR  
A SOLDADURA (QW-407)**

Temperatura \_\_\_\_\_  
 Tiempo \_\_\_\_\_  
 Otros \_\_\_\_\_

**GAS (QW-408)**

**Composición en Por Ciento**

Gas(es)	(Mezcla)	Gasto
Protección	_____	_____
Arrastre	_____	_____
Respaldo	_____	_____

**METALES DE APORTE (QW-404)**

Especificación de SFA \_\_\_\_\_  
 Clasificación de AWS \_\_\_\_\_  
 Metal de Aporte No. F- \_\_\_\_\_  
 Análisis Metal Soldadura No. A- \_\_\_\_\_  
 Tamaño de Metal de Aporte \_\_\_\_\_  
 Otros \_\_\_\_\_  
 Espesor de Metal de Soldadura \_\_\_\_\_

**CARACTERISTICAS ELECTRICAS (QW-409)**

Corriente \_\_\_\_\_  
 Polaridad \_\_\_\_\_  
 Amps. \_\_\_\_\_ Volts. \_\_\_\_\_  
 Tamaño Electrodo de Tungsteno \_\_\_\_\_  
 Otros \_\_\_\_\_

**POSICION (QW-405)**

Posición de Ranura \_\_\_\_\_  
 Progresión de Soldadura (para Arriba, Para Abajo) \_\_\_\_\_  
 Otros \_\_\_\_\_

**TECNICA (QW-410)**

Velocidad de Recorrido \_\_\_\_\_  
 Cordón Corrido ó de Valvén \_\_\_\_\_  
 Oscilación \_\_\_\_\_  
 Multipasos o Paso Simple (por lado) \_\_\_\_\_  
 Electrodo(s) Múltiples ó Simple \_\_\_\_\_  
 Otros \_\_\_\_\_

**PRECALENTAMIENTO (QW-406)**

Temp. Pre calentamiento \_\_\_\_\_  
 Temp. Entre Pasos \_\_\_\_\_  
 Otros \_\_\_\_\_

QB-483 (Respaldo)

PQR No. \_\_\_\_\_

Completo

Sección Reducida

PRUEBA DE TENSION (QB-150)

Especimen No.	Dimensiones			Area	Carga Ultima Total, lb	Ultimo Esfuerzo lb/pulg. <sup>2</sup>	Tipo de falla y Ubicación
	Ancho	Esp.	D.E.				

PRUEBAS DE DOBLEZ GUIADO (QB-160)

Tipo y Figura No.	Resultados

PRUEBAS DE DOBLEZ GUIADO (QB-170 - 0 QB-180)

Tipo y Figura No.	Resultados

OTRAS PRUEBAS

Tipo de Prueba \_\_\_\_\_  
 Otros \_\_\_\_\_

Nombre del Soldador para Soldadura Fuerte \_\_\_\_\_ Reloj No. \_\_\_\_\_ Sello No. \_\_\_\_\_

Pruebas Conducidas por \_\_\_\_\_ Laboratorio de Prueba No. \_\_\_\_\_

Certificamos que las declaraciones hechas en este registro son correctas y las soldadura de prueba se prepararon, se soldaron en fuerte, y se probaron de acuerdo con los requerimientos de la Sección IX del Código ASME

Fabricante \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_ Por \_\_\_\_\_

(Los detalles de registro de pruebas son sólo ilustrativos y se pueden modificar para conformar con el tipo y número de pruebas requeridas por el Código.)





**Protective  
&  
Marine  
Coatings**

**ZINC CLAD® II PLUS  
INORGANIC ZINC-RICH COATING**

PART A  
PART B  
PART F

B69VZ12  
B69VZ15  
B69D11

BASE  
ACCELERATOR  
ZINC DUST

**PRODUCT INFORMATION**

6.13

Revised: October 28, 2013

**PRODUCT DESCRIPTION**

ZINC CLAD II PLUS is a solvent-based, three component, inorganic ethyl silicate, zinc rich coating. This is fast drying, high solids, low VOC coating with 83%, by weight, of zinc dust in the dry film.

- Coating self-heals to resume protection if damaged
- Provides cathodic/sacrificial protection by the same mechanism as galvanizing
- Forms an inorganic barrier to moisture and solvents
- Meets Class B requirements for Slip Coefficient and Creep Resistance, 0.67
- Meets AASHTO M-300 specification

**PRODUCT CHARACTERISTICS**

Finish:	Flat
Color:	Gray-Green
Volume Solid:	76% ± 2%, mixed
Weight Solid:	90% ± 2%, mixed
VOC (EPA Method 24): (mixed)	Unreduced: <320 g/L; 2.67 lb/gal Reduced 4%: <340 g/L; 2.8 lb/gal
Zinc Content in Dry Film:	83% ± 2% by weight
Mix Ratio:	3 components, premeasured 3.66 gallons (13.8L) mixed

**Recommended Spreading Rate per coat:**

	Minimum	Maximum
Wet mils (microns)	3.0 (75)	6.0 (150)
Dry mils (microns)	2.0 (50)	4.0 (100)
~Coverage sq ft/gal (m <sup>2</sup> /L)	305 (7.5)	610 (15.0)
Theoretical coverage sq ft/gal (m <sup>2</sup> /L) @ 1 mil / 25 microns dft	1219 (28.2)	

Dry film thickness in excess of 6.0 mils (150 microns) per coat is not recommended.

**Drying Schedule @ 4.0 mils wet (100 microns):**

	@ 40°F/4.5°C	@ 77°F/25°C 50% RH	@ 100°F/38°C
To touch:	25 minutes	20 minutes	5 minutes
To handle:	1 hour	20 minutes	15 minutes
To topcoat:	7 days	24 hours	8 hours
To cure:	7 days	36 hours	24 hours
To stack:	6 hours	2 hours	1 hour

Drying time is temperature, humidity, and film thickness dependent.  
Pot Life: 8 hours @ 77°F (25°C)  
High humidity will shorten pot life.

Sweat-in-Time: None required, but material should be mixed for at least 5 minutes before use.

Shelf Life: Part A: 12 months, unopened  
Part B: 24 months, unopened  
Part F: 24 months, unopened  
Store indoors at 40°F (4.5°C) to 100°F (38°C)  
Flash Point: 55°F (13°C)

Reducer/Clean Up: Above 70°F (21°C): R7K111, R2K5, R2KT4, High Flash Naphtha 150  
Below 70°F (21°C): R2K4, R7K111, R6K9, R2K5, High Flash Naphtha 150

**RECOMMENDED USES**

- For use over prepared blasted steel in areas such as:
- Bridges
  - Shop or field application
  - Nuclear Power Plants
  - Nuclear fabrication shops
  - As a one-coat maintenance coating or as a permanent primer for severe corrosive environments (pH range 5-9)
  - Ideal for application at low temperatures or service at high temperatures and/or humidity conditions
  - Fresh and demineralized water immersion service (non-potable)
  - Compliance with Class B Slip Coefficient rating when used alone or as part of a system with Steel Spec Epoxy Primer as a topcoat
  - This product meets specific design requirements for non-safety related nuclear plant applications in Level II, III and Balance of Plant, and DOE nuclear facilities\*.
- \* Nuclear qualifications are NRC license specific to the facility.

**PERFORMANCE CHARACTERISTICS**

Substrate\*: Steel

Surface Preparation\*: SSPC-SP10

System Tested\*:

1 ct. Zinc Clad II Plus @ 3.0 mils (75 microns) dft  
\*unless otherwise noted below

Test Name	Test Method	Results
Adhesion	ASTM D4541	12.1 MPa = 1754 lb psi
Direct Impact Resistance	ASTM D2794-92	60 in lbs.
Dry Heat Resistance	ASTM D2485	750°F (399°C)
Flexibility	ASTM D522, 180° bend, 1" mandrel	Passes
Pencil Hardness	ASTM D3363	3H
Radiation Tolerance	ASTM D4082 / ANSI 5.12	Pass at 3.1 mils (77.5 microns) & 6.8 mils (170 microns)
Salt Fog Resistance	ASTM B117, 7000 hours	Rating 9 per ASTM D714 for Blistering; Rating 9 per ASTM D610 for Rusting
Slip Coefficient* (zinc only)	AISC Specifications for Structural Joints using ASTM A325 or ASTM A490 Bolts	Class B, 0.67
Slip Coefficient <sup>1*</sup>	AISC Specification for Structural Joints using ASTM A325 or ASTM A490 Bolts	Passes Class B, 0.56

Provides performance comparable to products formulated to specifications Mil-P-38336, Mil-P-46105, SSPC Paint 20, and SSPC Paint 29.

Footnotes:  
<sup>1</sup> 1 ct. Zinc Clad II Plus @ 2.0-4.0 mils (50-100 microns) dft  
1 ct. Steel Spec Epoxy Primer @ 4.0-6.0 mils (100-150 microns) dft

\*Refer to Slip Certification document

# ZINC CLAD® II PLUS INORGANIC ZINC-RICH COATING

PART A  
PART B  
PART F

B69VZ12  
B69VZ15  
B69D11

BASE  
ACCELERATOR  
ZINC DUST

Protective  
&  
Marine  
Coatings



## PRODUCT INFORMATION

6.13

### RECOMMENDED SYSTEMS

		Dry Film Thickness / ct.	
		Mils	(Microns)
<b>Steel, High Performance Acrylic Topcoat, Atmospheric:</b>			
1 ct.	Zinc Clad II Plus	2.0-4.0	(50-100)
1 ct.	Fast Clad HB Acrylic	5.0-8.0	(125-200)
<b>Steel, Immersion:</b>			
1 ct.	Zinc Clad II Plus	2.0-4.0	(50-100)
<b>Steel, Epoxy Topcoat, Atmospheric:</b>			
1 ct.	Zinc Clad II Plus	2.0-4.0	(50-100)
1 ct.	Macropoxy 646	5.0-10.0	(125-250)
<b>Steel, Polyurethane Topcoat, Atmospheric:</b>			
1 ct.	Zinc Clad II Plus	2.0-4.0	(50-100)
1 ct.	Macropoxy 646	5.0-10.0	(125-250)
1 ct.	Acrolon 218 HS	3.0-6.0	(75-150)
<b>Steel, Polyurethane Topcoat, Atmospheric:</b>			
1 ct.	Zinc Clad II Plus	2.0-4.0	(50-100)
1 ct.	Macropoxy 646	5.0-10.0	(125-250)
1 ct.	Hi-Solids Polyurethane	3.0-5.0	(75-125)
<b>Steel, Epoxy Siloxane Topcoat, Atmospheric:</b>			
1 ct.	Zinc Clad II Plus	2.0-4.0	(50-100)
1-2 cts.	Polysiloxane XLE-80	3.0-7.0	(75-175)

NOTE: 1 ct. of DTM Wash Primer can be used as an intermediate coat under recommended topcoats to prevent pinholing.

<b>Steel (Class B Compliant System):</b>			
1 ct.	Zinc Clad II Plus	2.0-4.0	(50-100)
1 ct.	Steel Spec Epoxy Primer, red	4.0-6.0	(100-150)

The systems listed above are representative of the product's use, other systems may be appropriate.

### DISCLAIMER

The information and recommendations set forth in this Product Data Sheet are based upon tests conducted by or on behalf of The Sherwin-Williams Company. Such information and recommendations set forth herein are subject to change and pertain to the product offered at the time of publication. Consult your Sherwin-Williams representative to obtain the most recent Product Data Information and Application Bulletin.

### SURFACE PREPARATION

Surface must be clean, dry, and in sound condition. Remove all oil, dust, grease, dirt, loose rust, and other foreign material to ensure adequate adhesion.

Refer to product Application Bulletin for detailed surface preparation information.

Minimum recommended surface preparation:

Iron & Steel:  
Atmospheric: SSPC-SP6/NACE 3, 2 mil  
(50 micron) profile  
Immersion: SSPC-SP10/NACE 2, 2 mil  
(50 micron) profile

Surface Preparation Standards					
Condition of Surface	ISO 8501-1 BS7079:A1	Swedish Std. SIS066900	SSPC	NACE	
White Metal	Sa 3	Sa 3	SP 5	1	
Near White Metal	Sa 2.5	Sa 2.5	SP 10	2	
Commercial Blast	Sa 2	Sa 2	SP 6	3	
Brush-Off Blast	Sa 1	Sa 1	SP 7	4	
Hand Tool Cleaning	C St 2	C St 2	SP 2	-	
Rusted	C St 3	C St 3	SP 3	-	
Pitted & Rusted	D St 2	D St 2	SP 2	-	
Rusted	D St 3	D St 3	SP 3	-	
Pitted & Rusted	D St 1	D St 1	SP 3	-	

### TINTING

Do not tint.

### APPLICATION CONDITIONS

Temperature: 20°F (-7°C) minimum, 95°F (35°C) maximum  
Material: 20°F (-7°C) minimum, 115°F (46°C) maximum  
Air: 20°F (-7°C) minimum, 130°F (54°C) maximum  
Surface: 20°F (-7°C) minimum, 130°F (54°C) maximum  
At least 5°F (2.8°C) above dew point

Relative humidity: 95% maximum  
Water misting may be required at humidities below 50%

Refer to product Application Bulletin for detailed application information.

### ORDERING INFORMATION

Packaging: 3.66 gallons (13.8L) total, mixed  
Part A: 2.21 gallon (8.3L) kit  
Part B: 0.20 gallon (0.75L)  
Part F: 73 lbs (33.1 Kg) zinc dust

Weight: 26.83 ± 0.2 lb/gal ; 3.2 Kg/L, mixed

### SAFETY PRECAUTIONS

Refer to the MSDS sheet before use.

Published technical data and instructions are subject to change without notice. Contact your Sherwin-Williams representative for additional technical data and instructions.

### WARRANTY

The Sherwin-Williams Company warrants our products to be free of manufacturing defects in accord with applicable Sherwin-Williams quality control procedures. Liability for products proven defective, if any, is limited to replacement of the defective product or the refund of the purchase price paid for the defective product as determined by Sherwin-Williams. NO OTHER WARRANTY OR GUARANTEE OF ANY KIND IS MADE BY SHERWIN-WILLIAMS. EXPRESSED OR IMPLIED, STATUTORY, BY OPERATION OF LAW OR OTHERWISE, INCLUDING MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE.



**Protective  
&  
Marine  
Coatings**

**ZINC CLAD® II PLUS  
INORGANIC ZINC-RICH COATING**

PART A  
PART B  
PART F

B69VZ12  
B69VZ15  
B69D11

BASE  
ACCELERATOR  
ZINC DUST

**APPLICATION BULLETIN**

6.13

Revised: October 28, 2013

**SURFACE PREPARATIONS**

Surface must be clean, dry, and in sound condition. Remove all oil, dust, grease, dirt, loose rust, and other foreign material to ensure adequate adhesion.

Zinc rich coatings require direct contact between the zinc pigment in the coating and the metal substrate for optimum performance.

**Iron & Steel (atmospheric service):**

Remove all oil and grease from surface by Solvent Cleaning per SSPC-SP1. Minimum surface preparation is Commercial Blast Cleaning per SSPC-SP6/NACE 3. For better performance, use Near White Metal Blast Cleaning per SSPC-SP10/NACE 2. Blast clean all surfaces using a sharp, angular abrasive for optimum surface profile (2 mils / 50 microns). Prime any bare steel the same day as it is cleaned or before flash rusting occurs.

**Iron & Steel (immersion service):**

Remove all oil and grease from surface by Solvent Cleaning per SSPC-SP1. Minimum surface preparation is Near White Metal Blast Cleaning per SSPC-SP10/NACE 2. Blast clean all surfaces using a sharp, angular abrasive for optimum surface profile (2 mils / 50 microns). Remove all weld spatter and round all sharp edges by grinding. Prime any bare steel the same day as it is cleaned or before flash rusting occurs.

**Note:** If blast cleaning with steel media is used, an appropriate amount of steel grit blast media may be incorporated into the work mix to render a dense, angular 1.5-2.0 mil (38-50 micron) surface profile. This method may result in improved adhesion and performance.

**APPLICATION CONDITIONS**

Temperature: 20°F (-7°C) minimum, 95°F (35°C) maximum  
 Material: 20°F (-7°C) minimum, 115°F (46°C) maximum  
 Air: 20°F (-7°C) minimum, 130°F (54°C) maximum  
 Surface: At least 5°F (2.8°C) above dew point  
 Relative humidity: 95% maximum  
 Water misting may be required at humidities below 50%

**APPLICATION EQUIPMENT**

The following is a guide. Changes in pressures and tip sizes may be needed for proper spray characteristics. Always purge spray equipment before use with listed reducer. Any reduction must be compliant with existing VOC regulations and compatible with the existing environmental and application conditions.

**Reducer/Clean up**

Above 70°F (21°C).....R7K111, R2K5, R2KT4, High Flash Naphtha 150  
 Below 70°F (21°C).....R2K4, R7K111, R6K9, R2K5, High Flash Naphtha 150

**Airless Spray**

(use Teflon packings and continuous agitation)

Unit.....Graco 30:1  
 Pressure.....2700 psi  
 Hose.....3/8" ID  
 Tip......019" - .021"  
 Filter.....30 mesh  
 Reduction.....As needed up to 4% by volume\*

For continuous operation in larger areas, use Speeflo Airless Commander Zinc Pump. Set ball checks to maximum travel for viscous material.

**Conventional Spray**

(continuous agitation required)

Gun.....Binks 95  
 Fluid Nozzle.....66  
 Fluid Hose.....1/2" ID, 50 ft maximum  
 Air Nozzle.....63PB  
 Air Hose.....1/2" ID, 50 ft maximum  
 Atomization Pressure.....25 psi  
 Fluid Pressure.....10-20 psi  
 Reduction.....As needed up to 4% by volume\*

\*4% maximum for 340 g/L VOC compliance. Acceptable up to 15% reduction, however it will not be compliant for class B slip and creep.

Keep pressure pot at level of applicator to avoid blocking of fluid line due to weight of material. Blow back coating in fluid line at intermittent shutdowns, but continue agitation at pressure pot.

Brush .....For touch up in small areas only

If specific application equipment is not listed above, equivalent equipment may be substituted.

**Surface Preparation Standards**

Condition of Surface	ISO 8501-1 BS 7079:A1	Swedish Std. SIS 055900	SSPC	NACE
White Metal	Sa 3	Sa 3	SP 5	1
Near White Metal	SA 2.5	SA 2.5	SP 10	2
Commercial Blast	SA 2	SA 2	SP 6	3
Brush-Off Blast	SA 1	SA 1	SP 7	4
Hand Tool Cleaning	St 2	CC 2	SP 2	-
Pitted & Rusty	St 3	CC 3	SP 3	-
Rusty	St 3	CC 3	SP 3	-
Power Tool Cleaning	St 3	CC 3	SP 3	-
Pitted & Rusty	St 3	CC 3	SP 3	-



# Protective & Marine Coatings

# ZINC CLAD® II PLUS INORGANIC ZINC-RICH COATING

PART A  
PART B  
PART F

B69VZ12  
B69VZ15  
B69D11

BASE  
ACCELERATOR  
ZINC DUST

## APPLICATION BULLETIN

6.13

### APPLICATION PROCEDURES

Surface preparation must be completed as indicated.

Zinc Clad II Plus comes in premeasured containers, which when mixed provides ready-to-apply material.

#### Mixing Instructions:

Thoroughly agitate Binder, Part A, using low speed continuous air driven agitation. Slowly mix all of Zinc Dust, Part F, into all of Binder Part A until mixture is completely uniform. Continue agitation and add Part B. After mixing, pour mixture through 30-mesh screen. Mixed material must be used within 8 hours. Do not mix previously mixed material with new. No "sweat-in" period is required.

If reducer solvent is used, add only after components have been thoroughly mixed.

Continuous agitation of mixture during application is required, otherwise zinc dust will quickly settle out.

Apply paint at the recommended film thickness and spreading rate as indicated below:

#### Recommended Spreading Rate per coat:

	Minimum	Maximum
Wet mils (microns)	3.0 (75)	6.0 (150)
Dry mils (microns)	2.0 (50)	4.0 (100)
~Coverage sq ft/gal (m <sup>2</sup> /L)	305 (7.5)	610 (15.0)
Theoretical coverage sq ft/gal (m <sup>2</sup> /L) @ 1 mil / 25 microns dft	1219 (28.2)	
Dry film thickness in excess of 6.0 mils (150 microns) per coat is not recommended.		

#### Drying Schedule @ 4.0 mils wet (100 microns):

	@ 40°F/4.5°C	@ 77°F/25°C 50% RH	@ 100°F/38°C
To touch:	25 minutes	20 minutes	5 minutes
To handle:	1 hour	20 minutes	15 minutes
To topcoat:	7 days	24 hours	8 hours
To cure:	7 days	36 hours	24 hours
To stack:	6 hours	2 hours	1 hour

Drying time is temperature, humidity, and film thickness dependent.

Pot Life: 8 hours @ 77°F (25°C)

High humidity will shorten pot life.

Sweat-in-Time: None required, but material should be mixed for at least 5 minutes before use.

Application of coating above maximum or below minimum recommended spreading rate may adversely affect coating performance.

### CLEAN UP INSTRUCTIONS

Clean spills and spatters immediately with Reducer R2KT4, 150 Flash Naphtha or R2K4, Xylene. Clean hands and tools immediately after use with Reducer R2KT4, 150 Flash Naphtha or R2K4, Xylene. Follow manufacturer's safety recommendations when using any solvent.

### DISCLAIMER

The information and recommendations set forth in this Product Data Sheet are based upon tests conducted by or on behalf of The Sherwin-Williams Company. Such information and recommendations set forth herein are subject to change and pertain to the product offered at the time of publication. Consult your Sherwin-Williams representative to obtain the most recent Product Data Information and Application Bulletin.

### PERFORMANCE TIPS

**Topcoating:** Note minimum cure times at normal conditions before topcoating. Longer drying periods are required if primer cannot be water mist sprayed when humidity is low. Water misting may be required at humidities below 50% to enhance cure rate.

Occasionally topcoats will pinhole or delaminate from zinc-rich coatings. This is usually due to poor ambient conditions or faulty application of topcoats. This can be minimized by:

- Provide adequate ventilation and suitable application and substrate temperature.
- If pinholing develops during topcoating, apply a mist coat of the topcoat, reduced up to 50%. Allow 10 minutes flash off and follow with a full coat.

Excessive film build, poor ventilation, and cool temperatures may cause solvent entrapment and premature coating failure.

Any salting on the zinc surface due to weathering exposure must be removed prior to topcoating.

An intermediate coat is recommended to provide uniform appearance of the topcoat.

Stripe coat all crevices, welds, and sharp angles to prevent early failure in these areas.

When using spray application, use a 50% overlap with each pass of the gun to avoid holidays, bare areas, and pinholes. If necessary, cross spray at a right angle.

Spreading rates are calculated on volume solids and do not include an application loss factor due to surface profile, roughness or porosity of the surface, skill and technique of the applicator, method of application, various surface irregularities, material lost during mixing, spillage, overthinning, climatic conditions, and excessive film build.

Excessive reduction of material can affect film build, appearance, and performance.

Do not mix previously catalyzed material with new.

Do not apply the material beyond recommended pot life.

In order to avoid blockage of spray equipment, clean equipment before use or before periods of extended downtime with Reducer R2KT4, 150 Flash Naphtha.

Keep pressure pot at level of applicator to avoid blocking of fluid line due to weight of material. Blow back coating in fluid line at intermittent shutdowns, but continue agitation at pressure pot.

Application above recommended film thickness may result in mud cracking and poor topcoat appearance.

During the early stages of drying, the coating is sensitive to rain, dew, high humidity, and moisture condensation. If possible, plan painting schedules to avoid these influences during the first 16-24 hours of curing.

Topcoats may be applied once 50 MEK double rubs are achieved, per ASTM D4752, Rating 4. No zinc or only slight traces should be visible. Coin hardness test can also be used.

Cured films of inorganic zinc coatings contain no appreciable amounts of combustible materials. Both Fire and Smoke Indices would be expected to approach 0.

Refer to Product Information sheet for additional performance characteristics and properties.

### SAFETY PRECAUTIONS

Refer to the MSDS sheet before use.

Published technical data and instructions are subject to change without notice. Contact your Sherwin-Williams representative for additional technical data and instructions.

### WARRANTY

The Sherwin-Williams Company warrants our products to be free of manufacturing defects in accord with applicable Sherwin-Williams quality control procedures. Liability for products proven defective, if any, is limited to replacement of the defective product or the refund of the purchase price paid for the defective product as determined by Sherwin-Williams. NO OTHER WARRANTY OR GUARANTEE OF ANY KIND IS MADE BY SHERWIN-WILLIAMS, EXPRESSED OR IMPLIED, STATUTORY, BY OPERATION OF LAW OR OTHERWISE, INCLUDING MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE.



# Protective & Marine Coatings

# MACROPOXY® 646 FAST CURE EPOXY

PART A B58-600  
PART B B58V600

SERIES HARDENER

## PRODUCT INFORMATION

4.53

Revised: March 9, 2015

### PRODUCT DESCRIPTION

**MACROPOXY 646 FAST CURE EPOXY** is a high solids, high build, fast drying, polyamide epoxy designed to protect steel and concrete in industrial exposures. Ideal for maintenance painting and fabrication shop applications. The high solids content ensures adequate protection of sharp edges, corners, and welds. This product can be applied directly to marginally prepared steel surfaces.

- Low VOC
- Low odor
- Outstanding application properties
- Meets Class A requirements for Slip Coefficient, 0.36 @ 6 mils / 150 microns dft (Mill White only)
- Chemical resistant
- Abrasion resistant

### PRODUCT CHARACTERISTICS

Finish:	Semi-Gloss
Color:	Mill White, Black and a wide range of colors available through tinting
Volume Solids:	72% ± 2%, mixed, Mill White
Weight Solids:	85% ± 2%, mixed, Mill White
VOC (EPA Method 24): mixed	Unreduced: <250 g/L; 2.08 lb/gal Reduced 10%: <300 g/L; 2.50 lb/gal
Mix Ratio:	1:1 by volume

### Recommended Spreading Rate per coat:

	Minimum	Maximum
Wet mils (microns)	7.0 (175)	13.5 (338)
Dry mils (microns)	5.0* (125)	10.0* (250)
~Coverage sq ft/gal (m <sup>2</sup> /L)	116 (2.8)	232 (5.7)
Theoretical coverage sq ft/gal (m <sup>2</sup> /L) @ 1 mil / 25 microns dft	1152 (28.2)	

\*May be applied at 3.0-10.0 mils (75-250 microns) dft as an intermediate coat in a multi-coat system. Refer to Recommended Systems (page 2). See Performance Tips section also.  
NOTE: Brush or roll application may require multiple coats to achieve maximum film thickness and uniformity of appearance.

### Drying Schedule @ 7.0 mils wet (175 microns):

	@ 35°F/1.7°C	@ 77°F/25°C	@ 100°F/38°C
To touch:	4-5 hours	50% RH	1.5 hours
To handle:	48 hours	8 hours	4.5 hours
To recoat:			
minimum:	48 hours	8 hours	4.5 hours
maximum:	1 year	1 year	1 year
To cure:			
Service:	10 days	7 days	4 days
Immersion:	14 days	7 days	4 days
Pot Life:	10 hours	4 hours	2 hours
Sweat-in-time:	30 minutes	30 minutes	15 minutes

If maximum recoat time is exceeded, abrade surface before recoating. Drying time is temperature, humidity, and film thickness dependent. Paint temperature must be at least 40°F (4.5°C) minimum.

### When used as an intermediate coat as part of a multi-coat system:

#### Drying Schedule @ 5.0 mils wet (125 microns):

	@ 35°F/1.7°C	@ 77°F/25°C	@ 100°F/38°C
To touch:	3 hours	1 hour	1 hour
To handle:	48 hours	4 hours	2 hours
To recoat:			
minimum:	16 hours	4 hours	2 hours
maximum:	1 year	1 year	1 year

### PRODUCT CHARACTERISTICS (CONT'D)

Shelf Life:	36 months, unopened Store indoors at 40°F (4.5°C) to 110°F (43°C).
Flash Point:	91°F (33°C), TCC, mixed
Reducer/Clean Up:	Reducer, R7K15
In California:	Reducer R7K111 or Oxsol 100

### PERFORMANCE CHARACTERISTICS

Substrate\*: Steel  
Surface Preparation\*: SSPC-SP10/NACE 2  
System Tested\*:  
1 ct. Macropoxy 646 Fast Cure @ 6.0 mils (150 microns) dft  
\*unless otherwise noted below

Test Name	Test Method	Results
Abrasion Resistance	ASTM D4060, CS17 wheel, 1000 cycles, 1 kg load	84 mg loss
Accelerated Weathering-QUV <sup>1</sup>	ASTM D4587, QUV-A, 12,000 hours	Passes
Adhesion	ASTM D4541	1,037 psi
Corrosion Weathering <sup>1</sup>	ASTM D5894, 36 cycles, 12,000 hours	Rating 10 per ASTM D714 for blistering; Rating 9 per ASTM D610 per rusting
Nuclear Decontamination	ASTM D4256/ANSI N 5.12	99% Water Wash; 95% Overall
Direct Impact Resistance <sup>2</sup>	ASTM D2794	120 in. lb.
Dry Heat Resistance	ASTM D2485	250°F (121°C)
Exterior Durability	1 year at 45° South	Excellent, chalks
Flexibility	ASTM D522, 180° bend, 3/4" mandrel	Passes
Fuel Contribution	NFPA 259	5764 btu/lb
Humidity Resistance	ASTM D4585, 6000 hours	No blistering, cracking, or rusting
Immersion	1 year fresh and salt water	Passes, no rusting, blistering, or loss of adhesion.
Radiation Tolerance	ASTM D4082 / ANSI 5.12	Pass at 21 mils (525 microns)
Pencil Hardness	ASTM D3363	3H
Salt Fog Resistance <sup>1</sup>	ASTM B117, 6,500 hours	Rating 10 per ASTM D610 for rusting; Rating 9 per ASTM D1654 for corrosion
Slip Coefficient, Mill White*	AISC Specification for Structural Joints Using ASTM A325 or ASTM A490 Bolts	Class A, 0.36
Surface Burning	ASTM E84/NFPA 255	Flame Spread Index 20; Smoke Development Index 35 (at 18 mils or 450 microns)
Water Vapor Permeance	ASTM D1653, Method B	1.16 US perms

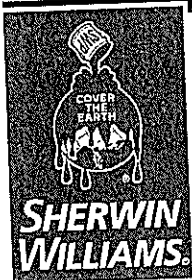
Epoxy coatings may darken or discolor following application and curing.  
\*Refer to Slip Certification document

Footnotes:  
<sup>1</sup> Zinc Coat II Plus Primer  
<sup>2</sup> Two coats of Macropoxy 646 Fast Cure Epoxy

### DISCLAIMER

The information and recommendations set forth in this Product Data Sheet are based upon tests conducted by or on behalf of The Sherwin-Williams Company. Such information and recommendations are subject to change and pertain to the product offered at the time of publication. Consult your Sherwin-Williams representative to obtain the most recent Product Data Information and Application Bulletin.





# Protective & Marine Coatings

# MACROPOXY® 646 FAST CURE EPOXY

PART A  
PART B

B58-600  
B58V600

SERIES  
HARDENER

## PRODUCT INFORMATION

4.53

Revised: March 9, 2015

### RECOMMENDED USES

- Marine applications
- Fabrication shops
- Pulp and paper mills
- Power plants
- Offshore platforms
- Nuclear Power Plants
- Nuclear fabrication shops
- Mill White and Black are acceptable for immersion use for salt water and fresh water, not acceptable for potable water
- Suitable for use in USDA inspected facilities
- Acceptable for use in Canadian Food Processing facilities, categories: D1, D2, D3 (Confirm acceptance of specific part numbers/sexes with your SW Sales Representative)
- Conforms to AWWA D102 OCS #5
- Conforms to MPI # 108
- This product meets specific design requirements for non-safety related nuclear plant applications in Level II, III and Balance of Plant, and DOE nuclear facilities\*
- \* Nuclear qualifications are NRC license specific to the facility.
- Suitable for use in the Mining & Minerals Industry
- Refineries
- Chemical plants
- Tank exteriors
- Water treatment plants
- DOE Nuclear Fuel Facilities
- DOE Nuclear Weapons Facilities

### RECOMMENDED SYSTEMS

		Dry Film Thickness / ct.	
		Mils	(Microns)
<b>Immersion and atmospheric:</b>			
<b>Steel:</b>			
2 cts.	Macropoxy 646 Fast Cure Epoxy	5.0-10.0	(125-250)
<b>Concrete/Masonry, smooth:</b>			
2 cts.	Macropoxy 646 Fast Cure Epoxy	5.0-10.0	(125-250)
<b>Concrete Block:</b>			
1 ct.	Kem Cati-Coat HS Epoxy Filler/Sealer	10.0-20.0	(250-500)
<i>as needed to fill voids and provide a continuous substrate.</i>			
2 cts.	Macropoxy 646 Fast Cure Epoxy	5.0-10.0	(125-250)
<b>Atmospheric:</b>			
<b>Steel:</b>			
(Shop applied system, new construction, AWWA D102, can also be used at 3 mils / 75 microns minimum dft when used as an intermediate coat as part of a multi-coat system)			
1 ct.	Macropoxy 646 Fast Cure Epoxy	3.0-6.0	(75-150)
1-2 cts.	of recommended topcoat		
<b>Steel:</b>			
1 ct.	Recoatable Epoxy Primer	4.0-6.0	(100-150)
2 cts.	Macropoxy 646 Fast Cure Epoxy	5.0-10.0	(125-250)
<b>Steel:</b>			
1 ct.	Macropoxy 646 Fast Cure Epoxy	5.0-10.0	(125-250)
1-2 cts.	Acrolon 218 Polyurethane	3.0-6.0	(75-150)
or	Hi-Solids Polyurethane	3.0-5.0	(75-125)
or	SherThane 2K Urethane	2.0-4.0	(50-100)
or	Hydrogloss	2.0-4.0	(50-100)
<b>Steel:</b>			
2 cts.	Macropoxy 646 Fast Cure Epoxy	5.0-10.0	(125-250)
1-2 cts.	Tile-Clad HS Epoxy	2.5-4.0	(63-100)
<b>Steel:</b>			
1 ct.	Zinc Clad II Plus	2.0-4.0	(50-100)
1 ct.	Macropoxy 646 Fast Cure Epoxy	5.0-10.0	(125-250)
1-2 cts.	Acrolon 218 Polyurethane	3.0-6.0	(75-150)
<b>Steel:</b>			
1 ct.	Zinc Clad III HS	3.0-5.0	(75-125)
or	Zinc Clad IV	3.0-5.0	(75-125)
1 ct.	Macropoxy 646 Fast Cure Epoxy	3.0-10.0	(75-250)
1-2 cts.	Acrolon 218 Polyurethane	3.0-6.0	(75-150)
<b>Aluminum:</b>			
2 cts.	Macropoxy 646 Fast Cure Epoxy	5.0-10.0	(125-250)
<b>Galvanizing:</b>			
2 cts.	Macropoxy 646 Fast Cure Epoxy	5.0-10.0	(125-250)
<b>FIRETEX ONLY:</b>			
<b>Steel &amp; Galvanized Substrates being primed for FIRETEX only:</b>			
1 ct.	Macropoxy 646 Fast Cure Epoxy	2.0-5.0	(50-125)
The systems listed above are representative of the product's use, other systems may be appropriate.			

### SURFACE PREPARATION

Surface must be clean, dry, and in sound condition. Remove all oil, dust, grease, dirt, loose rust, and other foreign material to ensure adequate adhesion.

Refer to product Application Bulletin for detailed surface preparation information.

Minimum recommended surface preparation:

<b>Iron &amp; Steel</b>			
Atmospheric:	SSPC-SP2/3		
Immersion:	SSPC-SP10/NACE 2, 2-3 mil (50-75 micron) profile		
Aluminum:	SSPC-SP1		
Galvanizing:	SSPC-SP1; See Surface Preparations section on page 3 for application of FIRETEX intumescent coating systems		
<b>Concrete &amp; Masonry</b>			
Atmospheric:	SSPC-SP13/NACE 6, or ICRI No. 310.2R, CSP 1-3		
Immersion:	SSPC-SP13/NACE 6-4.3.1 or 4.3.2, or ICRI No. 310.2R, CSP 2-4		

### Surface Preparation Standards

Condition of Surface	ISO 8501-1 BS7079:A1	Swedish Std. SIS056900	SSPC	NACE
White Metal	Sa 3	Sa 3	SP 5	1
Near White Metal	Sa 2.5	Sa 2.5	SP 10	2
Commercial Blast	Sa 2	Sa 2	SP 6	3
Brush-Off Blast	Sa 1	Sa 1	SP 7	4
Hand Tool Cleaning	CS St 2	CS St 2	SP 2	-
Rusted	CS St 2	CS St 2	SP 2	-
Pitted & Rusted	CS St 3	CS St 3	SP 3	-
Hand Tool Cleaning	CS St 3	CS St 3	SP 3	-
Rusted	D St 3	D St 3	SP 3	-
Pitted & Rusted	D St 3	D St 3	SP 3	-

### TINTING

Tint Part A with Maxitones at 150% strength. Five minutes minimum mixing on a mechanical shaker is required for complete mixing of color.

Tinting is not recommended for immersion service.

### APPLICATION CONDITIONS

Temperature:	35°F (1.7°C) minimum, 120°F (49°C) maximum (air and surface) 40°F (4.5°C) minimum, 120°F (49°C) maximum (material) At least 5°F (2.8°C) above dew point
Relative humidity:	85% maximum

Refer to product Application Bulletin for detailed application information.

### ORDERING INFORMATION

Packaging:	1 gallon (3.78L) and 5 gallon (18.9L) containers
Part A:	1 gallon (3.78L) and 5 gallon (18.9L) containers
Part B:	1 gallon (3.78L) and 5 gallon (18.9L) containers
Weight:	12.9 ± 0.2 lb/gal ; 1.55 Kg/L mixed, may vary by color

### SAFETY PRECAUTIONS

Refer to the MSDS sheet before use.

Published technical data and instructions are subject to change without notice. Contact your Sherwin-Williams representative for additional technical data and instructions.

### WARRANTY

The Sherwin-Williams Company warrants our products to be free of manufacturing defects in accord with applicable Sherwin-Williams quality control procedures. Liability for products proven defective, if any, is limited to replacement of the defective product or the refund of the purchase price paid for the defective product as determined by Sherwin-Williams. NO OTHER WARRANTY OR GUARANTEE OF ANY KIND IS MADE BY SHERWIN-WILLIAMS, EXPRESSED OR IMPLIED, STATUTORY, BY OPERATION OF LAW OR OTHERWISE, INCLUDING MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE.

- c) Debe estar apoyado sobre soportes fijos al tanque que permitan el anclaje o sujeción a la estructura donde va a permanecer.

**7.1.2.2 Tanque móvil.** Además de lo establecido en 7.1.2.1, en lo que compete, el diseño del tanque cisterna para vehículo, semiremolque o remolque, debe tomar en cuenta las relaciones estructurales entre el tanque, las estructuras soportantes y los elementos de propulsión y movimiento del vehículo. Debe cumplir con todas las regulaciones vigentes en el país referentes a dimensiones, cargas máximas, número de ejes, elementos de protección y seguridad.

### 7.1.3 Construcción

**7.1.3.1** Los tanques fijos y móviles para gases a baja presión deben ser construidos conforme a lo establecido en el Código ASME Sección VIII, División 1 o 2 y Normas Técnicas Ecuatorianas, NTE INEN según el caso.

**7.1.3.2** Los tanques fijos y móviles deben estar provistos de aberturas para drenaje y todas las aberturas, no destinadas a válvulas de seguridad, conexiones de carga, descarga, indicadores de nivel o de temperatura, deben equiparse con válvula de flujo interna en combinación con válvula de cierre y tapón.

### 7.1.4 Accesorios

**7.1.4.1** Las válvulas, tuberías, accesorios y conectores flexibles, tanto para tanques fijos como móviles, deben ser seleccionados y apropiados para el uso con el gas contenido y soportar las presiones correspondientes.

**7.1.4.2** Los dispositivos de alivio de presión, válvulas de cierre, válvulas antiretorno, válvulas de exceso de flujo, medidores de nivel y dispositivos para evitar el sobrellenado, utilizados individualmente o en combinaciones compatibles, deben cumplir con lo siguiente:

- a) Para orificios de extracción de vapor y líquido
- a.1) Una válvula de cierre, ubicada tan cerca del tanque como sea posible, en combinación con una válvula de exceso de flujo instalada en el tanque.
- b) Para orificios de entrada de vapor y líquido
- b.1) Una válvula de cierre ubicada tan cerca del tanque como sea posible, en combinación, ya sea con una válvula antiretorno o con una válvula de exceso de flujo instalada en el tanque.
- c) Válvulas de seguridad
- c.1) Las válvulas de seguridad deben ser de tipo de resorte calibrado y que empiecen a descargar cuando la presión de operación alcance los límites 88 % mínimo y 100 % máximo, del valor de la presión de diseño del tanque y se deben seleccionar de acuerdo a la superficie externa del mismo.
- c.2) Las cubiertas o tapas de protección deben mantenerse en su lugar, excepto cuando la válvula funciona, y debe permitir entonces la operación a total capacidad de la válvula.
- c.3) Cada válvula de seguridad debe llevar la siguiente información:
- c.3.1) La presión en MPa (psi) a la cual está ajustada para descarga.
- c.3.2) El caudal real de descarga en  $m^3/min.$  de aire a  $15,5\text{ }^\circ C$  (scfm).
- c.3.3) El nombre del fabricante y número de serie.
- c.3.4) Estampe de un organismo certificador o norma de fabricación.

7.1.4.3 Otros accesorios requeridos para tanques desde 7 m<sup>3</sup> de capacidad de agua:

- a) Medidor fijo del nivel del líquido.
- b) Medidor flotante, medidor rotativo, medidor de tubo deslizante o una combinación de estos.
- c) Manómetro diseñado para 20 % sobre la presión de diseño medida en MPa (psi) y debe estar instalado inmediatamente después de una válvula de exceso de flujo y válvula de cierre o una multiválvula y montado en la zona de la fase de vapor.
- d) Indicador de temperatura para fase líquida en °C.

7.1.4.4 Todas las válvulas y elementos de control deben ser certificados por el INEN o por un organismo reconocido por el INEN.

7.1.4.5 Los accesorios y elementos de control, montados por el constructor, en el vehículo cisterna, debe fijarse a soportes y bases en forma segura y estable, incluidas las conexiones de las tuberías y demás accesorios requeridos por el gas a ser contenido y por las recomendaciones del fabricante del elemento de control, tomando en cuenta los esfuerzos adicionales de vibración y fatiga mecánica causada por el vehículo en movimiento.

7.1.5 *Tuberías.* Las tuberías utilizadas en tanques fijos y móviles deben ser construidas de acero al carbono o inoxidable, deben cumplir con los requisitos y ensayos establecidos en la NTE INEN correspondiente al gas que va a contener o la internacionalmente aceptada.

#### 7.1.6 *Indicadores de nivel*

7.1.6.1 Los vehículos cisterna deben estar equipados con indicadores de nivel, uno de los cuales debe ser obligadamente una sonda. Los indicadores utilizados en tanques de 10 m<sup>3</sup> o más, debe localizarse según el Anexo F.

## 7.2 **Requisitos complementarios**

7.2.1 Instalación de válvulas de seguridad en tanques fijos y móviles.

7.2.1.1 No deben colocarse válvulas de cierre entre el tanque y la válvula de seguridad.

7.2.1.2 Las válvulas de seguridad deben estar localizadas e instaladas de manera que tengan comunicación directa con el espacio ocupado por el vapor en el interior del tanque.

7.2.1.3 Las válvulas de seguridad deben instalarse de manera que el gas liberado sea expulsado sin interrupciones lejos del recipiente, hacia la atmósfera.

7.2.2 Los accesorios deben protegerse contra agentes atmosféricos y otros externos (golpes, rozamientos, impactos, etc.).

7.2.2.1 Los accesorios del tanque, tuberías y equipos del vehículo cisterna, deben protegerse contra daños físicos químicos, atmosféricos y eléctricos.

7.2.3 Las aberturas para descarga del gas deben estar equipadas con válvulas de cierre internas, que deben permanecer cerradas, excepto durante operaciones de trasvase del líquido.

#### 7.2.4 *Señalización*

7.2.4.1 Las señales requeridas en todos los tanques son las siguientes:

- a) Capacidad del tanque, en m<sup>3</sup>.
- b) Cantidad máxima permitida del gas para el que fue construido, en kg.
- c) Señales de seguridad mediante los símbolos gráficos normalizados indicados en la NTE INEN 439.

- d) Señales de seguridad auxiliares mediante el texto recomendado según el caso tales como "PELIGRO NO FUMAR" "PROHIBIDO FUMAR" "NO HACER FUEGO, COMBUSTIBLES" "PELIGRO, INFLAMABLE" "PELIGRO, GAS INFLAMABLE", "PELIGRO, GAS VENENOSO" "PELIGRO, GAS TÓXICO ", ETC.
- e) Señales de identificación como "LÍNEA DE VAPOR", "LÍNEA DE LIQUIDO", ETC.
- f) Tipo de gas.
- g) Otras señales requeridas por otros reglamentos, leyes o normas vigentes, relacionadas con el tema.

**7.2.4.2** Todos los tanques que contengan gases a baja presión inodoros deben señalarse con una leyenda "NO ODORIZADO", según NTE INEN 439. Las señales deben ubicarse sobre ambos lados o sobre ambos extremos del tanque.

## 8. INSPECCIÓN

### 8.1 Inspección de tanque individual

**8.1.1** La inspección y verificación del tanque (fijo o móvil) debe realizarse sobre:

- a) **Materia prima.** Las características químicas y mecánicas de los materiales utilizados en la construcción modificación o reparación del tanque. (Ver Anexo A)
- b) **Diseño.** Los datos técnicos, características dimensionales y de forma, memoria de cálculo y planos, deben ser presentados al inspector que realice el control y deben ser registrados de acuerdo con lo especificado en el Anexo B .
- c) **Verificación .** Se debe verificar las calificaciones vigentes de los soldadores, calificación del proceso de soldadura, certificaciones de calibración vigentes de los instrumentos de medida, tipos de juntas de acuerdo con los planos aprobados, dimensiones exteriores y espesores, de acuerdo a lo especificado en el formulario del Anexo C.
- d) **Ensayos finales.** En esta inspección se verifica el tanque en forma visual, externa e internamente, en caso de ser posible y los reportes de ensayos no destructivos, entre los que podemos mencionar: tintas penetrantes, radiografía industrial, ultrasonido, etc. realizados por el fabricante. De cada ensayo se deben presentar los registros y los resultados respectivos. Además, se deben realizar los ensayos de presión hidrostática y de funcionamiento y comprobar el espesor y la adherencia de la pintura, cuando el tanque esta terminado; en el caso de tanque móvil, se debe realizar la prueba de rodaje. (Ver Anexo D)
- e) **Accesorios.** Todos los accesorios que son necesarios en un tanque, de acuerdo al gas específico que va a contener, como válvulas, tuberías, mangueras, etc. deben ser inspeccionados y de ser necesario, deben ser probados a la presión de ensayo específico y de acuerdo a lo mencionado en los respectivos certificados. Se debe inspeccionar, adicionalmente, las protecciones contra golpes externos que deben tener todos los accesorios y/o conexiones.
- f) **Radiografía industrial.** Las radiografías y los informes respectivos deben ser presentados al inspector calificado (mínimo nivel II ASNT, vigente, de acuerdo al Código ASME), para la verificación con respecto al diseño. (Ver Anexo E).
- g) **Pintura y señalización.** Se debe verificar el color y el espesor de la pintura de protección aplicado y realizar los ensayos correspondientes a la adherencia (Ver NTE INEN 1 006); la medición de espesores de la pintura de acuerdo con la NTE INEN 1 012 y la inspección de la señalización (Ver NTE INEN 439).

h) Para los tanques con estampe ASME se aceptará su REPORTE DE DATOS y se deben verificar los literales e) y g)

8.1.2 Para los tanques importados se debe presentar el certificado de origen del fabricante y el certificado de inspección y aprobación emitido por el organismo certificador reconocido por el INEN. El INEN se reserva el derecho de comprobar el espesor y realizar el ensayo hidrostático de acuerdo a los parámetros especificados en dicho certificado.

## 8.2 Aceptación o rechazo

### 8.2.1 Documentación técnica

8.2.1.1 Para la certificación de tanques de acero nuevos construidos por lotes se requiere inspeccionar de acuerdo con el numeral 8.1.1 y a lo establecido en el numeral 8.2.

### 8.2.2 Muestreo

8.2.2.1 Tamaño del lote. El tamaño del lote debe definirse de acuerdo a lo especificado en la NTE INEN 255 considerando un nivel de inspección especial S1 de acuerdo al tipo de gas, establecidos en la tabla 1 y con un nivel aceptable de calidad (AQL) de 4.

**TABLA 1. Gases a baja presión**

DESIGNACIÓN	NIVEL DE INSPECCIÓN
G1 Tóxicos	S4
G2 Inflamables	S3
G3 Corrosivos	S2

### 8.2.3 Tamaño de la muestra

8.2.3.1 De cada lote, utilizando un sistema aleatorio, se tomará la cantidad de tanques especificada en la NTE INEN 255, considerando lo establecido en el numeral 8.2.2.1 y esta constituirá la muestra para realizar en ellos: inspección visual, ensayos dimensionales, verificación de espesores de la plancha de acero y adherencia de la pintura, presión hidrostática; la ejecución de los ensayos radiográficos se realizarán de acuerdo al Código ASME, (ver nota 1).

## 8.3 Aceptación o rechazo

8.3.1 En caso de no cumplir con el requisito del AQL todo el lote debe ser inspeccionado unitariamente; se permite la reparación de los defectos encontrados y se respaldará con la documentación respectiva, debidamente suscrita por el inspector de calidad, procedimiento que se debe seguir para los tanques importados como de producción nacional.

8.3.2 Para los tanques que se fabrican por lotes, que tienen estampe ASME, el INEN acepta el informe de datos, (FORMATO U-1A DATA REPORT), firmado y abalizado por todos los responsables.

8.3.3 El Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, emitirá el Certificado de Conformidad con Norma al lote cuando haya cumplido con los requisitos establecidos en esta NTE.

## 9. ENSAYOS

### 9.1 Ensayo de presión hidrostática

9.1.1 *Resumen.* El ensayo de presión hidrostática se refiere a que el tanque soporte una presión interna de ensayo 1,3 veces la presión de diseño con la División I y 1,25 con la División II del Código ASME sin presentar disminución de presión en un determinado período de tiempo.

NOTA 1. Los ensayos de presión hidrostática y radiográficos realizados en la inspección son independientes a los ejecutados por la empresa durante el proceso de fabricación.

### 9.1.2 Informe de resultados.

#### 9.1.2.1 En el informe debe constar lo siguiente:

- a) parámetros del ensayo y equipos utilizados. (Presión, tiempo de permanencia, temperatura, tipo de manómetro, etc.)
- b) capacidad del tanque, en m<sup>3</sup>
- c) gas que va a contener
- d) registro de cualquier falla o defecto observado durante el ensayo
- e) fecha de ejecución del ensayo
- f) firmas del inspector de la institución de control y representante de la empresa constructora del tanque.

### 9.2 Ensayo de funcionamiento

9.2.1 El ensayo consiste en comprobar la calibración y el funcionamiento de los instrumentos, que se instalarán en el tanque de acuerdo a lo establecido en el Código ASME, o normas ISO.

#### 9.2.2 Informe de resultados

##### 9.2.2.1 En el informe debe constar lo siguiente:

- a) identificación del instrumento;
- b) parámetros del ensayo y equipos utilizados. (Presión, tiempo de permanencia, temperatura, tipo de manómetro, etc.);
- c) capacidad del instrumento: flujo en m<sup>3</sup>/hora, presión máxima, etc. Para instrumentos de seguridad: presión de apertura y de cierre, descarga máxima;
- d) gas para el que está diseñado;
- e) registro de cualquier falla o defecto observado durante el ensayo;
- f) fecha de ejecución del ensayo;
- g) nombre y firma del técnico que realizó el ensayo.

## 10. ROTULADO

10.1 En una placa de material inoxidable fija al tanque, debe marcarse en forma indeleble, legible y permanente la siguiente información:

- a) capacidad en m<sup>3</sup>;
- b) presión de diseño en MPa (psi);
- c) temperatura de diseño, en °C (°F)
- d) espesor mínimo de la plancha del cuerpo y del casquete, en mm;
- e) norma de especificaciones del material del cuerpo y del casquete;
- f) norma técnica de construcción (NTE INEN .....; o Código internacional .....);
- g) fecha de construcción (año y mes);
- h) nombre del fabricante;
- i) presión de prueba hidrostática, en MPa (psi);
- j) tara del recipiente en kg ;
- k) dimensiones exteriores: largo, diámetro, altura total, en m o área exterior en m<sup>2</sup>;
- l) número de serie.

**ANEXO A**

**INSPECCIÓN DE MATERIA PRIMA**

Fabricante:

Tipo de Tanque:

Certificado No.:

Tanque N°.:

Fecha:

1. Material utilizado:  
Cuerpo cilíndrico:  
Casquetes:
2. Especificaciones del material:

<b>Cuerpo Cilíndrico</b> ¡Error! Marcador no definido.					<b>Casquetes</b>				
<b>Norma:</b>					<b>Norma:</b>				
<b>Composición química</b>					<b>Composición química</b>				
% C	% Mn	% P	% S	% Si	% C	% Mn	% P	% S	% Si
<b>¡Error! Marcador no definido. PROPIEDADES MECÁNICAS</b>					<b>PROPIEDADES MECÁNICAS</b>				
Resistencia a la tracción (MPa)	Límite de fluencia (MPa) mín.	Alargamiento (%) mín.			Resistencia a la tracción (MPa)	Límite de fluencia (MPa) mín.	Alargamiento (%) mín.		

3. Existe certificación de los proveedores:
4. Cumple con las especificaciones:
5. Observaciones: *\*Requisitos de la Norma :*  
*\*\*Valores reportados por el productor de materia prima, según certificados No. , de . y demás adjuntos.*

Inspeccionado por

\_\_\_\_\_  
(Firma y nombre)

**ANEXO B****INSPECCIÓN DE DISEÑO**

Fabricante:  
 Tipo de Tanque:  
 Certificado No.:

Tanque No.:  
 Fecha:

**1. DATOS TÉCNICOS DE DISEÑO**

- Presión de diseño (MPa):
- Temperatura de diseño (°C):
- Capacidad volumétrica (m<sup>3</sup>):
- Margen de corrosión:

**2. DATOS DIMENSIONALES Y DE FORMA****2.1 Cuerpo cilíndrico**

- Diámetro interior: *mm*
- Longitud: *mm*
- Espesor: *mm*

**2.2 Casquetes**

- Forma:
- Radio interior: *mm*
- Espesor: *mm*

2.3 Longitud total: *mm*

**3. RESULTADO DE CALCULO****3.1 Cuerpo cilíndrico**

- Espesor por esfuerzo circunferencial: *mm*
- Espesor por esfuerzo longitudinal: *mm*

**3.2 Casquetes**

- Espesor (de acuerdo a la forma): *mm*

**3.3 Volumen**

- Del cuerpo cilíndrico: *m<sup>3</sup>*
- De los casquetes: *m<sup>3</sup>*
- Total: *m<sup>3</sup>*

4. **EL DISEÑO ESTA CONFORME A: CÓDIGO ASME SECCIÓN VIII DIV. . . . .**

5. **OBSERVACIONES:**

Inspeccionado por:

\_\_\_\_\_  
 (Firma y nombre)



**CIB - ESPOL**

**ANEXO C  
INSPECCIÓN DE PROCESO**

Fabricante: \_\_\_\_\_  
 Tipo de Tanque: \_\_\_\_\_ Tanque No.: \_\_\_\_\_  
 Certificado No.: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

**1. REQUISITOS BÁSICOS**

- Soldadores calificados:
- Se calificó al proceso de soldadura mediante homologación:
- Plano (s) de diseño No. \_\_\_\_\_ aprobado (s) por el fabricante:

**2. CONTROL DE JUNTAS**

- Las juntas entre el cuerpo cilíndrico y los casquetes se han diseñado conforme al *Código ASME* :
- Juntas longitudinales y circunferenciales están conforme a los planos del diseño:

**3. CONTROL DE SOLDADURAS**

- Existen especificaciones de procedimiento:
- Tipo de proceso:

**4. CONTROL DEL PENSADO DE LOS CASQUETES**

Verificación de espesores							
CASQUETE 1				CASQUETE 2			
Sector	Medidas (mm)			Sector	Medidas (mm)		
	I	II	III		I	II	III
<i>Espesor</i>	<i>mín.</i>	<i>mín.</i>	<i>mín.</i>	<i>Espesor</i>	<i>mín.</i>	<i>mín.</i>	<i>mín.</i>

Observaciones:

Inspeccionado por

-----  
 (Firma y nombre)

**ANEXO D****INSPECCIÓN Y PRUEBAS FINALES**

Fabricante:  
Tipo de Tanque:  
Certificado No.:

Tanque No.:  
Fecha:

**1. INSPECCIÓN DEL TANQUE**

- 1.1 Inspección visual 100 %:
- 1.2 Inspección radiográfica (Ver Anexo E):

**2. CONTROL DE ABERTURAS (manholes)**

- 2.1 Inspección visual 100 %:
- 2.2 Inspección por tintas penetrantes  
Tipo:  
Técnica:  
Resultados:

Elaborado por:                      Certificado por:

**3. PRUEBA HIDROSTÁTICA (ver 9.1)****4. PINTURA**

- 4.1 Primario exterior  
Tipo:
- 4.2 Acabado exterior  
Tipo:                      Color:
- 4.3 Espesor final seco
- 4.4 Adherencia:

**5. Prueba de funcionamiento de válvulas (ver 9.2)**  
Realizado por:**6. Prueba de rodaje (autotanque)**  
Realizado por:**7. OBSERVACIONES:**

Inspeccionado por

\_\_\_\_\_  
(Firma y nombre)

**ANEXO E**

**INSPECCIÓN RADIOGRÁFICA**

Fabricante:  
 Tipo de Tanque: Tanque No.:  
 Certificado No.: Fecha:

**1. ESPECIFICACIONES**

- Técnica:
- Voltaje: Intensidad:
- Fuente: Actividad:
- Penetrámetro:
- Película: Dimensiones: ----

**2. SOLDADURAS LONGITUDINALES**

- Eficiencia de la junta: .....
- Inspección ..... %
- Número de radiografías tomadas:
- Número de radiografías rechazadas:

**3. SOLDADURAS CIRCUNFERENCIALES**

- Eficiencia de la junta: .....
- Número de radiografías tomadas:
- Número de radiografías rechazadas:

**4. SOLDADURAS DE LOS CASQUETES (100 %)**

- Eficiencia de la junta: .....
- Número de radiografías tomadas:
- Número de radiografías rechazadas:

**5. RADIOGRAFÍAS RECHAZADAS**

Identificación	Causa del rechazo	Acción correctiva	Aprobación

**6. ENSAYO REALIZADO POR:**

CERTIFICADO POR:

**7. OBSERVACIONES:**

Inspeccionado por

\_\_\_\_\_

(Firma y nombre)



# Protective & Marine Coatings

# MACROPOXY® 646 FAST CURE EPOXY

PART A  
PART B

B58-600  
B58V600

SERIES  
HARDENER

4.53

Revised: March 9, 2015

## APPLICATION BULLETIN

### SURFACE PREPARATIONS

Surface must be clean, dry, and in sound condition. Remove all oil, dust, grease, dirt, loose rust, and other foreign material to ensure adequate adhesion.

#### Iron & Steel, Atmospheric Service:

Minimum surface preparation is Hand Tool Clean per SSPC-SP2. Remove all oil and grease from surface by Solvent Cleaning per SSPC-SP1. For better performance, use Commercial Blast Cleaning per SSPC-SP6/NACE 3, blast clean all surfaces using a sharp, angular abrasive for optimum surface profile (2 mils / 50 microns). Prime any bare steel within 8 hours or before flash rusting occurs.

#### Iron & Steel, Immersion Service:

Remove all oil and grease from surface by Solvent Cleaning per SSPC-SP1. Minimum surface preparation is Near White Metal Blast Cleaning per SSPC-SP10/NACE 2. Blast clean all surfaces using a sharp, angular abrasive for optimum surface profile (2-3 mils / 50-75 microns). Remove all weld spatter and round all sharp edges by grinding. Prime any bare steel the same day as it is cleaned.

#### Aluminum

Remove all oil, grease, dirt, oxide and other foreign material by Solvent Cleaning per SSPC-SP1.

#### Galvanized Steel

Allow to weather a minimum of six months prior to coating. Solvent Clean per SSPC-SP1 (recommended solvent is VM&P Naphtha). When weathering is not possible, or the surface has been treated with chromates or silicates, first Solvent Clean per SSPC-SP1 and apply a test patch. Allow paint to dry at least one week before testing adhesion. If adhesion is poor, brush blasting per SSPC-SP7 is necessary to remove these treatments. Rusty galvanizing requires a minimum of Hand Tool Cleaning per SSPC-SP2, prime the area the same day as cleaned. In preparing galvanized steel substrates for the application of FIRE-TEX intumescent coating systems, Surface Preparation Specification SSPC-SP 16 must be followed obtaining a surface profile of minimum 1.5 mils (38 microns). Optimum surface profile will not exceed 2.0 mils (50 microns).

#### Concrete and Masonry

For surface preparation, refer to SSPC-SP13/NACE 6, or ICRI No. 310.2R, CSP 1-3. Surfaces should be thoroughly clean and dry. Concrete and mortar must be cured at least 28 days @ 75°F (24°C). Remove all loose mortar and foreign material. Surface must be free of laitance, concrete dust, dirt, form release agents, moisture curing membranes, loose cement and hardeners. Fill bug holes, air pockets and other voids with Steel-Seam FT910.

#### Concrete, Immersion Service:

For surface preparation, refer to SSPC-SP13/NACE 6, Section 4.3.1 or 1.3.2 or ICRI No. 310.2R, CSP 2-4.

#### Follow the standard methods listed below when applicable:

ASTM D4258 Standard Practice for Cleaning Concrete.  
ASTM D4259 Standard Practice for Abrading Concrete.  
ASTM D4260 Standard Practice for Etching Concrete.  
ASTM F1869 Standard Test Method for Measuring Moisture Vapor Emission Rate of Concrete.

SSPC-SP 13/Nace 6 Surface Preparation of Concrete.

ICRI No. 310.2R Concrete Surface Preparation.

#### Previously Painted Surfaces

If in sound condition, clean the surface of all foreign material. Smooth, hard or glossy coatings and surfaces should be dulled by abrading the surface. Apply a test area, allowing paint to dry one week before testing adhesion. If adhesion is poor, or if this product attacks the previous finish, removal of the previous coating may be necessary. If paint is peeling or badly weathered, clean surface to sound substrate and treat as a new surface as above.

#### Surface Preparation Standards

Condition of Surface	ISO 8501-1 BS7079:A1	Swedish Std. SIS056900	SSPC	NACE
White Metal	Sa 3	Sa 3	SSPC 5	1
Near White Metal	Sa 2.5	Sa 2.5	SSPC 10	2
Commercial Blast	Sa 2	Sa 2	SSPC 7	4
Brush-Off Blast	Sa 1	Sa 1	SSPC 2	-
Hand Tool Cleaning	Rusted Pitted & Rusted	CC 2 CC 3	SSPC 2 SSPC 3	-
Power Tool Cleaning	Rusted Pitted & Rusted	DC 2 DC 3	SSPC 3	-

### APPLICATION CONDITIONS

Temperature:	35°F (1.7°C) minimum, 120°F (49°C) maximum (air and surface) 40°F (4.5°C) minimum, 120°F (49°C) maximum (material) At least 5°F (2.8°C) above dew point
Relative humidity:	85% maximum

### APPLICATION EQUIPMENT

The following is a guide. Changes in pressures and tip sizes may be needed for proper spray characteristics. Always purge spray equipment before use with listed reducer. Any reduction must be compliant with existing VOC regulations and compatible with the existing environmental and application conditions.

Reducer/Clean Up ..... Reducer R7K15  
In California..... Reducer R7K111

#### Airless Spray

Pump.....	30:1
Pressure.....	2800 - 3000 psi
Hose.....	1/4" ID
Tip.....	.017" - .023"
Filter.....	.60 mesh
Reduction.....	As needed up to 10% by volume

#### Conventional Spray

Gun.....	DeVilbiss MBC-510
Fluid Tip.....	E
Air Nozzle.....	704
Atomization Pressure.....	60-65 psi
Fluid Pressure.....	10-20 psi
Reduction.....	As needed up to 10% by volume
Requires oil and moisture separators	

#### Brush

Brush.....	Nylon/Polyester or Natural Bristle
Reduction.....	As needed up to 10% by volume

#### Roller

Cover.....	3/8" woven with solvent resistant core
Reduction.....	As needed up to 10% by volume

#### Plural Component Spray... Acceptable

Refer to April 2010 Technical Bulletin - "Application Guidelines for Macropoxy 646 Fast Cure Epoxy & Recoatable Epoxy Primer Utilizing Plural Component Equipment"  
If specific application equipment is not listed above, equivalent equipment may be substituted.



# Protective & Marine Coatings

# MACROPOXY® 646 FAST CURE EPOXY

PART A  
PART B

B58-600  
B58V600

SERIES  
HARDENER

Revised: March 9, 2015

## APPLICATION BULLETIN

4.53

### APPLICATION PROCEDURES

Surface preparation must be completed as indicated. Mix contents of each component thoroughly with low speed power agitation. Make certain no pigment remains on the bottom of the can. Then combine one part by volume of Part A with one part by volume of Part B. Thoroughly agitate the mixture with power agitation. Allow the material to sweat-in as indicated prior to application. Re-stir before using. If reducer solvent is used, add only after both components have been thoroughly mixed, after sweat-in. Apply paint at the recommended film thickness and spreading rate as indicated below:

#### Recommended Spreading Rate per coat:

	Minimum	Maximum
Wet mils (microns)	7.0 (175)	13.5 (338)
Dry mils (microns)	5.0* (125)	10.0* (250)
~Coverage sq ft/gal (m <sup>2</sup> /L)	116 (2.8)	232 (5.7)
Theoretical coverage sq ft/gal (m <sup>2</sup> /L) @ 1 mil / 25 microns dft	1152 (28.2)	

\*May be applied at 3.0-10.0 mils (75-250 microns) dft in atmospheric conditions. Refer to Recommended Systems (page 2). See Performance Tips section also.

NOTE: Brush or roll application may require multiple coats to achieve maximum film thickness and uniformity of appearance.

#### Drying Schedule @ 7.0 mils wet (175 microns):

	@ 35°F/1.7°C	@ 77°F/25°C 50% RH	@ 100°F/38°C
To touch:	4-5 hours	2 hours	1.5 hours
To handle:	48 hours	8 hours	4.5 hours
To recoat:			
minimum:	48 hours	8 hours	4.5 hours
maximum:	1 year	1 year	1 year
To cure:			
Service:	10 days	7 days	4 days
Immersion:	14 days	7 days	4 days

If maximum recoat time is exceeded, abrade surface before recoating. Drying time is temperature, humidity, and film thickness dependent.

Paint temperature must be at least 40°F (4.5°C) minimum.

Pot Life:	10 hours	4 hours	2 hours
Sweat-in-time:	30 minutes	30 minutes	15 minutes

#### When used as an intermediate coat as part of a multi-coat system:

##### Drying Schedule @ 5.0 mils wet (125 microns):

	@ 35°F/1.7°C	@ 77°F/25°C 50% RH	@ 100°F/38°C
To touch:	3 hours	1 hour	1 hour
To handle:	48 hours	4 hours	2 hours
To recoat:			
minimum:	16 hours	4 hours	2 hours
maximum:	1 year	1 year	1 year

Application of coating above maximum or below minimum recommended spreading rate may adversely affect coating performance.

### CLEAN UP INSTRUCTIONS

Clean spills and spatters immediately with Reducer R7K15. Clean tools immediately after use with Reducer R7K15. In California use Reducer R7K111. Follow manufacturer's safety recommendations when using any solvent.

### PERFORMANCE TIPS

Stripe coat all crevices, welds, and sharp angles to prevent early failure in these areas.

When using spray application, use a 50% overlap with each pass of the gun to avoid holidays, bare areas, and pinholes. If necessary, cross spray at a right angle.

Spreading rates are calculated on volume solids and do not include an application loss factor due to surface profile, roughness or porosity of the surface, skill and technique of the applicator, method of application, various surface irregularities, material lost during mixing, spillage, overthinning, climatic conditions, and excessive film build.

Excessive reduction of material can affect film build, appearance, and adhesion.

Do not mix previously catalyzed material with new.

Do not apply the material beyond recommended pot life.

In order to avoid blockage of spray equipment, clean equipment before use or before periods of extended downtime with Reducer R7K15. In California use Reducer R7K111.

Tinting is not recommended for immersion service.

Use only Mill White and Black for immersion service.

Insufficient ventilation, incomplete mixing, miscatalyzation, and external heaters may cause premature yellowing.

Excessive film build, poor ventilation, and cool temperatures may cause solvent entrapment and premature coating failure.

Quik-Kick Epoxy Accelerator is acceptable for use. See data page 4.99 for details.

When coating over aluminum and galvanizing, recommended dft is 2-4 mils (50-100 microns).

Acceptable for Concrete Floors.

Can be used as a metalizing sealer. Consult Technical Bulletin - Sealers for Thermal Spray Metalizing, or your local Sherwin-Williams representative.

Refer to Product Information sheet for additional performance characteristics and properties.

### SAFETY PRECAUTIONS

Refer to the MSDS sheet before use.

Published technical data and instructions are subject to change without notice. Contact your Sherwin-Williams representative for additional technical data and instructions.

### DISCLAIMER

The information and recommendations set forth in this Product Data Sheet are based upon tests conducted by or on behalf of The Sherwin-Williams Company. Such information and recommendations set forth herein are subject to change and pertain to the product offered at the time of publication. Consult your Sherwin-Williams representative to obtain the most recent Product Data Information and Application Bulletin.

### WARRANTY

The Sherwin-Williams Company warrants our products to be free of manufacturing defects in accord with applicable Sherwin-Williams quality control procedures. Liability for products proven defective, if any, is limited to replacement of the defective product or the refund of the purchase price paid for the defective product as determined by Sherwin-Williams. NO OTHER WARRANTY OR GUARANTEE OF ANY KIND IS MADE BY SHERWIN-WILLIAMS, EXPRESSED OR IMPLIED, STATUTORY, BY OPERATION OF LAW OR OTHERWISE, INCLUDING MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE.



# Protective & Marine Coatings

# HI-SOLIDS POLYURETHANE

PART S	B65-300	GLOSS SERIES
PART S	B65-350	SEMI-GLOSS SERIES
PART S	B65WW305	MR, WHITE TINT BASE (GLOSS)
PART T	B60V30	HARDENER

## PRODUCT INFORMATION

5.21

Revised: January 12, 2015

### PRODUCT DESCRIPTION

HI-SOLIDS POLYURETHANE is a two-component, low VOC, aliphatic, acrylic polyurethane resin coating. It is designed for high performance protection with outstanding exterior gloss and color retention.

- Good/excellent resistance to corrosion and weathering
- Outstanding color and gloss retention
- Chemical resistant
- Part of a system tested for nuclear irradiation and decontamination, Level II
- Resists film attack by mildew (MR White only)
- Outstanding application properties

### PRODUCT CHARACTERISTICS

Finish:	High Gloss or Semi-Gloss
Color:	Wide range of colors possible
Volume Solids:	65% ± 2%, mixed, may vary by color
Weight Solids:	77% ± 2%, mixed, may vary by color
VOC (EPA Method 24):	Unreduced: <340g/L; 2.80 lb/gal mixed Reduced 15%: <370 g/L; 3.08 lb/gal May vary by color
Mix Ratio:	4:1 by volume

### Recommended Spreading Rate per coat:

	Minimum	Maximum
Wet mils (microns)	4.5 (112)	8.0 (200)
Dry mils (microns)	3.0 (75)	5.0 (125)
~Coverage sq ft/gal (m <sup>2</sup> /L)	208 (5.1)	347 (8.5)
Theoretical coverage sq ft/gal (m <sup>2</sup> /L) @ 1 mil / 25 microns dft	1040 (25.5)	

NOTE: Brush or roll application may require multiple coats to achieve maximum film thickness and uniformity of appearance.

### Drying Schedule @ 4.5 mils wet (112 microns):

	@ 40°F/4.5°C	@ 77°F/25°C 50% RH	@ 120°F/49°C
To touch:	4 hours	2 hours	1 hour
To handle:	16 hours	8 hours	5 hours
To recoat:			
minimum	24 hours	18 hours	10 hours
maximum	14 days	14 days	14 days
To cure:	14 days	10 days	7 days
Pot Life:	8 hours	4 hours	2 hours
Sweat-in-Time:		None required	

If maximum recoat time is exceeded, abrade surface before recoating. Drying time is temperature, humidity, and film thickness dependent.

**Shelf Life:** Part S - 36 months, unopened  
Part T - 24 months, unopened  
Store indoors at 40°F (4.5°C) to 100°F (38°C).

**Flash Point:** 80°F (27°C), PMCC, mixed

**Reducer/Clean Up:**  
Below 80°F (27°C): Reducer #69, R7K69 or R7K111  
Above 80°F (27°C): Reducer #58, R7K58 or R6K32

### RECOMMENDED USES

- For use over prepared substrates in industrial environments
- Heavy duty interior and exterior structural coating
- A chemical and abrasion resistant equipment and machinery finish
- A gloss and color retentive heavy duty maintenance coating for use in "high visibility" areas
- Exterior surfaces of steel tanks
- Chemical processing equipment
- Marine & Offshore Applications
- Resists film attack by mildew (MR White only)
- Suitable for use in USDA inspected facilities
- Acceptable for use in Canadian Food Processing facilities categories: D1, D3 (Confirm acceptance of specific part numbers/rexes with your SW Sales Representative)
- Conforms to AWWA D102 OCS #5 & #6.
- Acceptable for use in high performance architectural applications
- As topcoat for NEPCOAT System A
- Over FIRETEX hydrocarbon systems

### PERFORMANCE CHARACTERISTICS

Substrate\*: Steel

Surface Preparation\*: SSPC-SP6/NACE 3

System Tested\*:

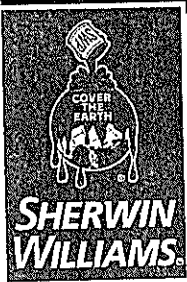
- 1 ct. Recoatable Epoxy Primer @ 4.0 mils (100 microns) dft
  - 1 ct. Hi-Solids Polyurethane Gloss @ 3.0 mils (75 microns) dft
- \*unless otherwise noted below

Test Name	Test Method	Results
Abrasion Resistance	ASTM D4060, CS17 wheel, 1000 cycles, 1 kg load	87.1 mg loss
Adhesion	ASTM D4541	1050 psi
Corrosion Weathering <sup>1</sup>	ASTM D5894, 21 cycles, 7056 hours	Rating 10 per ASTM D714 for blistering; Rating 9 per ASTM D610 for rusting
Direct Impact Resistance	ASTM D2794	>28 in. lbs.
Dry Heat Resistance	ASTM D2485	200°F (93°C)
Flexibility	ASTM D522, 180° bend, 1/8" mandrel	Passes
Moisture Condensation Resistance	ASTM D4585, 100°F (38°C), 1000 hours	No rusting, blistering, or delamination
Pencil Hardness	ASTM D3363	F
Salt Fog Resistance <sup>1</sup>	ASTM B117, 9000 hours	Rating 10 per ASTM D714 for blistering; Rating 9 per ASTM D610 for rusting
Surface Burning	ASTM E84	Flame Spread Index 0; Smoke Development Index 0 (at 3.5 mils or 88 microns)
Thermal Shock	ASTM D2246, 15 cycles	Excellent

Meets the requirements of SSPC Paint No. 36, Level 3 for white and light colors. Dark colors may require a clear coat.

**Footnotes:**

<sup>1</sup> Primer: Zinc Clad II Plus; Intermediate - Recoatable Epoxy Primer



# Protective & Marine Coatings

# HI-SOLIDS POLYURETHANE

PART S	B65-300	GLOSS SERIES
PART S	B65-350	SEMI-GLOSS SERIES
PART S	B65WW305	MR, WHITE TINT BASE (GLOSS)
PART T	B60V30	HARDENER

## PRODUCT INFORMATION

5.21

Revised: January 12, 2015

RECOMMENDED SYSTEMS		
	Dry Film Thickness / ct.	
	Mils	(Microns)
<b>Steel: Epoxy Primer</b>		
1 ct. Recoatable Epoxy Primer	4.0-6.0	(100-150)
1-2 cts. Hi-Solids Polyurethane	3.0-5.0	(75-125)
<b>Steel: Epoxy Primer</b>		
1 ct. Dura-Plate 235	4.0-8.0	(100-200)
1-2 cts. Hi-Solids Polyurethane	3.0-5.0	(75-125)
<b>Steel: Zinc Rich Primer</b>		
1 ct. Zinc Clad II Plus	2.0-4.0	(50-100)
1 ct. Macropoxy 646	5.0-10.0	(125-250)
1-2 cts. Hi-Solids Polyurethane	3.0-5.0	(75-125)
<b>Steel: Epoxy Mastic Primer</b>		
1 ct. Macropoxy 646	5.0-10.0	(125-250)
1-2 cts. Hi-Solids Polyurethane	3.0-5.0	(75-125)
<b>Steel: Universal Primer</b>		
1 ct. Kem Bond HS Metal	2.0-5.0	(50-125)
1-2 cts. Hi-Solids Polyurethane	3.0-5.0	(75-125)
<b>Steel: NEPCOAT</b>		
1 ct. Zinc Clad DOT	2.0-4.0	(50-100)
1 ct. Steel Spec Epoxy Intermediate	3.0-6.0	(75-150)
1 ct. Hi-Solids Polyurethane	3.0-5.0	(75-125)
<b>Aluminum:</b>		
1 ct. DTM Wash Primer	0.7-1.3	(18-32)
1-2 cts. Hi-Solids Polyurethane	3.0-5.0	(75-125)
<b>Concrete:</b>		
1 ct. Kem Cati-Coat Epoxy HS Filler/Sealer	10.0-15.0	(250-375)
1-2 cts. Hi-Solids Polyurethane	3.0-5.0	(75-125)
<b>Galvanized Metal:</b>		
1 ct. Recoatable Epoxy Primer	4.0-6.0	(100-150)
1-2 cts. Hi-Solids Polyurethane	3.0-5.0	(75-125)

### FIRETEX ONLY:

Finish Coat for FIRETEX Hydrocarbon Systems:

1 ct. Hi-Solids Polyurethane\*

\*Consult FIRETEX PFP Specialist for recommended dft range

The systems listed above are representative of the product's use, other systems may be appropriate.

### DISCLAIMER

The information and recommendations set forth in this Product Data Sheet are based upon tests conducted by or on behalf of The Sherwin-Williams Company. Such information and recommendations set forth herein are subject to change and pertain to the product offered at the time of publication. Consult your Sherwin-Williams representative to obtain the most recent Product Data Information and Application Bulletin.

### SURFACE PREPARATION

Surface must be clean, dry, and in sound condition. Remove all oil, dust, grease, dirt, loose rust, and other foreign material to ensure adequate adhesion.

Refer to product Application Bulletin for detailed surface preparation information.

Minimum recommended surface preparation:

\* Iron & Steel: SSPC-SP6/NACE 3, 2 mil (50 micron) profile

\* Aluminum: SSPC-SP1

\* Galvanizing: SSPC-SP1

\* Concrete & Masonry: SSPC-SP13/NACE 6, or ICRI No. 310.2R, CSP 1-3

\* Primer Required

#### Surface Preparation Standards

Condition of Surface	ISO 8501-1 BS7079:A1	Swedish Std. SIS066900	SSPC	NACE
White Metal	Sa 3	Sa 3	SP 5	1
Near White Metal	Sa 2.5	Sa 2.5	SP 10	2
Commercial Blast	Sa 2	Sa 2	SP 6	3
Brush-Off Blast	Sa 1	Sa 1	SP 7	4
Hand Tool Cleaning	CSi 2	CSi 2	SP 2	-
Rusted	CSi 2	CSi 2	SP 2	-
Pitted & Rusted	CSi 2	CSi 2	SP 2	-
Rusted	CSi 3	CSi 3	SP 3	-
Power Tool Cleaning	CSi 3	CSi 3	SP 3	-
Pitted & Rusted	CSi 3	CSi 3	SP 3	-

### TINTING

Tint with Maxitoner Colorants only into Part S. Extra White tints at 200% tint strength. Ultradeep tints at 150% tint strength. Five minutes minimum mixing on a mechanical shaker is required for complete mixing of color.

### APPLICATION CONDITIONS

Temperature: 35°F (1.7°C) minimum  
120°F (49°C) maximum  
(air, surface, and material)  
At least 5°F (2.8°C) above dew point

Relative humidity: 85% maximum

Refer to product Application Bulletin for detailed application information.

### ORDERING INFORMATION

Packaging:  
Part S: 1 gallon (3.78L) and 4 gallon (15.1L) kits  
Part T: quarts (0.94L) and gallons (3.78L)

Weight: 10.7 ± 0.2 lb/gal ; 1.28 Kg/L  
mixed, may vary with color

### SAFETY PRECAUTIONS

Refer to the MSDS sheet before use.

Published technical data and instructions are subject to change without notice. Contact your Sherwin-Williams representative for additional technical data and instructions.

### WARRANTY

The Sherwin-Williams Company warrants our products to be free of manufacturing defects in accord with applicable Sherwin-Williams quality control procedures. Liability for products proven defective, if any, is limited to replacement of the defective product or the refund of the purchase price paid for the defective product as determined by Sherwin-Williams. NO OTHER WARRANTY OR GUARANTEE OF ANY KIND IS MADE BY SHERWIN-WILLIAMS, EXPRESSED OR IMPLIED, STATUTORY, BY OPERATION OF LAW OR OTHERWISE, INCLUDING MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE.



**Protective  
&  
Marine  
Coatings**

# HI-SOLIDS POLYURETHANE

PART S	B65-300	GLOSS SERIES
PART S	B65-350	SEMI-GLOSS SERIES
PART S	B65WW305	MR, WHITE TINT BASE (GLOSS)
PART T	B60V30	HARDENER

Revised: January 12, 2015

## APPLICATION BULLETIN

5.21

### SURFACE PREPARATIONS

Surface must be clean, dry, and in sound condition. Remove all oil, dust, grease, dirt, loose rust, and other foreign material to ensure adequate adhesion.

#### Iron & Steel

Remove all oil and grease from surface by Solvent Cleaning per SSPC-SP1. Minimum surface preparation is Commercial Blast Cleaning per SSPC-SP6/NACE 3. For better performance, use Near White Metal Blast Cleaning per SSPC-SP10/NACE 2. Blast clean all surfaces using a sharp, angular abrasive for optimum surface profile (2 mils / 50 microns). Prime any bare steel the same day as it is cleaned or before flash rusting occurs.

#### Aluminum

Remove all oil, grease, dirt, oxide and other foreign material by Solvent Cleaning per SSPC-SP1. Primer required.

#### Galvanized Steel

Allow to weather a minimum of six months prior to coating. Remove all oil, grease, dirt, oxide and other foreign material by Solvent Cleaning per SSPC-SP1. When weathering is not possible, or the surface has been treated with chromates or silicates, first Solvent Clean per SSPC-SP1 and apply a test patch. Allow paint to dry at least one week before testing adhesion. If adhesion is poor, brush blasting per SSPC-SP7 is necessary to remove these treatments. Rusty galvanizing requires a minimum of Hand Tool Cleaning per SSPC-SP2, prime the area the same day as cleaned. Primer required.

#### Concrete and Masonry

For surface preparation, refer to SSPC-SP13/NACE 6, or ICRI No. 310.2R, CSP 1-3. Surfaces should be thoroughly clean and dry. Concrete and mortar must be cured at least 28 days @ 75°F (24°C). Remove all loose mortar and foreign material. Surface must be free of laitance, concrete dust, dirt, form release agents, moisture curing membranes, loose cement and hardeners. Fill bug holes, air pockets and other voids with Steel-Seam FT910. Primer required.

Follow the standard methods listed below when applicable:  
 ASTM D4258 Standard Practice for Cleaning Concrete.  
 ASTM D4259 Standard Practice for Abrading Concrete.  
 ASTM D4260 Standard Practice for Etching Concrete.  
 ASTM F1869 Standard Test Method for Measuring Moisture Vapor Emission Rate of Concrete.  
 SSPC-SP 13/Nace 6 Surface Preparation of Concrete.  
 ICRI No. 310.2R Concrete Surface Preparation.

#### Surface Preparation Standards

Condition of Surface	ISO 8501-1 BS7079:A1	Swedish Std. SIS055900	SSPC	NACE
White Metal	Sa 3	Sa 3	SP 10	1
Near White Metal	Sa 2.5	Sa 2.5	SP 9	2
Commercial Blast	Sa 2	Sa 2	SP 8	3
Brush-Off Blast	Sa 1	Sa 1	SP 7	4
Hand Tool Cleaning	CS 12	CS 12	SP 6	-
Pitted & Rusted	DS 12	DS 12	SP 5	-
Rusted	CS 13	CS 13	SP 4	-
Power Tool Cleaning	DS 13	DS 13	SP 3	-

### APPLICATION CONDITIONS

Temperature:	35°F (1.7°C) minimum 120°F (49°C) maximum (air, surface, and material) At least 5°F (2.8°C) above dew point
Relative humidity:	85% maximum

### APPLICATION EQUIPMENT

The following is a guide. Changes in pressures and tip sizes may be needed for proper spray characteristics. Always purge spray equipment before use with listed reducer. Any reduction must be compliant with existing VOC regulations and compatible with the existing environmental and application conditions.

#### Reducer/Clean Up

Below 80°F (27°C).....	Reducer #69, R7K69 or R7K111
Above 80°F (27°C).....	Reducer #58, R7K58 or R6K32

#### Airless Spray

Pressure.....	2500 - 2800 psi
Hose.....	3/8" ID
Tip.....	.013" - .017"
Filter.....	none
Reduction.....	As needed up to 10% by volume

#### Conventional Spray

Gun.....	Binks 95
Fluid Nozzle.....	63 B
Atomization Pressure.....	50 - 70 psi
Fluid Pressure.....	20 - 25 psi
Reduction.....	As needed up to 15% by volume

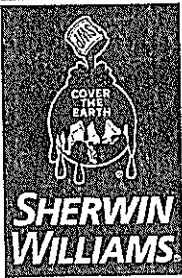
#### Brush

Brush.....	Natural bristle
Reduction.....	As needed up to 15% by volume

#### Roller

Cover.....	3/8" woven with solvent resistant core
Reduction.....	As needed up to 15% by volume

If specific application equipment is not listed above, equivalent equipment may be substituted.



# Protective & Marine Coatings

# HI-SOLIDS POLYURETHANE

PART S	B65-300	GLOSS SERIES
PART S	B65-350	SEMI-GLOSS SERIES
PART S	B65WW305	MR, WHITE TINT BASE (GLOSS)
PART T	B60V30	HARDENER

Revised: January 12, 2015

## APPLICATION BULLETIN

5.21

### APPLICATION PROCEDURES

Surface preparation must be completed as indicated.

Mix contents of each component thoroughly with low speed power agitation. Make certain no pigment remains on the bottom of the can. Then combine 4 parts by volume of Part S with 1 part by volume of Part T. Thoroughly agitate the mixture with power agitation.

If reducer solvent is used, add only after both components have been thoroughly mixed.

Apply paint at the recommended film thickness and spreading rate as indicated below:

#### Recommended Spreading Rate per coat:

	Minimum	Maximum
Wet mils (microns)	4.5 (112)	8.0 (200)
Dry mils (microns)	3.0 (75)	5.0 (125)
~Coverage sq ft/gal (m <sup>2</sup> /L)	208 (5.1)	347 (8.5)
Theoretical coverage sq ft/gal (m <sup>2</sup> /L) @ 1 mil / 25 microns dft	1040 (25.5)	

NOTE: Brush or roll application may require multiple coats to achieve maximum film thickness and uniformity of appearance.

#### Drying Schedule @ 4.5 mils wet (112 microns):

	@ 40°F/4.5°C	@ 77°F/25°C 50% RH	@ 120°F/49°C
To touch:	4 hours	2 hours	1 hour
To handle:	16 hours	8 hours	5 hours
To recoat:			
minimum	24 hours	18 hours	10 hours
maximum	14 days	14 days	14 days
To cure:	14 days	10 days	7 days
Pot Life:	8 hours	4 hours	2 hours
Sweat-in-Time:	None required		

If maximum recoat time is exceeded, abrade surface before recoating. Drying time is temperature, humidity, and film thickness dependent.

Application of coating above maximum or below minimum recommended spreading rate may adversely affect coating performance.

### CLEAN UP INSTRUCTIONS

Clean spills and spatters immediately with Reducer #58, R7K58. Clean tools immediately after use with Reducer #58, R7K58. Follow manufacturer's safety recommendations when using any solvent.

### DISCLAIMER

The information and recommendations set forth in this Product Data Sheet are based upon tests conducted by or on behalf of The Sherwin-Williams Company. Such information and recommendations set forth herein are subject to change and pertain to the product offered at the time of publication. Consult your Sherwin-Williams representative to obtain the most recent Product Data Information and Application Bulletin.

### PERFORMANCE TIPS

Stripe coat all crevices, welds, and sharp angles to prevent early failure in these areas.

When using spray application, use a 50% overlap with each pass of the gun to avoid holidays, bare areas, and pinholes. If necessary, cross spray at a right angle.

Spreading rates are calculated on volume solids and do not include an application loss factor due to surface profile, roughness or porosity of the surface, skill and technique of the applicator, method of application, various surface irregularities, material lost during mixing, spillage, overthinning, climatic conditions, and excessive film build.

Excessive reduction of material can affect film build, appearance, and adhesion.

Do not apply the material beyond recommended pot life.

Do not mix previously catalyzed material with new.

In order to avoid blockage of spray equipment, clean equipment before use or before periods of extended downtime with Reducer #58, R7K58.

Mixed coating is sensitive to water. Use water traps in all air lines. Moisture contact can reduce pot life and affect gloss and color.

Quick-Thane Urethane Accelerator is acceptable for use. See data page 5.97 for details.

E-Z Roll Urethane Defoamer is acceptable for use. See data page 5.99 for details.

Refer to Product Information sheet for additional performance characteristics and properties.

### SAFETY PRECAUTIONS

Refer to the MSDS sheet before use.

Published technical data and instructions are subject to change without notice. Contact your Sherwin-Williams representative for additional technical data and instructions.

### WARRANTY

The Sherwin-Williams Company warrants our products to be free of manufacturing defects in accord with applicable Sherwin-Williams quality control procedures. Liability for products proven defective, if any, is limited to replacement of the defective product or the refund of the purchase price paid for the defective product as determined by Sherwin-Williams. NO OTHER WARRANTY OR GUARANTEE OF ANY KIND IS MADE BY SHERWIN-WILLIAMS, EXPRESSED OR IMPLIED, STATUTORY, BY OPERATION OF LAW OR OTHERWISE, INCLUDING MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE.



# INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

---

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 2 261:2001**

---

---

## **TANQUES PARA GASES A BAJA PRESIÓN. REQUISITOS E INSPECCIÓN.**

**Primera Edición**

TANKS FOR LOW PRESIÓN GAS SPECIFICATION AND INSPECTION.

First Edition

---

DESCRIPTORES: Tanques, tanques estacionamientos, recipientes para gas, baja presión, requisitos, inspección.  
MC 07.03-402  
CDU: 629.253  
CIU: 3819  
ICS: 23.020.10

Norma Técnica  
Ecuatoriana  
Obligatoria

TANQUES PARA GASES A BAJA PRESIÓN.  
REQUISITOS E INSPECCIÓN.

NTE INEN  
2 261:2001  
2001-11

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos para el cálculo, diseño, fabricación, ensayo e inspección de tanques de acero soldados, estacionarios o móviles, para almacenamiento o transporte de gases a baja presión.

1.2 Establece también, los requisitos mínimos de los accesorios que deben tener para control y seguridad.

2. ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica a los tanques fijos o móviles que almacenen o transporten gas de hasta 7 MPa de presión y mayores a 0,11 m<sup>3</sup> de capacidad.

3. DEFINICIONES

3.1 Para efectos de esta norma se adoptan las siguientes definiciones:

3.1.1 *Autoridad de control.* El o los organismos autorizados para aceptar o rechazar los tanques destinados al uso en el país, en función del cumplimiento de requisitos y ensayos realizados de acuerdo a esta norma.

3.1.2 *Capacidad del tanque.* Volumen máximo de agua que puede contener el tanque, en m<sup>3</sup>.

3.1.3 *Conexión a tierra.* Instalación que permita descargar a tierra la electricidad estática acumulada o producida en el tanque, sin emitir arco o chispa.

3.1.4 *Diámetro exterior.* Diámetro exterior de la sección circular del tanque, excluyendo los cordones de soldadura.

3.1.5 *Diámetro interior del tanque.* Mayor diámetro interior medido o calculado de la sección circular.

3.1.6 *Gas licuado.* Gas que mediante presión se encuentra en estado líquido.

3.1.7 *Inspección visual.* Aquella que se realiza a la parte interior y exterior del tanque y sus accesorios, para determinar la presencia de defectos en sus diferentes partes constitutivas.

3.1.8 *Inspección por lotes.* Aquella que se realiza a un lote de tanques fabricados en las mismas condiciones de diseño.

3.1.9 *Lote.* Conjunto de tanques de la misma geometría y capacidad nominal, fabricados bajo las mismas condiciones de producción.

3.1.10 *Tamaño de la muestra.* Conjunto de tanques provenientes de un lote del que se extraerán las muestras para la inspección que determinaran su aceptación o rechazo.

3.1.11 *Presión de diseño.* Es función de la máxima presión de servicio.

3.1.12 *Presión máxima de servicio.* Es aquella presión manométrica desarrollada por el gas a la máxima temperatura de servicio.

DESCRIPTORES: Tanques, tanques estacionamientos, recipientes para gas, baja presión, requisitos e inspección.

- 3.1.13 Presión de ensayo.** Presión hidrostática o neumática a la cual debe ser sometido el tanque a fin de comprobar su integridad estructural.
- 3.1.14 Presión de servicio.** Es la presión desarrollada por el gas a la temperatura de servicio.
- 3.1.15 Probeta.** Es una muestra del material utilizado para la construcción del tanque y preparado para los ensayos mecánicos correspondientes.
- 3.1.16 Remolque cisterna.** Vehículo provisto de un tanque montado permanentemente, cuyo peso total descansa sobre ruedas propias, sin que tenga medios propulsores autónomos.
- 3.1.17 Semi remolque cisterna.** Vehículo provisto de un tanque montado permanentemente, cuyo peso descansa parcialmente, sobre sus propias ruedas y parcialmente sobre el vehículo tractor.
- 3.1.18 Soldadura principal.** Aquella que sirve para unir las partes del tanque sometidas a la presión del gas.
- 3.1.19 Soldadura secundaria.** Aquella que sirve para unir al tanque los diferentes accesorios que no están sometidos a la presión del gas.
- 3.1.20 Tanque.** Recipiente para almacenar gases a baja presión.
- 3.1.21 Tanque fijo o estacionario.** Tanque que ha sido diseñado, construido para ser instalado en forma fija e inamovible.
- 3.1.22 Tanque móvil.** Tanque que ha sido diseñado y construido para ser instalado en un vehículo.
- 3.1.23 Unidad de muestreo.** El o los tanques tomado al azar del lote, destinado a los ensayos correspondientes.
- 3.1.24 Vehículo cisterna (tanquero).** Vehículo que tiene el tanque montado permanentemente y con medio propulsor propio.

#### 4. CLASIFICACIÓN

- 4.1** Los tanques para gases a baja presión se clasifican en :
- 4.1.1** Estacionario o fijo
  - 4.1.2** Móvil
    - 4.1.2.1** Vehículo cisterna
    - 4.1.2.2** Semiremolque cisterna
    - 4.1.2.3** Remolque cisterna

#### 5. DISPOSICIONES GENERALES

- 5.1** Los tanques para almacenar y transportar gases a baja presión, que se fabriquen modifiquen o reparen, deben ser diseñados, construidos y ensayados, de acuerdo con esta norma. **Marcador no definido.**

5.2 Para el caso de tanques móviles, la iluminación permitida para el vehículo es la proveniente del sistema eléctrico normal, de acuerdo a la NTE INEN 1 155 .

5.3 En los tanques es obligatorio el accesorio para la instalación de la "Conexión a tierra" .

## 6. DISPOSICIONES ESPECIFICAS

6.1 Los tanques fijos y móviles que van a contener GLP, a más de los requisitos establecidos en esta norma, deben cumplir con lo especificado en la norma NFPA 58 (Capítulo 8) .

6.2 La inspección de los lotes de tanques debe realizarse de acuerdo al numeral 8.2.

6.3 *Pintura y señalización.* Los tanque para GLP deben pintarse del color blanco de acuerdo a lo especificado en la NTE INEN 440 y tendrá las siguientes señales:

- a) Capacidad del tanque, en m<sup>3</sup>.
- b) Cantidad máxima permitida, en kg .
- c) Señales de seguridad, mediante la simbología especificada en NTE INEN 439, con la leyenda "CUIDADO, PELIGRO DE FUEGO " y "GAS INFLAMABLE "
- d) Otras señales requeridas por reglamentos, leyes o normas vigentes, relacionadas con el tema.

## 7. REQUISITOS

### 7.1 Requisitos específicos

#### 7.1.1 Materiales

7.1.1.1 *Tanque y accesorios.* Hasta que se emitan las normas técnicas ecuatorianas respectivas, el material para la construcción del tanque, para gases a baja presión y sus accesorios, válvulas y tuberías deben estar de acuerdo con las especificaciones químicas y mecánicas, establecidas en el Código ASME, Sección VIII , División 1 ó 2 .

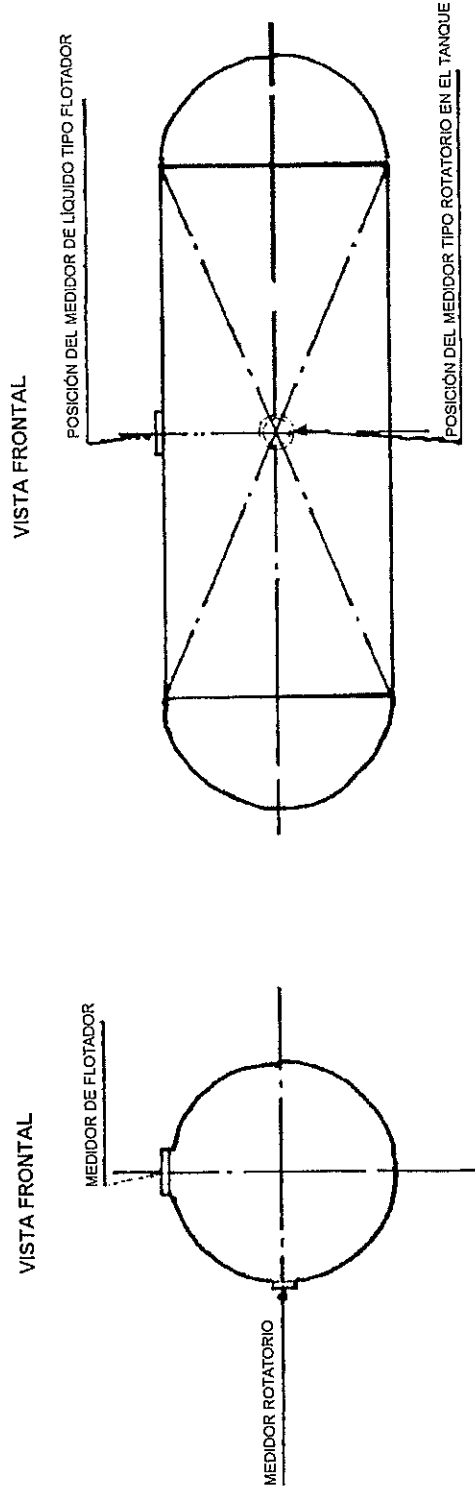
7.1.1.2 *Pintura.* Los tanque deben pintarse del color de identificación del gas que va a contener y de acuerdo a lo especificado en la NTE INEN 440 y previamente debe ser limpiado ya sea mecánicamente o químicamente de acuerdo a lo especificado por el fabricante. Los tanques deben tener protección anticorrosiva de acuerdo al uso y al medio en que va a permanecer.

#### 7.1.2 Diseño

7.1.2.1 *Tanque fijo.* El cálculo, diseño, características dimensionales, químicas y mecánicas del acero para la construcción de los tanques para gases a baja presión, se deben determinar de conformidad con lo especificado en el Código ASME , Sección VIII, División 1 o 2, en las normas específicas de los accesorios, válvulas y tuberías utilizados, y los que se indican a continuación:

- a) La presión de diseño no debe ser inferior a la presión de vapor para el gas específico que va a contener, considerando una temperatura no menor a 50 °C.
- b) Los tanques deben diseñarse para ser auto-soportantes, sin requerir de cables tensores o soportes adicionales, y deben satisfacer los criterios de diseño para nuestro país, tomando en cuenta los esfuerzos que provengan del viento, fuerzas de origen sísmico y cargas hidrostáticas, (ver Código Ecuatoriano de la Construcción).

### ANEXO F UBICACIÓN DE MEDIDOR ROTATORIO



## APÉNDICE Z

### Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 255:1979	<i>Control de calidad. Procedimientos de muestreo y tablas para la inspección por atributos.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 439:1984	<i>Colores señales y símbolos de seguridad.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 440:1984	<i>Colores de identificación de tuberías.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1006:1996	<i>Pinturas y productos afines. Determinación de la adherencia mediante prueba de la cinta.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1012:1984	<i>Pinturas y productos afines. Determinación del espesor de película seca mediante el micrómetro.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1155:1985	<i>Vehículos automotores. Equipos de iluminación y dispositivos para mantener o mejorar la visibilidad.</i>
BS 5355: 76	<i>Specification for Filling ratios and developed pressures for liquefiable and permanent gases.</i>
NFPA 58.	<i>Storage and Handling of Liquefied Petroleum Gases. National Fire Protection Association, Liquefied Petroleum Gases A. Fowler / Ellis Horwood Publisher, 1995.</i>
Boiler and Pressure Vessel Code - ASME. Section VII, Division 1 y 2:1995.	

### Z.2 BASES DE ESTUDIO

- Boiler and Pressure Vessel Code - ASME. Section VIII, Division 1 y 2. American Society of Mechanical Engineers, 1995.*
- BS 5355: 76 *Specification for Filling ratios and developed pressures for liquefiable and permanent gases.* British Standards Institution. London 1976.



---

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre  
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815  
Dirección General: [E-Mail:furresta@inen.gov.ec](mailto:furresta@inen.gov.ec)  
Área Técnica de Normalización: [E-Mail:normalizacion@inen.gov.ec](mailto:normalizacion@inen.gov.ec)  
Área Técnica de de Certificación: [E-Mail:certificacion@inen.gov.ec](mailto:certificacion@inen.gov.ec)  
Área Técnica de de Verificación: [E-Mail:verificacion@inen.gov.ec](mailto:verificacion@inen.gov.ec)  
Área Técnica de Servicios Tecnológicos: [E-Mail:inencati@inen.gov.ec](mailto:inencati@inen.gov.ec)  
Regional Guayas: [E-Mail:inenguayas@inen.gov.ec](mailto:inenguayas@inen.gov.ec)  
Regional Azuay: [E-Mail:inencuenca@inen.gov.ec](mailto:inencuenca@inen.gov.ec)  
Regional Chimborazo: [E-Mail:inenriobamba@inen.gov.ec](mailto:inenriobamba@inen.gov.ec)  
URL:[www.inen.gov.ec](http://www.inen.gov.ec)



## Standard Specification for Pressure Vessel Plates, Carbon Steel, for Moderate- and Lower-Temperature Service<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation A 516/A 516M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

*This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.*

### 1. Scope

1.1 This specification<sup>2</sup> covers carbon steel plates intended primarily for service in welded pressure vessels where improved notch toughness is important.

1.2 Plates under this specification are available in four grades having different strength levels as follows:

Grade U.S. [SI]	Tensile Strength, ksi [MPa]
55 [380]	55–75 [380–515]
60 [415]	60–80 [415–550]
65 [450]	65–85 [450–585]
70 [485]	70–90 [485–620]

1.3 The maximum thickness of plates is limited only by the capacity of the composition to meet the specified mechanical property requirements; however, current practice normally limits the maximum thickness of plates furnished under this specification as follows:

Grade U.S. [SI]	Maximum Thickness, in. [mm]
55 [380]	12 [305]
60 [415]	8 [205]
65 [450]	8 [205]
70 [485]	8 [205]

1.4 For plates produced from coil, the additional requirements, including additional testing requirements and the reporting of additional test results of Specification A 20/A 20M apply.

1.5 The values stated in either inch-pound units or SI units are to be regarded separately as standard. Within the text, the SI units are shown in brackets. The values stated in each system are not exact equivalents; therefore, each system must be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in nonconformance with the specification.

### 2. Referenced Documents

#### 2.1 ASTM Standards:

- A 20/A 20M Specification for General Requirements for Steel Plates for Pressure Vessels<sup>3</sup>
- A 435/A 435M Specification for Straight-Beam Ultrasonic Examination of Steel Plates<sup>3</sup>
- A 577/A 577M Specification for Ultrasonic Angle-Beam Examination of Steel Plates<sup>3</sup>
- A 578/A 578M Specification for Straight-Beam Ultrasonic Examination of Plain and Clad Steel Plates for Special Applications<sup>3</sup>

### 3. General Requirements and Ordering Information

3.1 Material supplied to this material specification shall conform to Specification A 20/A 20M. These requirements outline the testing and retesting methods and procedures, permissible variations in dimensions, and mass, quality and repair of defects, marking, loading, etc.

3.2 Specification A 20/A 20M also establishes the rules for the ordering information that should be complied with when purchasing material to this specification.

3.3 In addition to the basic requirements of this specification, certain supplementary requirements are available when additional control, testing, or examination is required to meet end use requirements. These include:

- 3.3.1 Vacuum treatment,
- 3.3.2 Additional or special tension testing,
- 3.3.3 Impact testing, and
- 3.3.4 Nondestructive examination.

3.4 The purchaser is referred to the listed supplementary requirements in this specification and to the detailed requirements in Specification A 20/A 20M.


3.5 Coiled product is excluded from qualification to this specification until it is decoiled, leveled, and cut to length. Plate produced from coil means plate that has been cut to individual lengths from a coiled product and is furnished without heat treatment. The processor decoils, levels, cuts to length, and marks the product. Except as allowed by Section 6 in Specification A 20/A 20M, the processor is responsible for performing and certifying all tests, examinations, repairs,

<sup>1</sup> This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee A01 on Steel, Stainless Steel, and Related Alloys and is the direct responsibility of Subcommittee A01.11 on Steel Plates for Boilers and Pressure Vessels.

Current edition approved Sept. 10, 2001. Published Sept. 2001. Originally published as A 516 – 64. Last previous edition A 516/A 516M – 90 (2001).

<sup>2</sup> For ASME Boiler and Pressure Vessel Code applications, see related Specification SA-516/SA-516M in Section II of that Code.

<sup>3</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 01.04.

 A 516/A 516M

inspections, and operations not intended to affect the properties of the material. For plate produced from coils, the results of the tests performed shall be reported for each qualifying coil. See Note 1.

NOTE 1—Additional requirements regarding plate produced from coil are described in Specification A 20/A 20M.

3.6 If the requirements of this specification are in conflict with the requirements of Specification A 20/A 20M, the requirements of this specification shall prevail.

#### 4. Manufacture

4.1 *Steelmaking Practice*—The steel shall be killed and shall conform to the fine austenitic grain size requirement of Specification A 20/A 20M.

#### 5. Heat Treatment

5.1 Plates 1.50 in. [40 mm] and under in thickness are normally supplied in the as-rolled condition. The plates may be ordered normalized or stress relieved, or both.

5.2 Plates over 1.50 in. [40 mm] in thickness shall be normalized.

5.3 When notch-toughness tests are required on plates 1½ in. [40 mm] and under in thickness, the plates shall be normalized unless otherwise specified by the purchaser.

5.4 If approved by the purchaser, cooling rates faster than those obtained by cooling in air are permissible for improvement of the toughness, provided the plates are subsequently tempered in the temperature range 1100 to 1300°F [595 to 705°C].

#### 6. Chemical Requirements

6.1 The steel shall conform to the chemical requirements shown in Table 1 unless otherwise modified in accordance with Supplementary Requirement S17, Vacuum Carbon-Deoxidized Steel, in Specification A 20/A 20M.

#### 7. Mechanical Requirements

7.1 *Tension Test Requirements*—The material as represented by the tension-test specimens shall conform to the requirements shown in Table 2.

TABLE 1 Chemical Requirements

Elements	Composition, %			
	Grade 55 [Grade 380]	Grade 60 [Grade 415]	Grade 65 [Grade 450]	Grade 70 [Grade 485]
Carbon, max <sup>a</sup> :				
1/2 in. [12.5 mm] and under	0.18	0.21	0.24	0.27
Over 1/2 in. to 2 in. [12.5 to 50 mm], incl	0.20	0.23	0.26	0.28
Over 2 in. to 4 in. [50 to 100 mm], incl	0.22	0.25	0.28	0.30
Over 4 to 8 in. [100 to 200 mm], incl	0.24	0.27	0.29	0.31
Over 8 in. [200 mm]	0.26	0.27	0.29	0.31
Manganese:				
1/2 in. [12.5 mm] and under:				
Heat analysis <sup>a</sup>	0.60–0.90	0.60–0.90	0.85–1.20	0.85–1.20
Product analysis <sup>b</sup>	0.55–0.98	0.55–0.98	0.79–1.30	0.79–1.30
Over 1/2 in. [12.5 mm]:				
Heat analysis	0.60–1.20	0.85–1.20	0.85–1.20	0.85–1.20
Product analysis	0.55–1.30	0.79–1.30	0.79–1.30	0.79–1.30
Phosphorus, max <sup>a</sup>	0.035	0.035	0.035	0.035
Sulfur, max <sup>a</sup>	0.035	0.035	0.035	0.035
Silicon:				
Heat analysis	0.15–0.40	0.15–0.40	0.15–0.40	0.15–0.40
Product analysis	0.13–0.45	0.13–0.45	0.13–0.45	0.13–0.45

<sup>a</sup>Applies to both heat and product analyses.

<sup>b</sup>Grade 60 plates 1/2 in. [12.5 mm] and under in thickness may have 0.85–1.20 % manganese on heat analysis, and 0.79–1.30 % manganese on product analysis.

# A 516/A 516M

TABLE 2 Tensile Requirements

	Grade			
	55 [380]	60 [415]	65 [450]	70 [485]
Tensile strength, ksi [MPa]	55–75 [380–515]	60–80 [415–550]	65–85 [450–585]	70–90 [485–620]
Yield strength, min, <sup>A</sup> ksi [MPa]	30 [205]	32 [220]	35 [240]	38 [260]
Elongation in 8 in. [200 mm], min, % <sup>B</sup>	23	21	19	17
Elongation in 2 in. [50 mm], min, % <sup>B</sup>	27	25	23	21

<sup>A</sup>Determined by either the 0.2 % offset method or the 0.5 % extension-under-load method.

<sup>B</sup>See Specification A 20/A 20M for elongation adjustment.

## SUPPLEMENTARY REQUIREMENTS

Supplementary requirements shall not apply unless specified in the order.

A list of standardized supplementary requirements for use at the option of the purchaser are included in ASTM Specification A 20/A 20M. Several of those considered suitable for use with this specification are listed below by title. Other tests may be performed by agreement between the supplier and the purchaser.

- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>S1. Vacuum Treatment,</li> <li>S2. Product Analysis,</li> <li>S3. Simulated Post-Weld Heat Treatment of Mechanical Test Coupons,</li> <li>S4.1 Additional Tension Test,</li> <li>S5. Charpy V-Notch Impact Test,</li> <li>S6. Drop Weight Test,</li> <li>S7. High-Temperature Tension Test,</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>S8. Ultrasonic Examination in accordance with Specification A 435/A 435M,</li> <li>S9. Magnetic Particle Examination,</li> <li>S11. Ultrasonic Examination in accordance with Specification A 577/A 577M,</li> <li>S12. Ultrasonic Examination in accordance with Specification A 578/A 578M,</li> <li>S14. Bend Test, and</li> <li>S17. Vacuum Carbon-Deoxidized Steel.</li> </ul> |
|---|--|

*The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.*

*This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.*

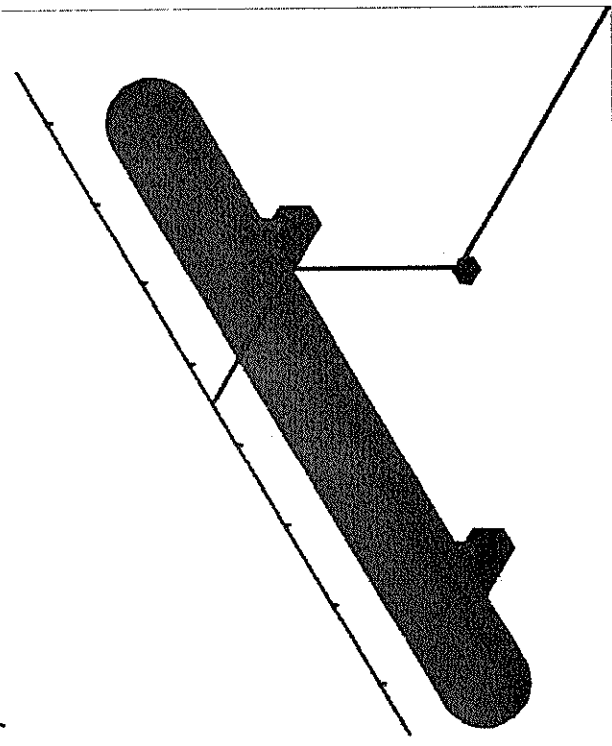
*This standard is copyrighted by ASTM, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).*

# PLANOS



CEB - ESPOL

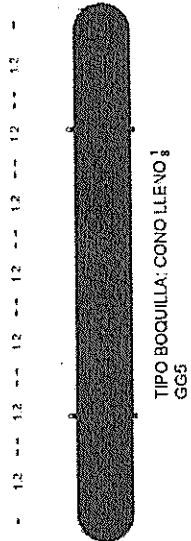
SISTEMA DE ROCIADORES  
DE TANQUES GLP



- OBSERVACIONES:
1. El Sistema de Enfriamiento será de accionamiento manual.
  2. La válvula o llave de accionamiento del sistema de rociadores debe estar fuera del área del tanque de GLP y a una distancia de seguridad con la señalización correspondiente. Dicha señalización tendrá la leyenda "Llave de Apertura-Rociadores de Agua-Tanques de GLP".

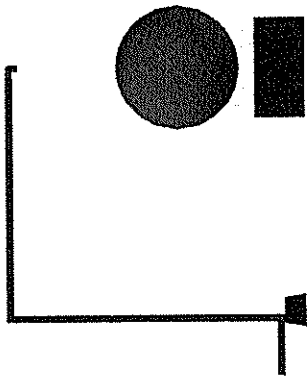
ESPECIFICACIONES:

CAUDAL DE ENFRIAMIENTO= 3 lit/metro cuadrado  
 CAUDAL TOTAL=11,19 gpm  
 TIPO DE BOQUILLA: CONO LLENO GG5  
 ANGULO: 60°  
 NUMERO DE BOQUILLAS: 8  
 PRESION EN LA BOQUILLA: 2 BAR  
 MATERIAL DE LA BOQUILLA: ZN  
 TUBERIA DE CONDUCCION ACERO NEGRO DE Ø 1"



DETALLE 2

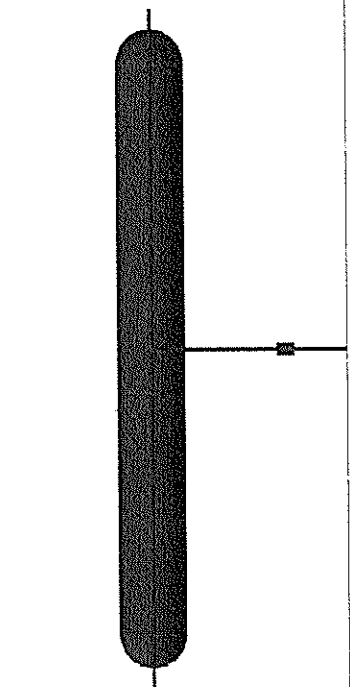
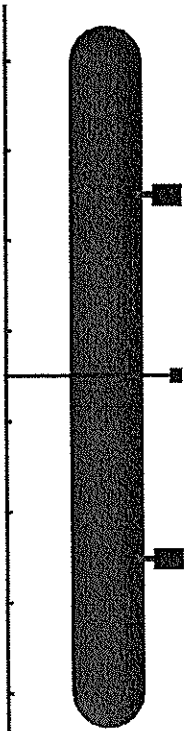
ELEVACION A A'



ELEVACION B B'

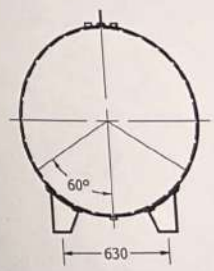
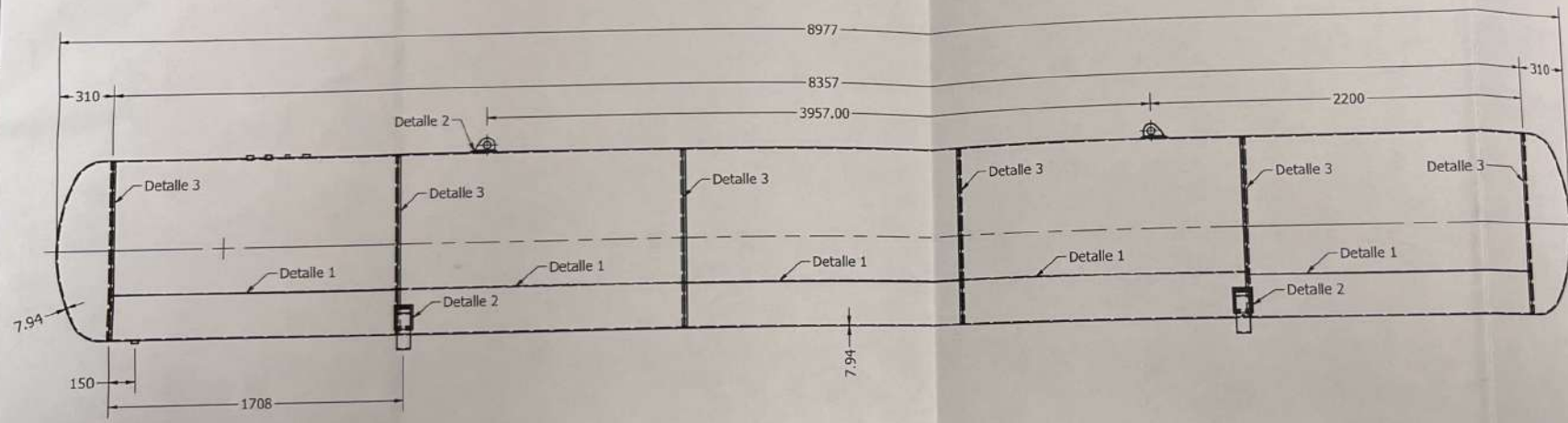
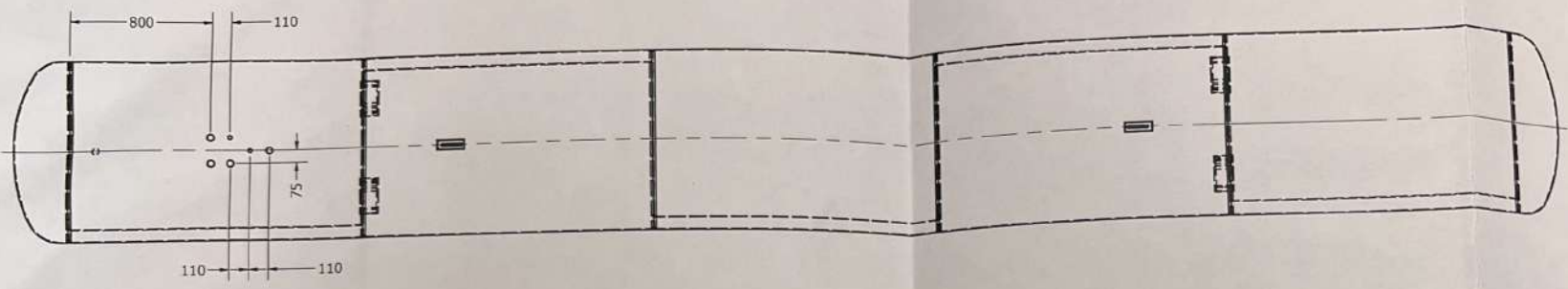
TIPO BOQUILLA: CONO  
LLENO GG5

DETALLE 1

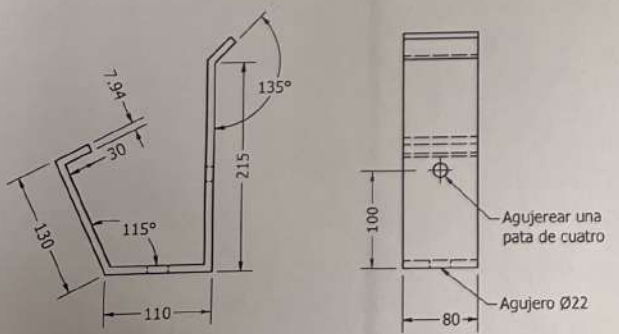


PLANTA

<b>ESPOL</b>			
CONTENIDO			
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO PARA TANQUE AEREO SOBRE SUPERFICIE DE 7,707 m²			
ESCALA	FECHA	ART. DEPTO. T.E.C.	PLANOS
DI. CALLES	AG. 04 2015	PO. GR. 04 CAMP.	11
PROYECTADO		RECIBIÓ TÉCNICA	
		ING. LICENCIADO EN	

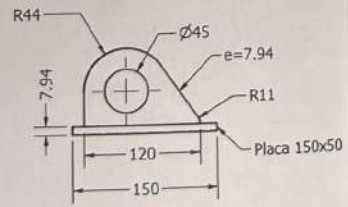


BASE DE APOYO

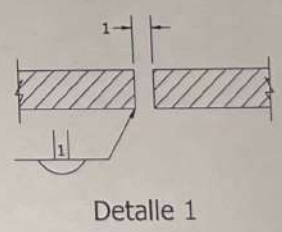


Cantidad: 4  
Esc.: 1:4

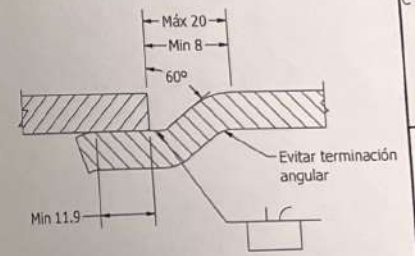
CÁNCAMO DE IZAJE



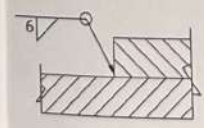
Cantidad: 2  
Esc.: 1:4



Detalle 1

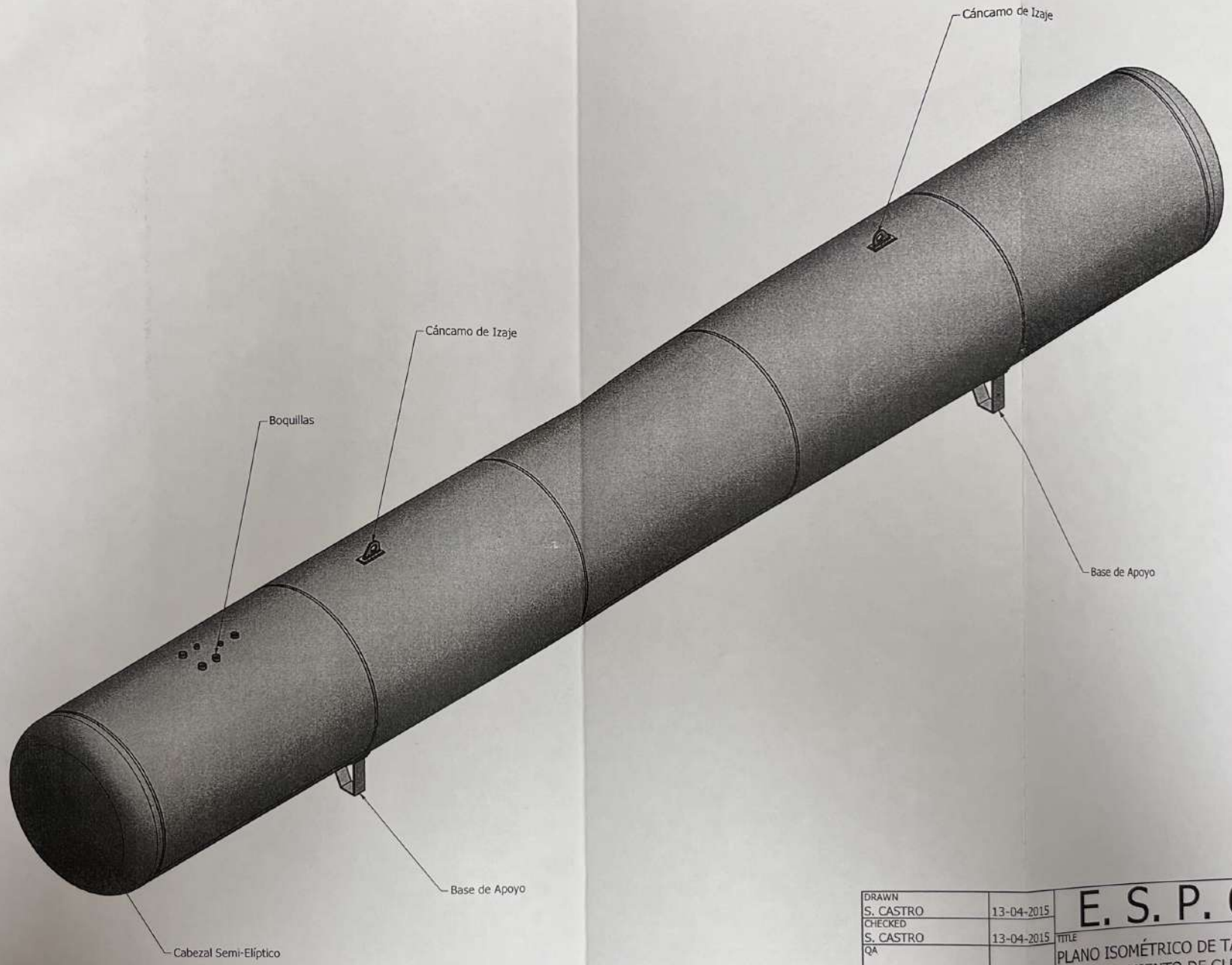


Detalle 3



Detalle 2

DRAWN	S. Castro	09-04-2015	<b>ESPOL</b>
CHECKED	S. Castro	09-04-2015	
QA	QA		TITLE
MFG	E. MARTINEZ	09-04-2015	PLANO DE CONSTRUCCIÓN PARA
APPROVED	E. MARTINEZ	09-04-2015	ALMACENAMIENTO DE GLP 7,707m3 DE
			CAPACIDAD
			SIZE UNITS DWG NO
			A2 mm 1
			SCALE 1:20
			SHEET 1 OF 1



DRAWN		13-04-2015		<b>E. S. P. O. L.</b>	
S. CASTRO					
CHECKED		13-04-2015		TITLE	
S. CASTRO					
QA				PLANO ISOMÉTRICO DE TANQUE PARA ALMACENAMIENTO DE GLP 7,707M3 DE CAPACIDAD	
MFG					
E. MARTINEZ		13-04-2015		DWG NO	
APPROVED					
E. MARTINEZ		13-04-2015		2	
		SIZE		REV	
		A2		0	
		SCALE		SHEET 2 OF 2	
		1:15		1	

## BIBLIOGRAFÍA

- (1). Joseph E. Shigley Y Charles R. Mischke, Diseño En Ingeniería Mecánica, 6ta Edición, Mcgraw-Hill, México 2002.
- (2). Bohler, Catálogo de Aceros Especiales Para Maquinar.
- (3). Dipac, Catálogo de Perfiles Planchas.
- (4). NORMA ASTM A516, Volumen 01.04
- (5). Monografía, Metodología para la reparación por soldadura de recipientes a presión
- (6). Manual de Recipientes a Presión Megesy
- (7). Manual de Recipientess a Presión D. Moss
- (8). Boiler and Pressure Vessel ASME VIII disision I
- (9). Material Index, ASME section II
- (10). Welding and Brazing Qualifications, ASME section IX.