



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN  
TANQUE PARA CRUDO DE 13000  
LITROS, CON CHASIS**

**ENRÍQUEZ SÁNCHEZ ANDRÉS SEBASTIÁN  
SALVADOR RUMAZO FRANCISCO JAVIER**

**DIRECTOR: ING. JÁCOME, OSWALDO  
CODIRECTOR: ING. SANTILLÁN, ERNESTO**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:  
INGENIERO AUTOMOTRIZ**

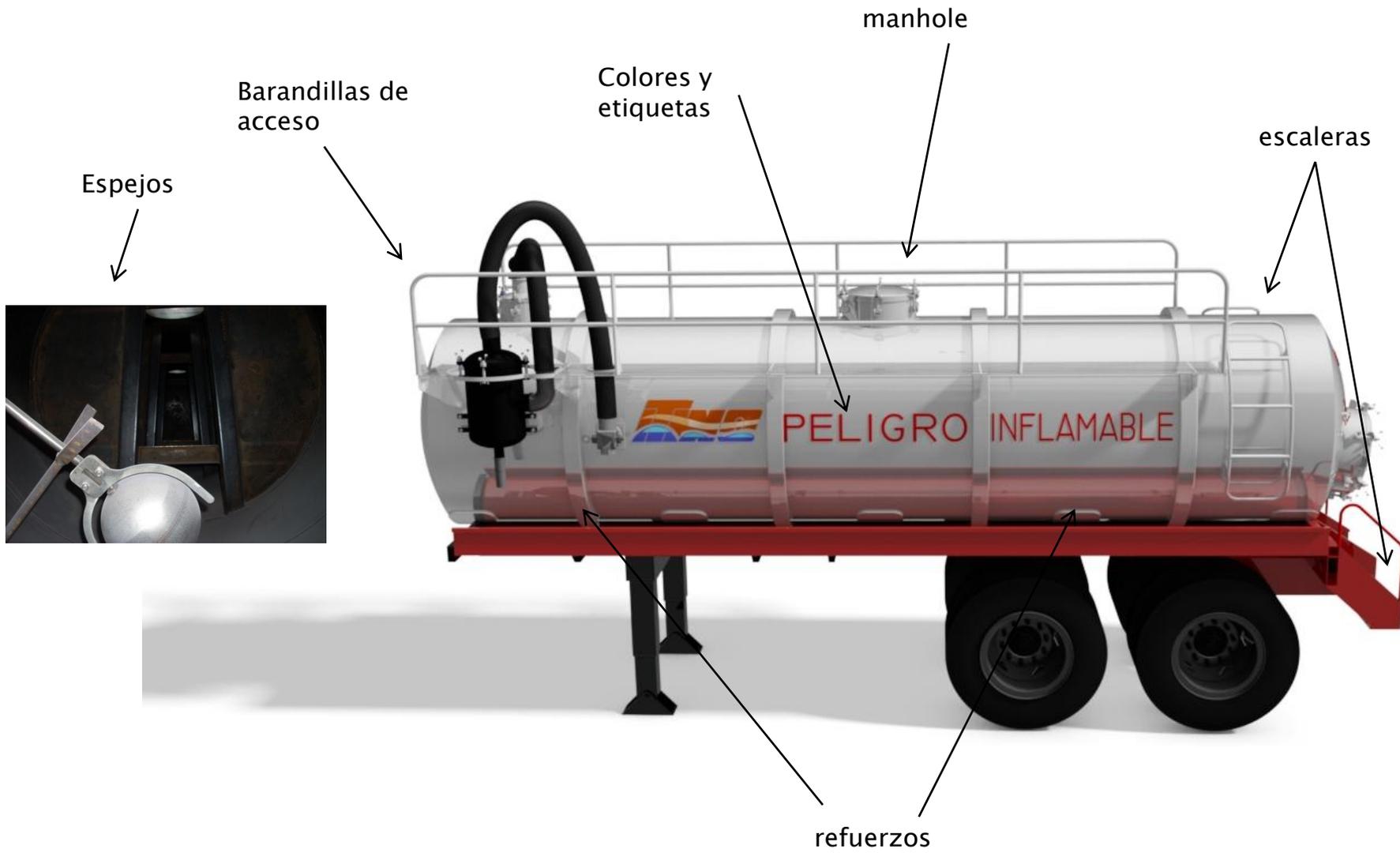
# Generalidades

- ▶ Planteamiento del Problema
- ▶ Objetivo General
  - Diseñar un tanque para transportar crudo con chasis, con capacidad de 80 BLS o 13000 Litros, y documentar su construcción en la empresa Noroccidental.



# Códigos y Normas de Diseño a Utilizar

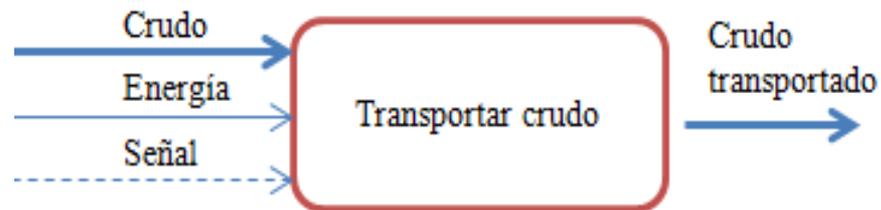
- ▶ INEN 2261 “Tanques para gases a baja presión. Requisitos e Inspección”
  - ▶ Norma NFPA 385
  - ▶ Código de Regulaciones Federales de EEUU (CFR).
  - ▶ Especificaciones DOT (Department of Transportation).
  - ▶ Norma NTE INEN 2341.
  - ▶ Normativas existentes en la DNH
  - ▶ NTE INEN 440
- 



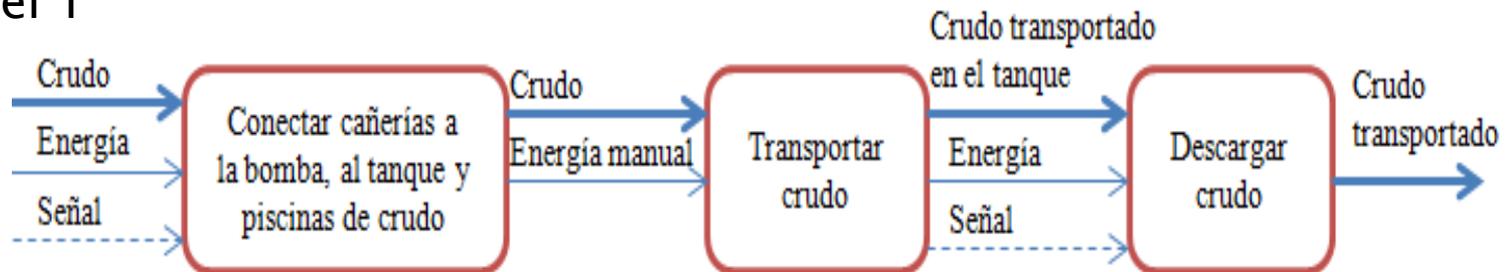
# Determinación de las Especificaciones del Tanque

## ► Análisis Funcional

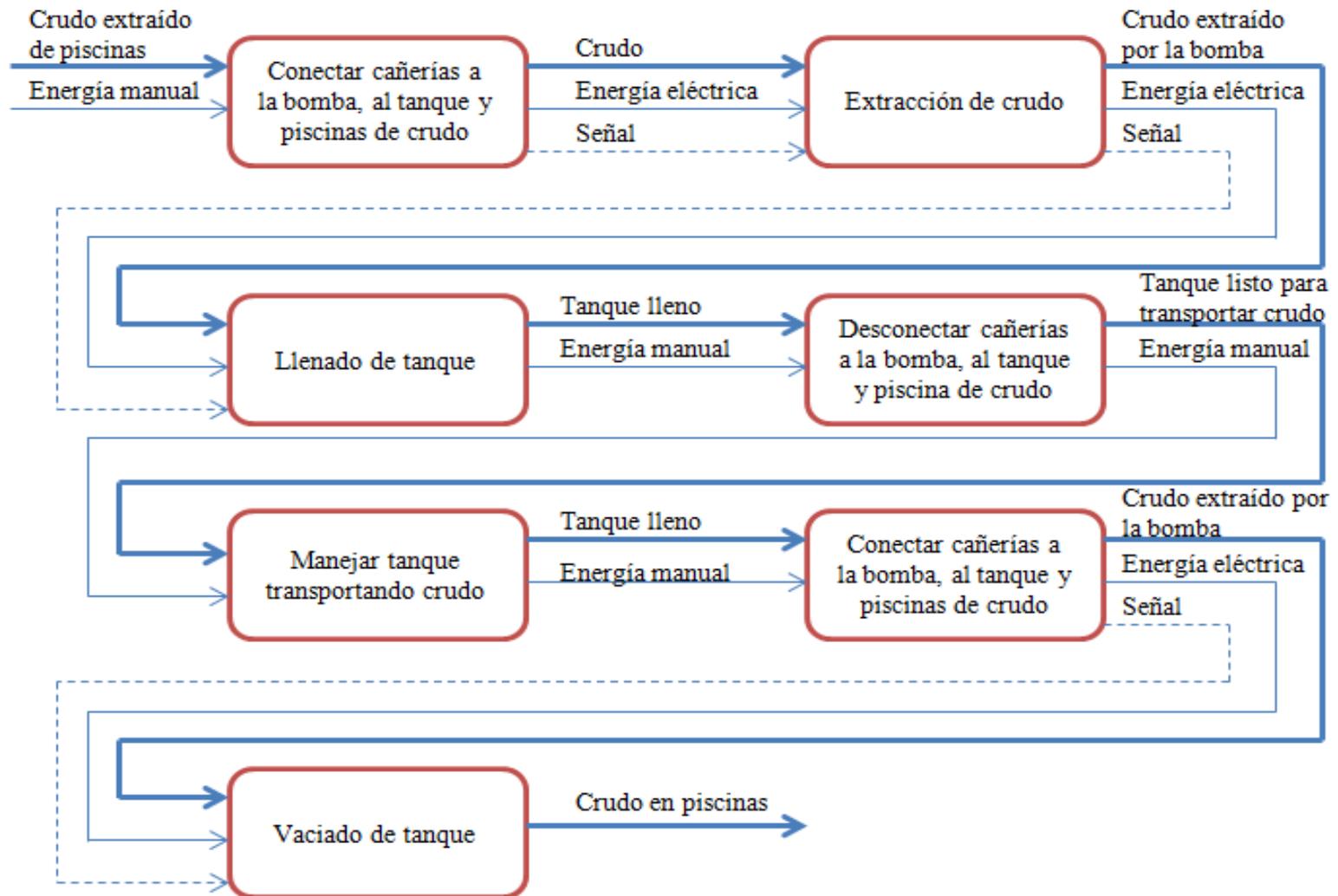
Nivel 0



Nivel 1

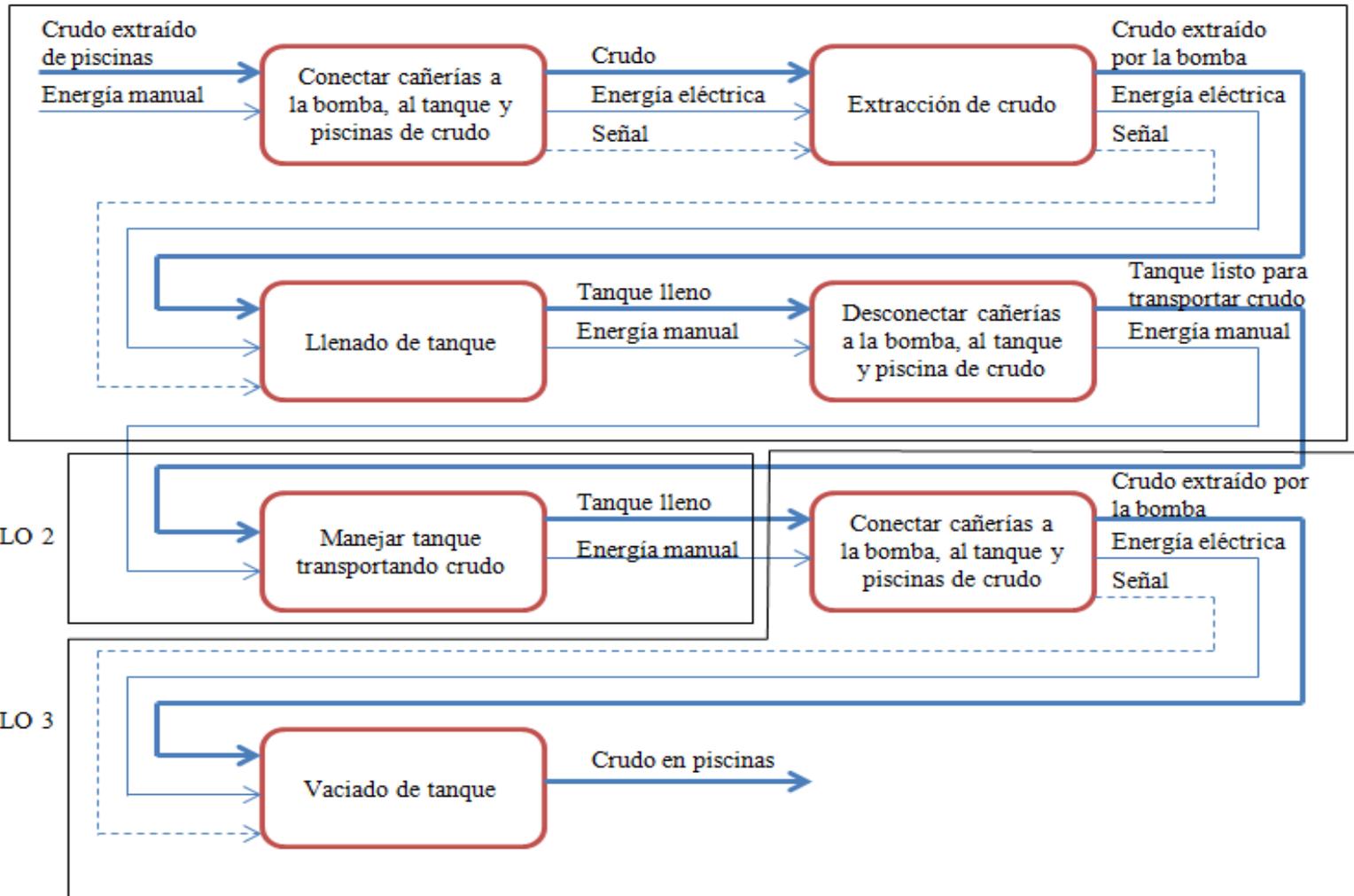


## Nivel 2



# División Modular

MODULO 1



# Selección de Alternativas

## Módulos 1 y 3

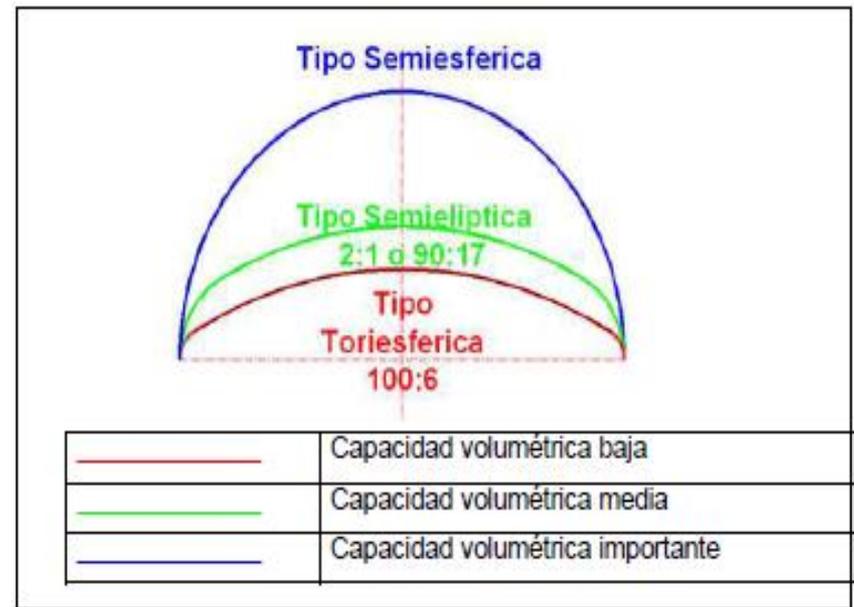
- ▶ Dado que, la bomba que succiona el crudo para llenar el tanque es externa, y va a ser la misma para todos los tanques de la empresa Noroccidental las mangueras ni los ductos no representan un problema de diseño ya que se rigen a la normativa de construcción.

# Módulo 2

- ▶ Cuerpo del tanque
  - Alternativa A: Tanque esférico
  - Alternativa B: Tanque horizontal

Características	IMPORTANCIA	Alternativa 1	Alternativa 2
Costo	10	7	9
Facilidad de diseño	9	8	9
Facilidad de montaje	8	6	7
Mantenimiento	9	7	7
Seguridad	9	8	7
Fabricación	9	7	9
<b>TOTAL</b>	<b>54</b>	<b>42</b>	<b>48</b>

- ▶ Tapas del tanque
  - Tapas planas
  - Tapas toriesféricas
  - Tapas semielípticas
  - Tapas cónicas



Características	IMPORTANCIA	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	Alt. 4
Costo	10	8	6	7	5
Facilidad de diseño	9	8	7	5	6
Facilidad de montaje	8	7	6	4	4
Mantenimiento	9	6	8	8	6
Seguridad	9	5	7	8	8
Fabricación	9	3	8	7	4
<b>TOTAL</b>	<b>54</b>	<b>37</b>	<b>42</b>	<b>39</b>	<b>33</b>

# Casa de la Calidad

## ▶ Voz del usuario

- Fabricación de acuerdo a Normas
- Pintura de acuerdo a Normas
- Buen acabado superficial
- Bajo costo de mantenimiento
- Fácil llenado y vaciado
- Requerir pocos operarios
- Indicadores de Seguridad
- Rieles y escaleras
- Fácil operación
- Rapidez de operación

## ▶ Voz del Ingeniero.

- Corrosión
- Color ASTM D-500
- Norma MTOP, para dimensiones
- Norma DOT 412 para especificaciones de materiales
- Bajo costo de mantenimiento
- Requerir pocos operarios
- Norma API 2554, medición y calibración.
- Inducciones técnicas

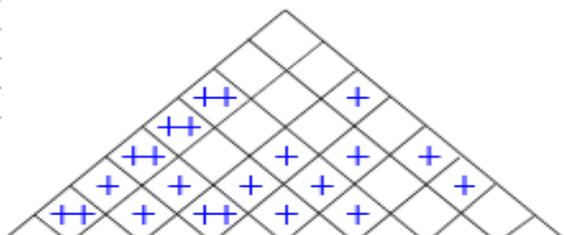
Título: DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN TANQUE PARA CRDO DE

Autor: ENRIQUEZ S. ANDRES, SALVADOR R. FRANCISCO

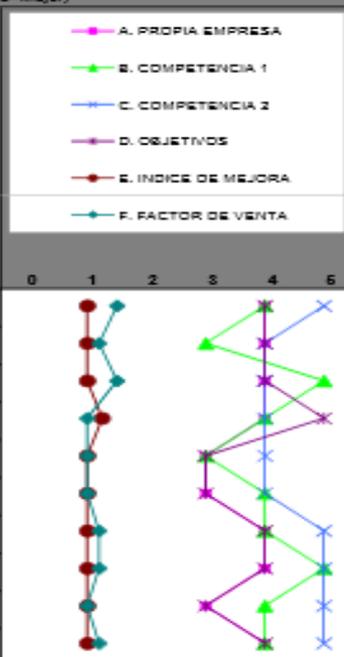
Fecha: 01/08/2013

Notas:

Legenda		
⊖	Relación Fuerte	9
○	Relación Moderada	3
▲	Relación Débil	1
++	Correlación positiva Fuerte	
+	Correlación Positiva	
-	Correlación Negativa	
▼	Correlación negativa Fuerte	
▼	Objetivo para minimizar	
▲	Objetivo para maximizar	
X	Objetivo para alcanzar meta	



Fila N	Valor Máximo de la Relación en la Fila	Peso Relativo	Peso / Importancia	Características de la Calidad (s.k.a. "Requerimientos Funcionales" o "Cómo")	Columna #								Análisis Competitivo (0=Peor, 5=Mejor)					
					1	2	3	4	5	6	7	8	A. PROPIA EMPRESA	B. COMPETENCIA 1	C. COMPETENCIA 2	D. OBJETIVOS	E. INDICE DE MEJORA	F. FACTOR DE VENTA
				Calidad Exigida (s.k.a. "Requerimientos del Cliente" o "Qué")	Corrosion	Color ASTM D-1500	MTPC TPO 3-4	DOT 412 MATERIALES	BAJO COSTO DE MANTENIMIENTO	REQUERIR POCOS OPERARIOS	API 554 MEDICION Y CALIBRACION	INDUCCIONES TECNICAS	A. PROPIA EMPRESA	B. COMPETENCIA 1	C. COMPETENCIA 2	D. OBJETIVOS	E. INDICE DE MEJORA	F. FACTOR DE VENTA
1	9	15,4	4,2	BIEN CONSTRUIDO	⊖		⊖	○			○	○	4	4	5	4	1,0	1,5
2	9	11,0	3,0	COLORES ADECUADOS	○	○							4	3	4	4	1,0	1,2
3	9	7,4	2,0	BUEN ACABADO SUPERFICIAL	⊖	○	○				○		4	5	4	4	1,0	1,5
4	9	11,0	3,0	BAJO COSTO DE MANTENIMIENTO				○	○	○		○	4	4	4	5	1,3	1,0
6	9	7,4	2,0	FACIL LLENADO Y VACIADO							○	○	3	3	4	3	1,0	1,0
8	9	7,4	2,0	REQUERIR POCOS OPERARIOS				○			○		3	4	4	3	1,0	1,0
7	9	7,4	2,0	INDICADORES DE SEGURIDAD		○							4	4	5	4	1,0	1,2
8	9	11,0	3,0	RIELES Y ESCALERAS	⊖		○	○			○		4	5	5	4	1,0	1,2
9	9	11,0	3,0	FACIL OPERACIÓN					○	○	○	○	3	4	5	3	1,0	1,0
10	9	11,0	3,0	RAPIDEZ DE OPERACIÓN						○	○	○	4	4	5	4	1,0	1,2

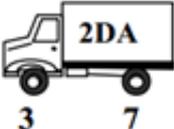
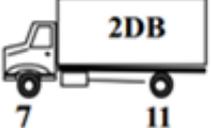
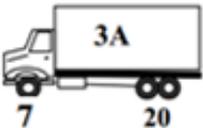


Metas (Target) o Valor Límite	34 A 60°	min 15 - max 2.0	largo ancho alto (12,20-2,60-4,10)		≤800	2	min 25 - max 31 etapas de llenado	
Difficultad (0=Facil de lograr, 10=Extremadamente Difficil)	8	6	9	6	9	9	5	7
Valor Máximo de la relación en la Columna.	9	9	9	9	9	9	9	9
Peso / Importancia	337,5	187,5	359,6	244,9	132,4	344,1	403,7	187,5
Peso Relativo	15,4	8,5	16,4	11,1	6,0	15,7	18,4	8,5

# Diseño Estructural del Tanque Seleccionado

## ► Cuadro Demostrativo de Pesos y Dimensiones Máximas Permitidas

El peso del Auto-tanque, está definido por los siguientes pesos: El peso del camión, del tanque vacío y de la carga.

TIPO	Distribución máxima de carga por eje	DESCRIPCION	Peso Máximo Permitido (Toneladas)	LONGITUDES MAXIMAS PERMITIDAS (METROS)		
				Largo	Ancho	Alto
2DA		Camión de 2 ejes medianos	10	7,50	2,60	3,50
2DB		Camión de 2 ejes grandes	18	12,00	2,60	4,10
3-A		Camión de 3 ejes (Tandem Posterior)	27	12,20	2,60	4,10

# Dimensiones Generales

- ▶ Ancho 2.3 metros
- ▶ Altura 3.1 metros
- ▶ Longitud del tanque 7.3 metros



# Requisitos Estructurales

- ▶ Se toma en cuenta esfuerzos generados en:
  - Cargas estáticas
  - Dinámicas, o sus combinaciones las cuales no están distribuidas uniformemente a lo largo del Auto-tanque.
- ▶ Las cargas de operación vertical, longitudinal y lateral, actúan de forma simultánea y se combinan. Mientras que las cargas extremas dinámicas ocurren de forma separada y no necesitan combinarse.

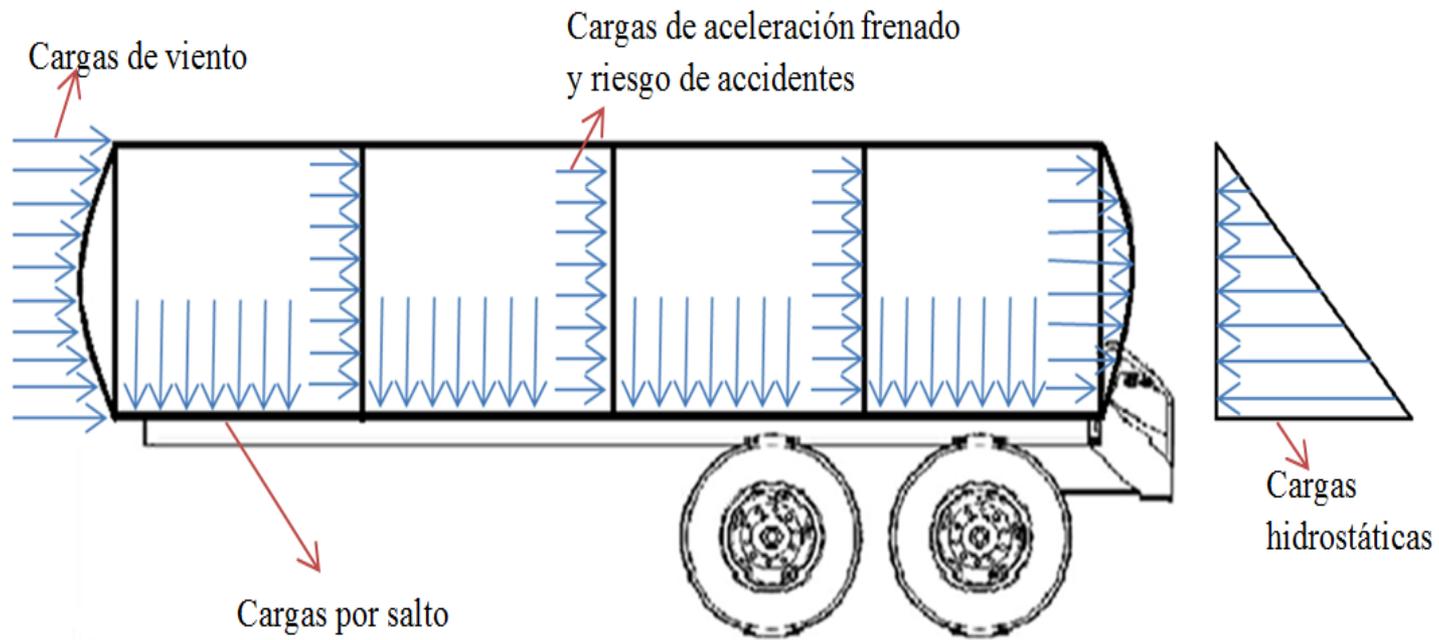
# Propiedades Acero ASTM A-36

Propiedades	Valor
Módulo de Elasticidad	$2 \times 10^5$ Mpa
Coefficiente de Poisson	0.26
Modulo Cortante	$7.93 \times 10^{10}$ kg/m <sup>3</sup>
Densidad	7850 kg/m <sup>3</sup>
Limite de tracción	400000000 N/m <sup>2</sup>
Coefficiente de Expansión Térmica	$11.7 \times 10^6$ /K
Conductividad térmica	44.99 W/(m.K)
Calor Especifico	0.5 KJ/(kg.K)
Resistencia a la Fluencia Tracción	$2.5 \times 10^2$ Mpa
Resistencia a la Compresión	-

# Cargas.

- ▶ Las cargas que se van a tomar en cuenta en el diseño del Auto-tanque son:
  - La presión hidrostática, que ejerce el fluido sobre el tanque.
  - Cargas por el peso del fluido.
  - Cargas por el viento.
  - Cargas por aceleración y frenado.
  - Cargas contra riesgo de accidentes.
  - Cargas generadas por el movimiento del fluido en el transporte

# Cargas vivas (Dinámicas)



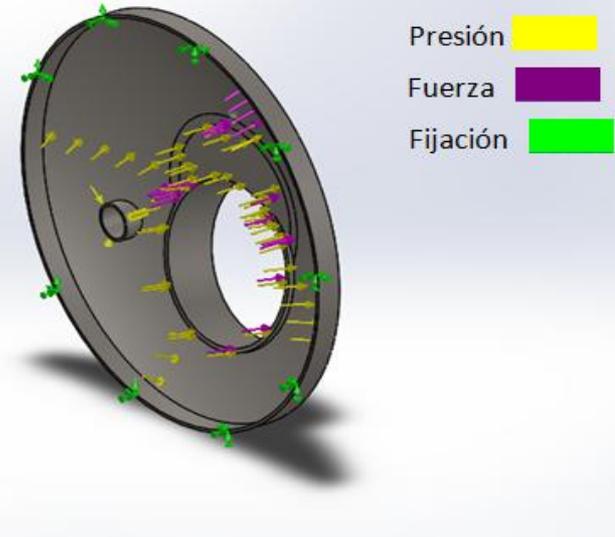
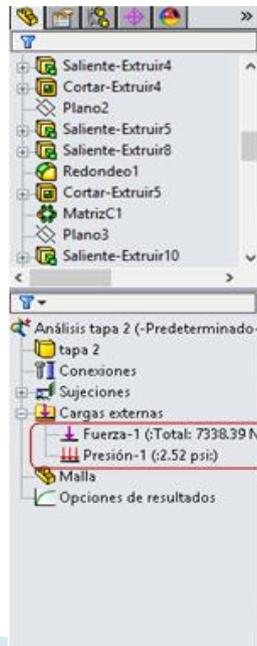
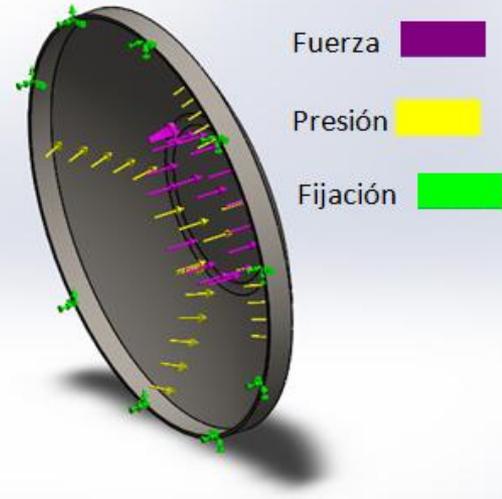
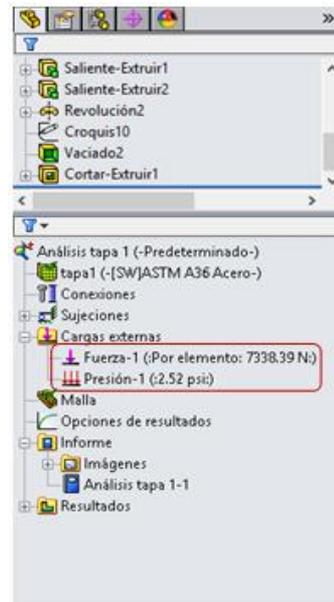
- ▶ Carga hidrostática en el fondo del tanque: **2.52 Psi = 18007.01 N/m<sup>2</sup>**
- ▶ Carga de riesgo de accidentes:  $F_{ra} = \frac{m}{N + 1} * a_{ra}$   
**5912.22 N**
- ▶ Carga de frenado y aceleración:  $F_a = \frac{m}{N + 1} * a_l$   
**1426.17 N**
- ▶ Carga por salto: **29561.11 N**  $F_{rs} = m * a_{ra}$
- ▶ Peso del tanque: **78400 N**
- ▶ Peso del Fluido: **118244 N**

# Simulación en Solidworks



# Tapas

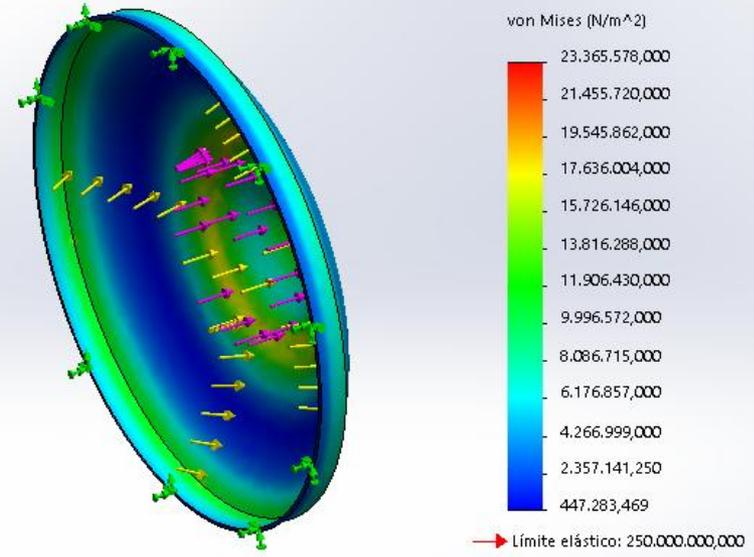
- ▶  $P=2.52$  psi
- ▶  $F_{ra} = 5912.22$  N
- ▶  $F_a: 1426.17$  N



# Esfuerzos

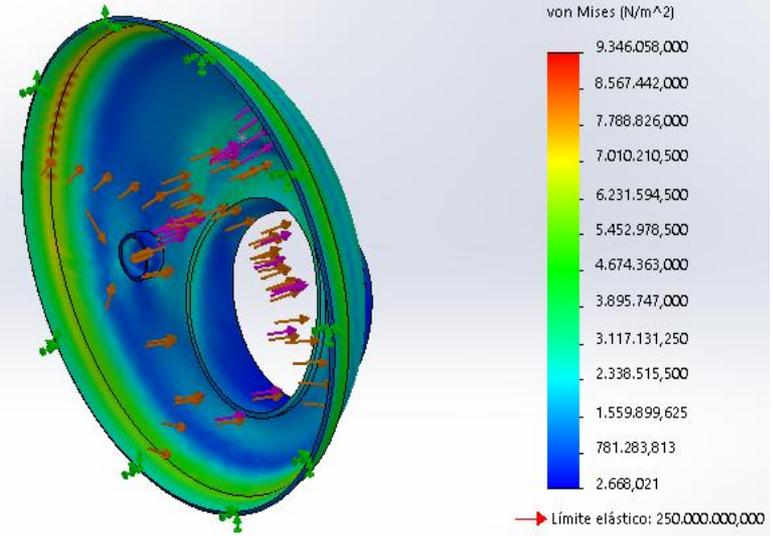
Nombre de modelo: tapa1  
Nombre de estudio: Análisis tapa 1(-Predeterminado-)  
Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1  
Escala de deformación: 338.577

## Esfuerzo Máximo: 23 Mpa



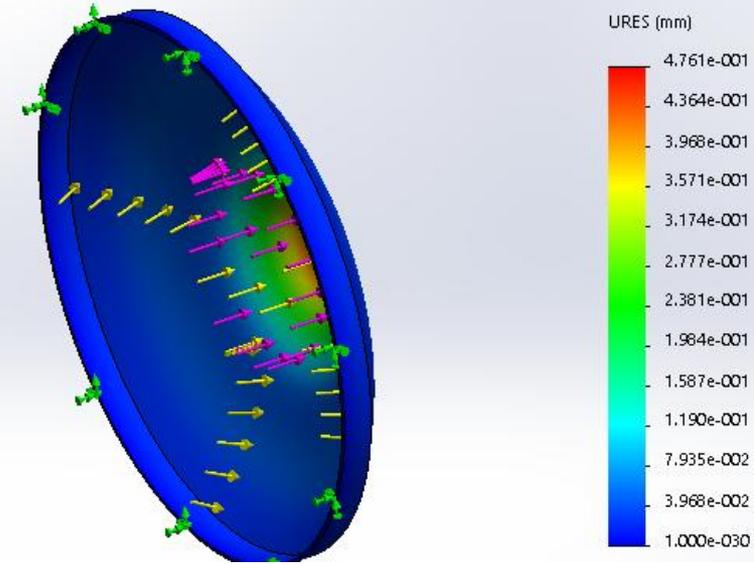
Nombre de modelo: tapa 2  
Nombre de estudio: Análisis tapa 2(-Predeterminado-)  
Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1  
Escala de deformación: 2686.43

## Esfuerzo Máximo: 9.3 Mpa



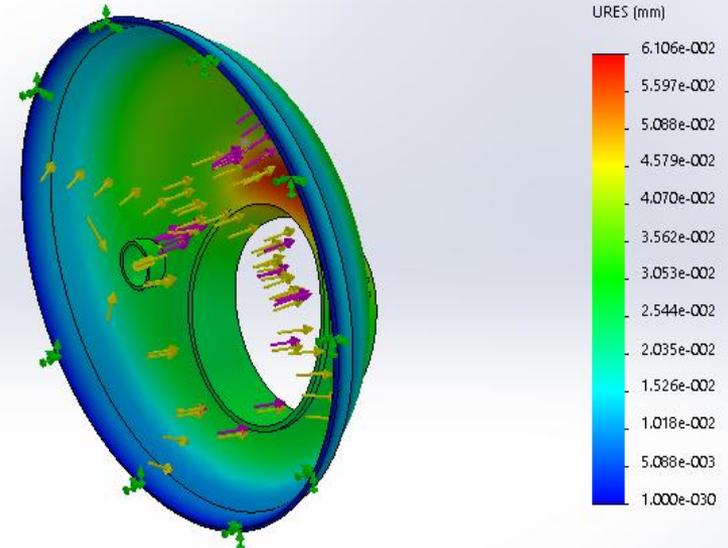
Nombre de modelo: tapa1  
Nombre de estudio: Análisis tapa 1(-Predeterminado-)  
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1  
Escala de deformación: 338.577

Def. máxima: 0.476 mm



Nombre de modelo: tapa 2  
Nombre de estudio: Análisis tapa 2(-Predeterminado-)  
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1  
Escala de deformación: 2886.43

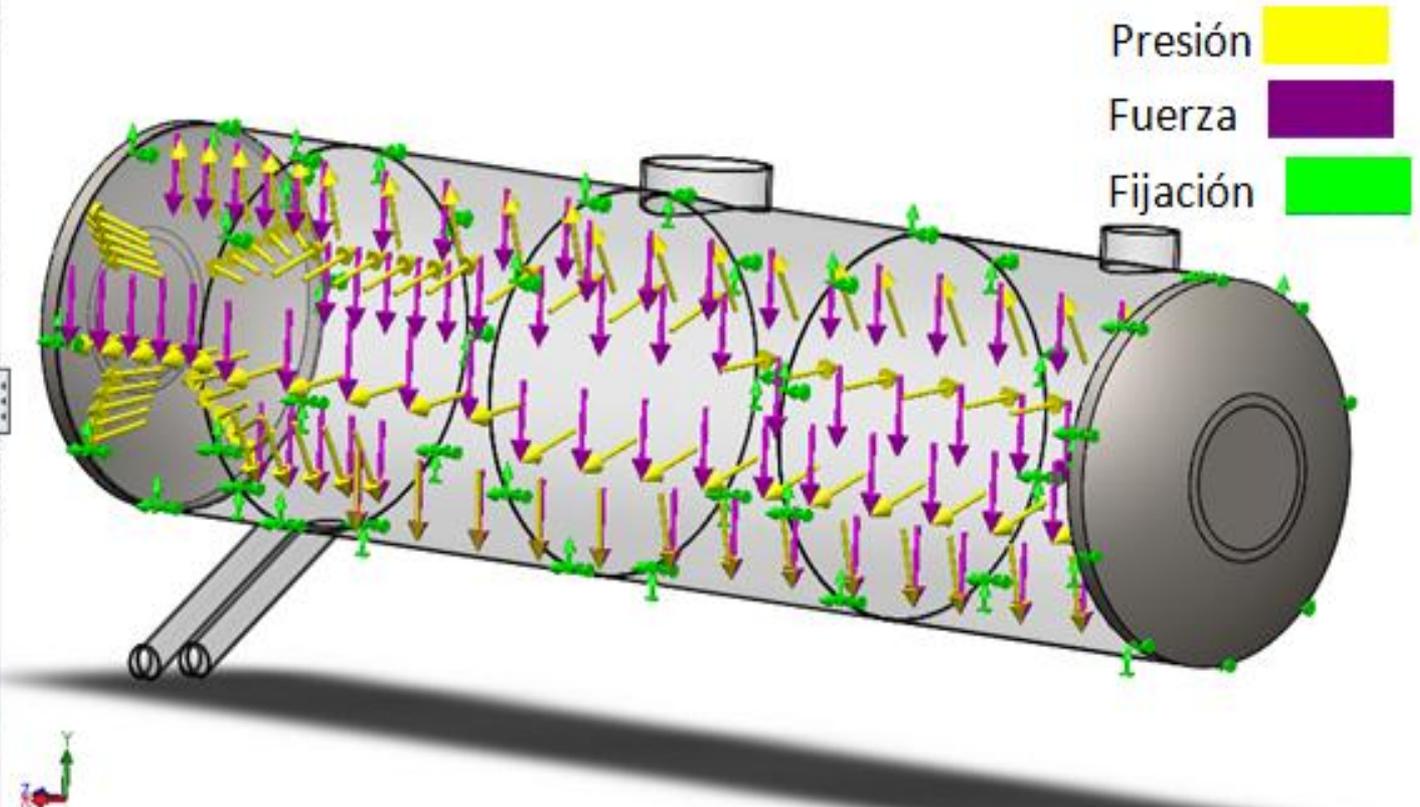
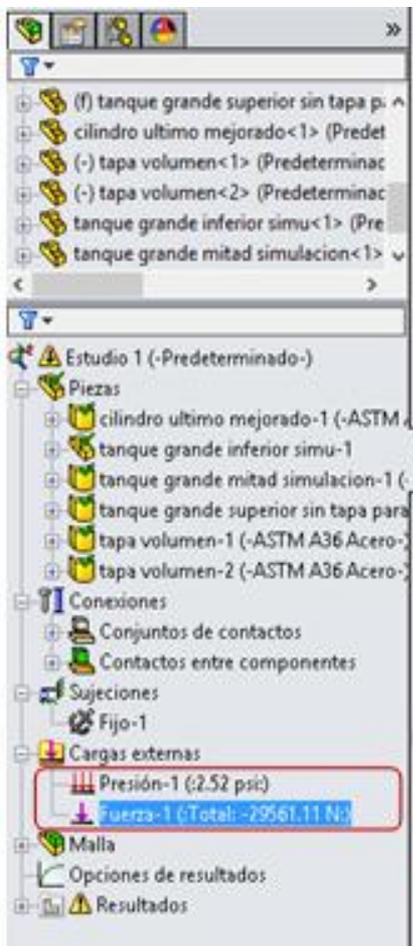
Def. máxima = 0.0610 mm



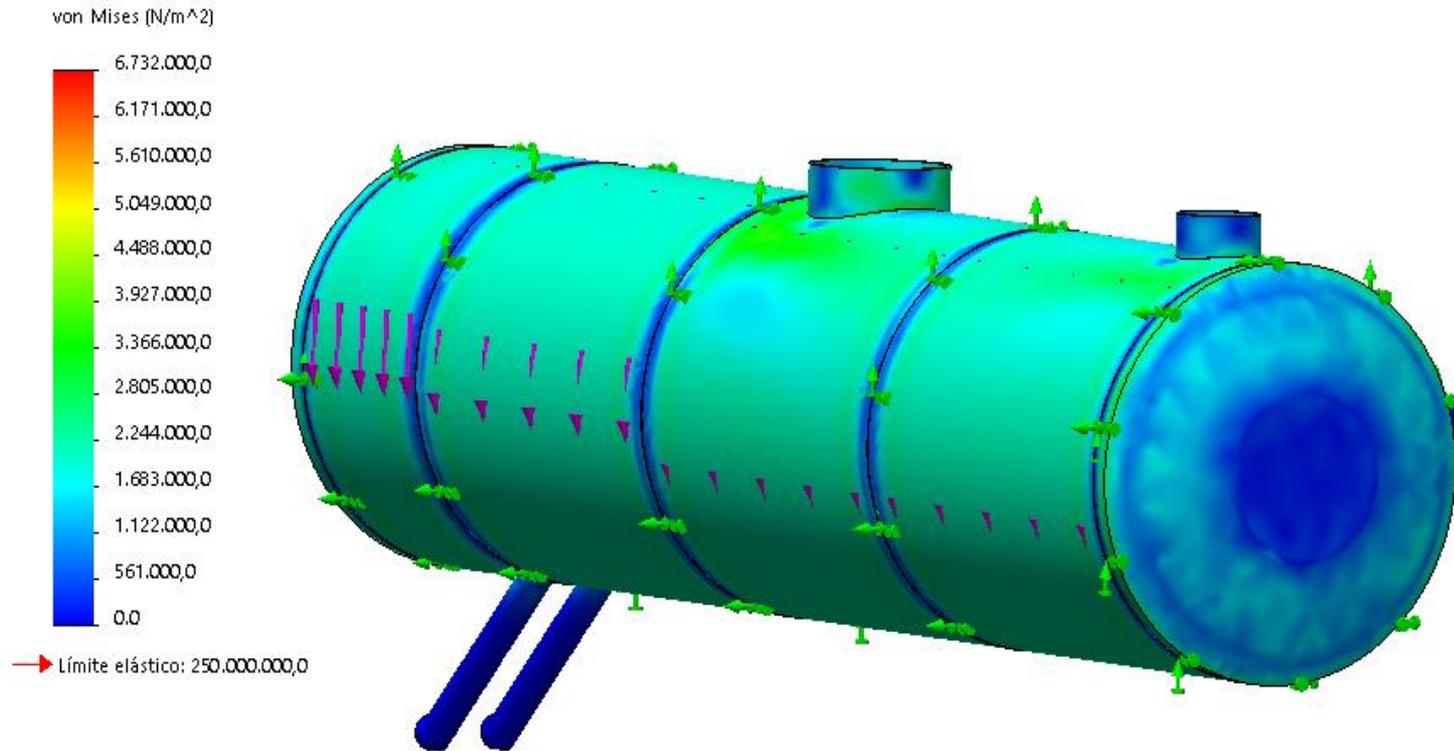
# Deformación

# Cuerpo del tanque

- ▶  $P=2.52$  psi
- ▶  $F_{rs}=29561.11$  N

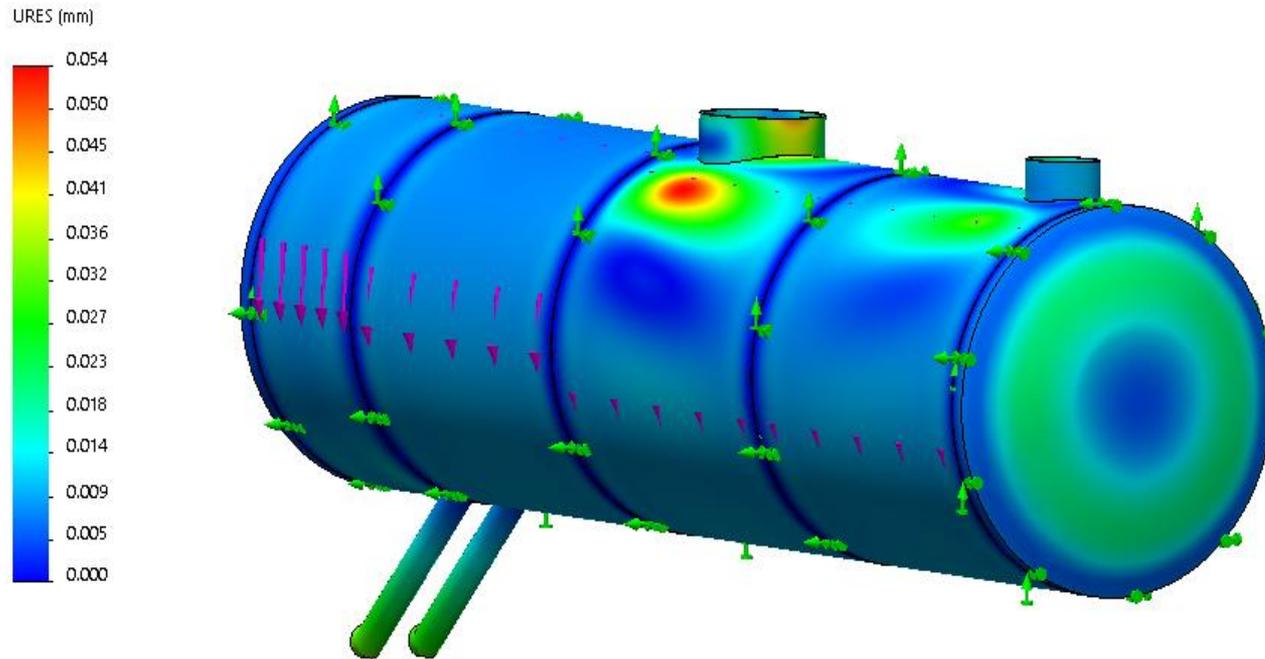


# Esfuerzos



Esfuerzo máximo: 6 Mpa

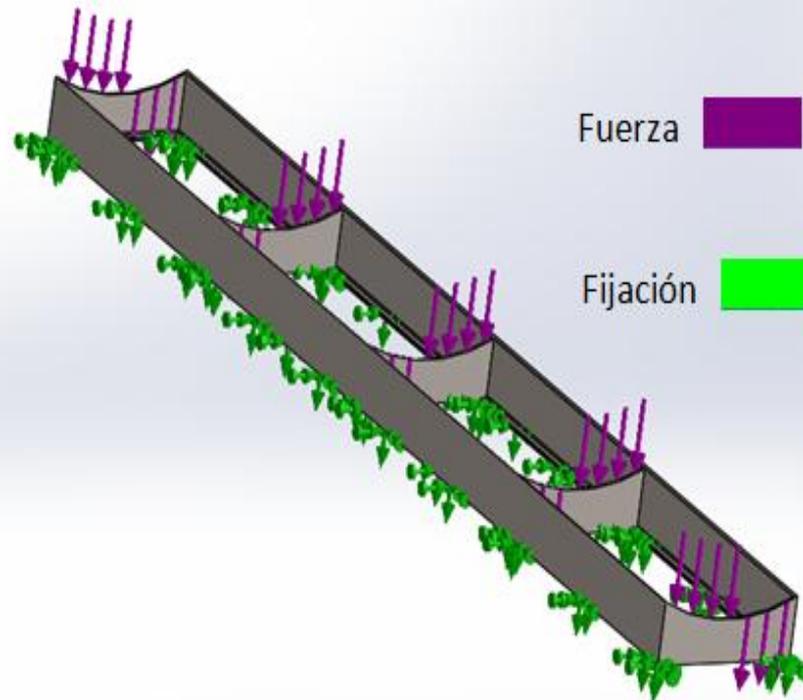
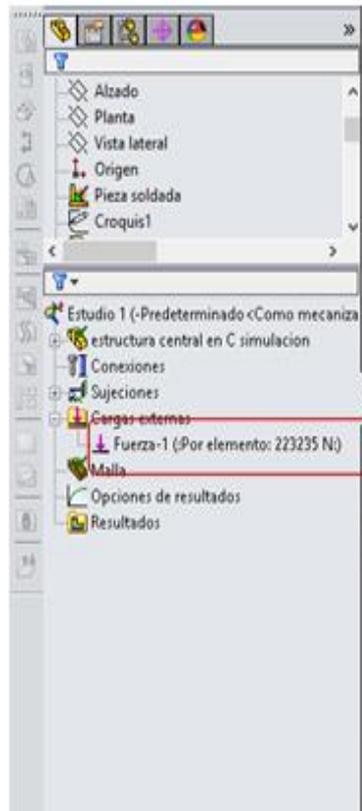
# Deformación



Deformación máxima: 0.054 mm

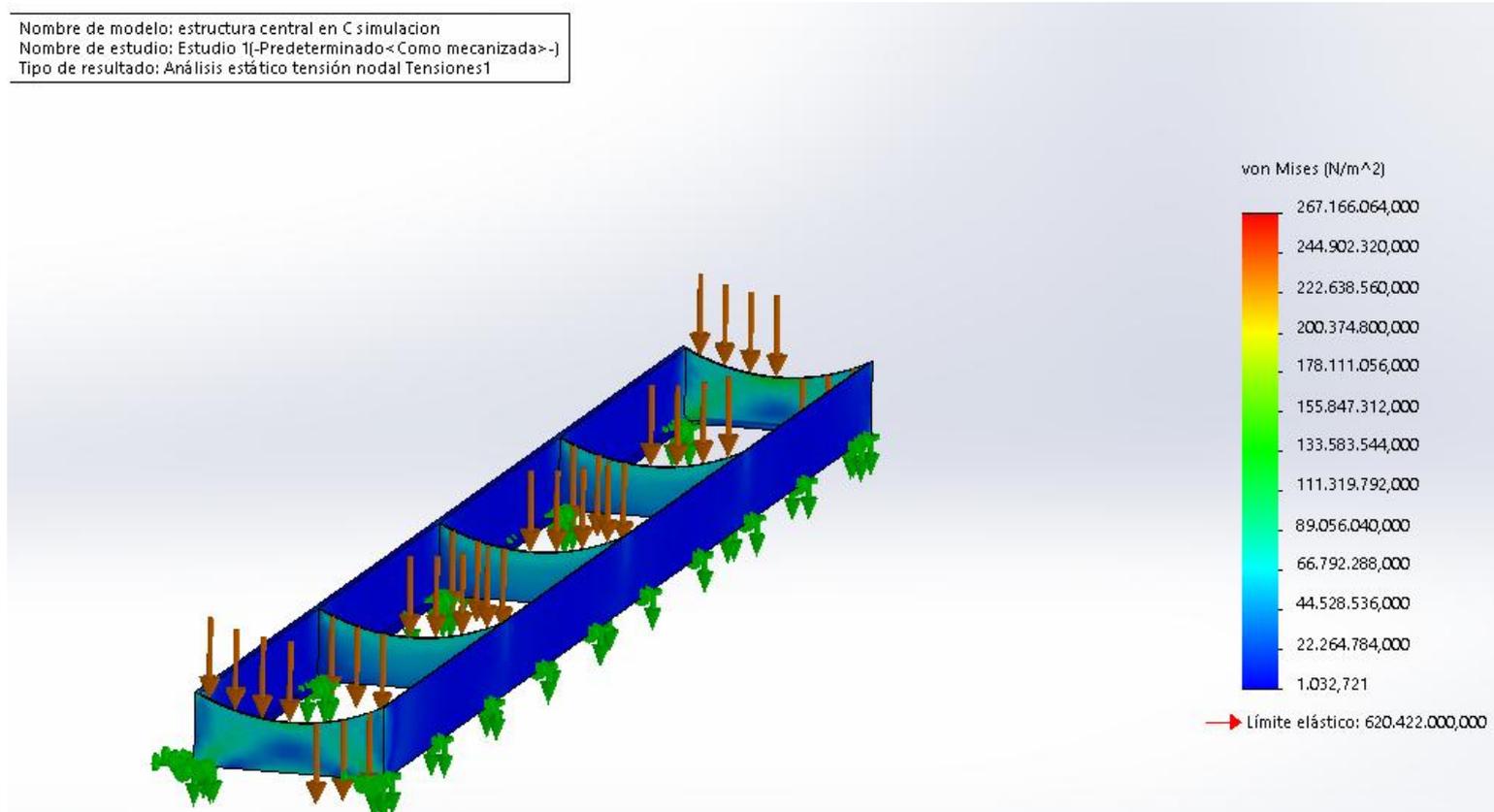
# Bastidor

- ▶  $F_{rs} = 29561.11 \text{ N}$  más;
- ▶ El cuerpo del tanque, 78400 ,
- ▶ El peso del fluido, 118244 N



# Esfuerzos

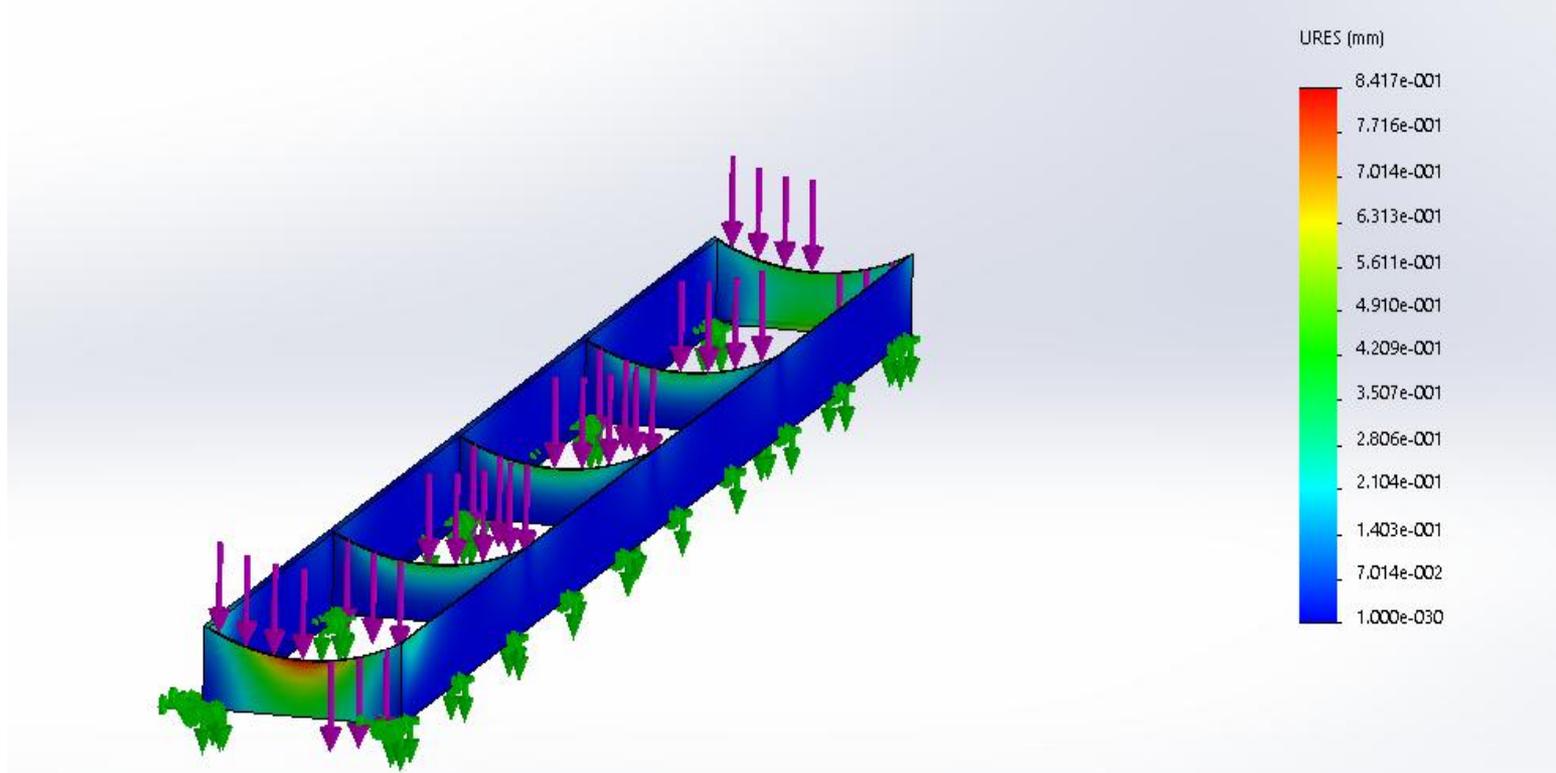
Nombre de modelo: estructura central en C simulacion  
Nombre de estudio: Estudio 1[-Predeterminado<Como mecanizada>-]  
Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1



Esfuerzo máximo = 267 Mpa

# Deformación

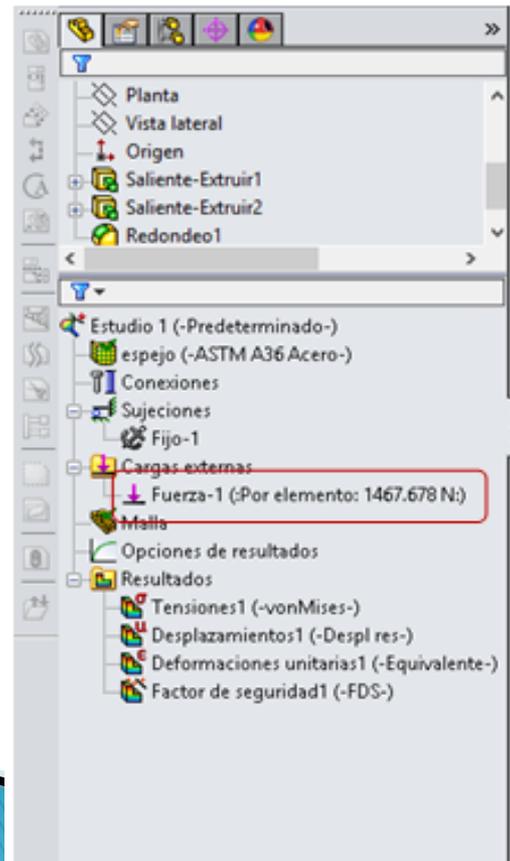
Nombre de modelo: estructura central en C simulacion  
Nombre de estudio: Estudio 1(-Predeterminado<Como mecanizada>-)  
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1



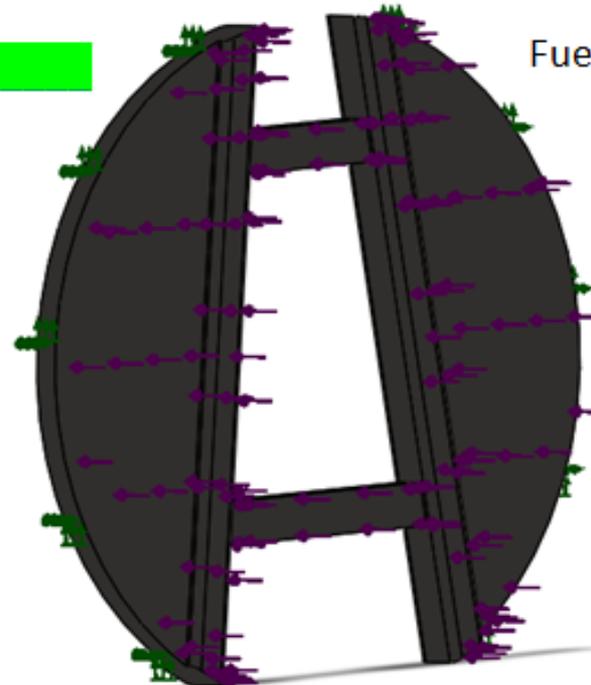
Deformación máxima de 0,08 mm.

# Espejos o Baffles

- ▶ La presión que recibe cada espejo es:  
**1467.678 N**



Fijación

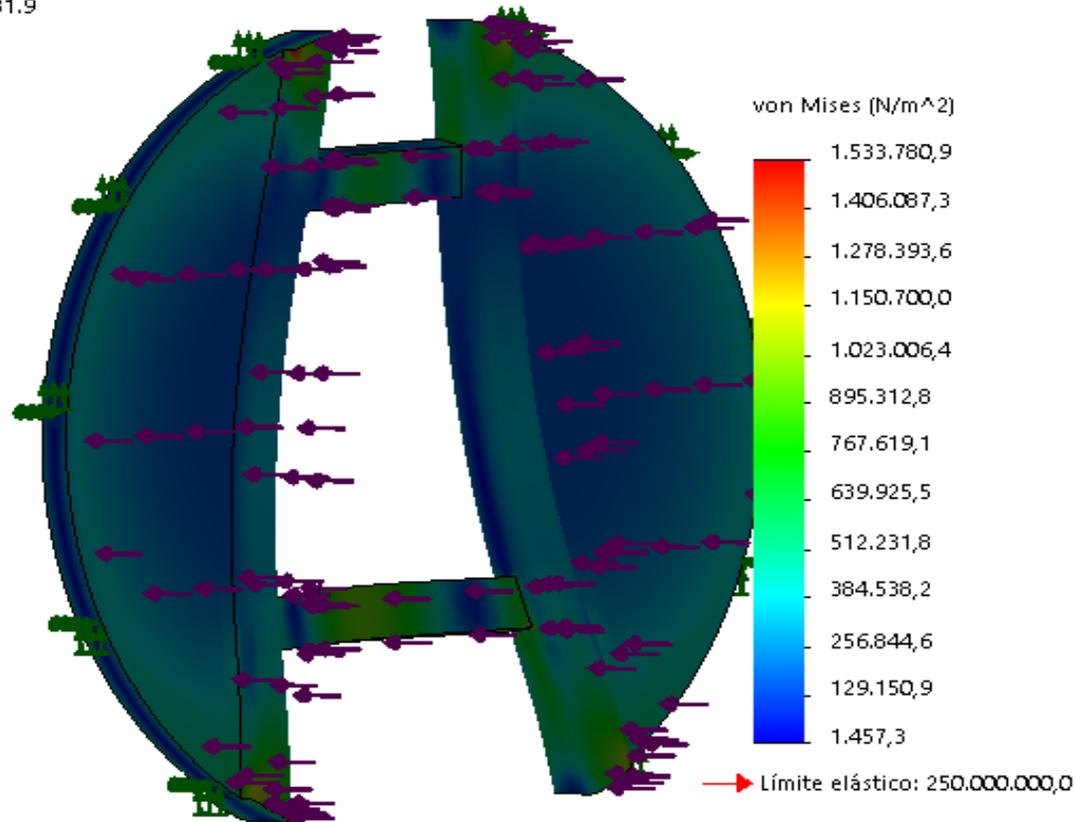


Fuerza



# Esfuerzos

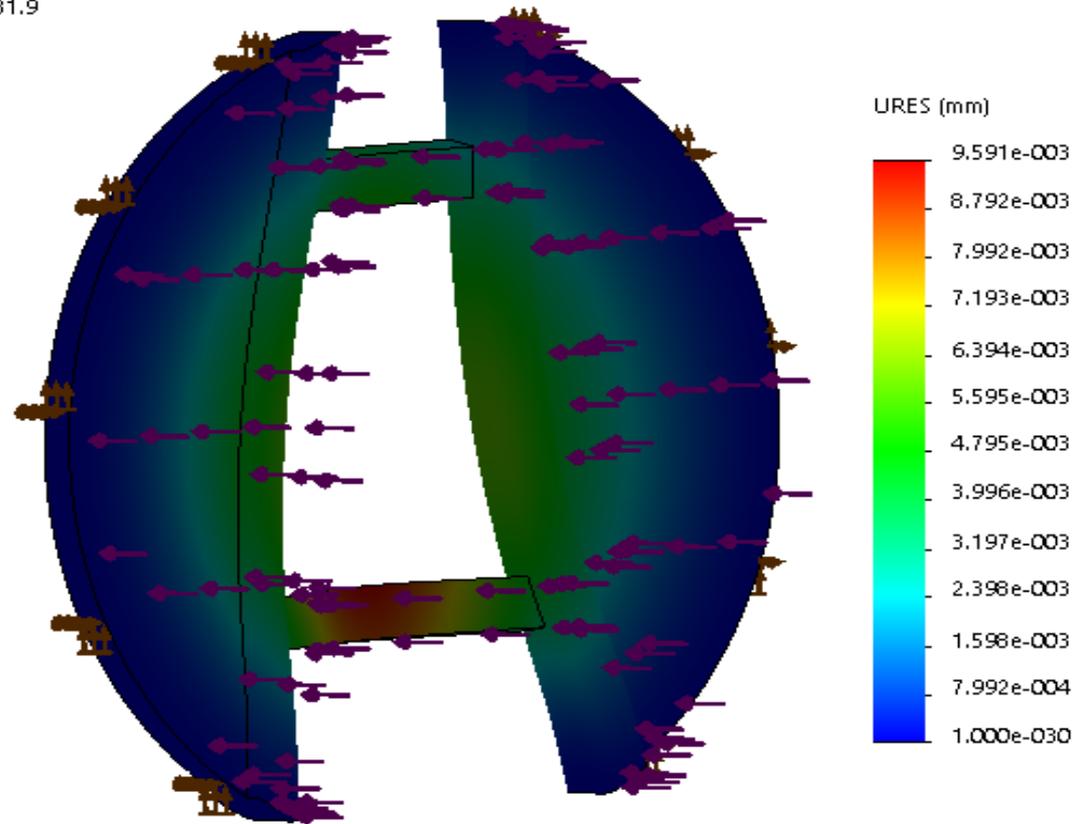
Nombre de modelo: espejo  
Nombre de estudio: Estudio 1(-Predeterminado-)  
Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1  
Escala de deformación: 16681.9



Esfuerzo Máximo: 1.5 Mpa

# Deformación

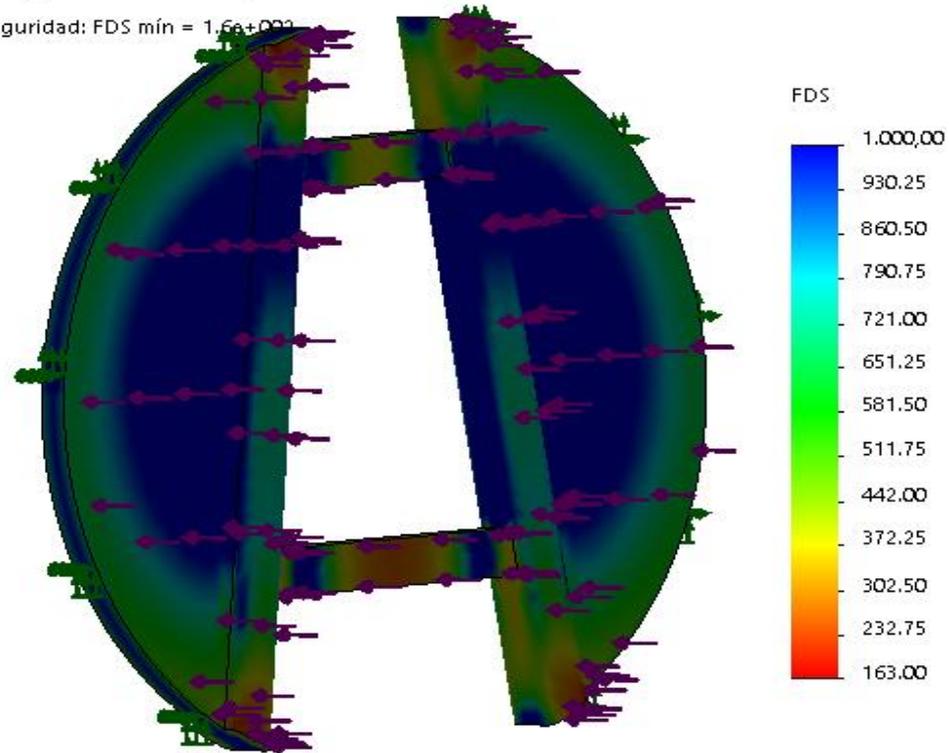
Nombre de modelo: espejo  
Nombre de estudio: Estudio 1(-Predeterminado-)  
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1  
Escala de deformación: 16681.9



Def. máximo = 0.009591 mm

# Factor de Seguridad

Nombre de modelo: espejo  
Nombre de estudio: Estudio 1(-Predeterminado-)  
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1  
Criterio: Automático  
Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 1,6e+000



# Requisitos de Accesorios

- ▶ Los accesorios del tanque que van colocados en la pared del mismo deben ser construidos con materiales de menor espesor, con un máximo del 72 % de espesor del material de pared, para que en el caso de accidentes los accesorios no afecten a la integridad del tanque.
- ▶ Otros accesorios necesitan refuerzos para ser instalados, los mismos que deben cumplir con:
  - El espesor de los refuerzos no debe ser menor al del cuerpo o la cabeza, y no mayor a 1.5 veces el espesor de los mismos.

- ▶ Tres bocas (Manholes) para inspección y carga.
- ▶ Kit de válvulas
  - Válvula de alivio de presión
  - Válvula de alivio de vacío
  - Medidor de presión y llenado del líquido
  - Toma de drenado de 1”

# Protección Contra Accidentes

- ▶ Los equipos que utilizan presión deben tener un sistema de auto-cierre, para prevenir el colapso debido a la presión o la ruptura del tanque en condiciones normales de funcionamiento.
- 

# Soldadura

- ▶ El cuerpo del tanque está compuesto por cilindros, los cuales están soldados a tope, así como todos sus demás componentes, con los resultados de las simulaciones en Solidworks se realizó un análisis resistencia a la fatiga con los valores mas altos y mas bajos de las diferentes partes evaluadas, para después sacar el factor de seguridad en cada una de los componentes con resultados favorables.

# Tecnología de Construcción y Costos



- ▶ Se realizaron cursogramas de fabricación lo que permitió seguir un plan de construcción de alrededor de un mes y medio, debido a la disponibilidad de los trabajadores.



## Operaciones Tecnológicas

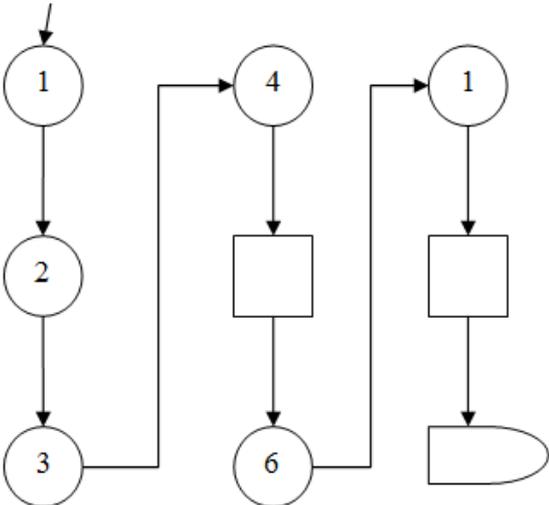
No. de Operación	Descripción
1	Corte del material
2	Medición y trazado
3	Rolado
4	Soldadura por SMAW MIG o AFCA
5	Unión
6	Esmerilado y cepillado
7	Montaje
8	Pintura
9	Doblado

## Nomenclatura Cursograma Sinóptico

Símbolo	Significado
	Operación tecnológica
	Inspección
	Traslado o transporte
	Almacenamiento
	Espera

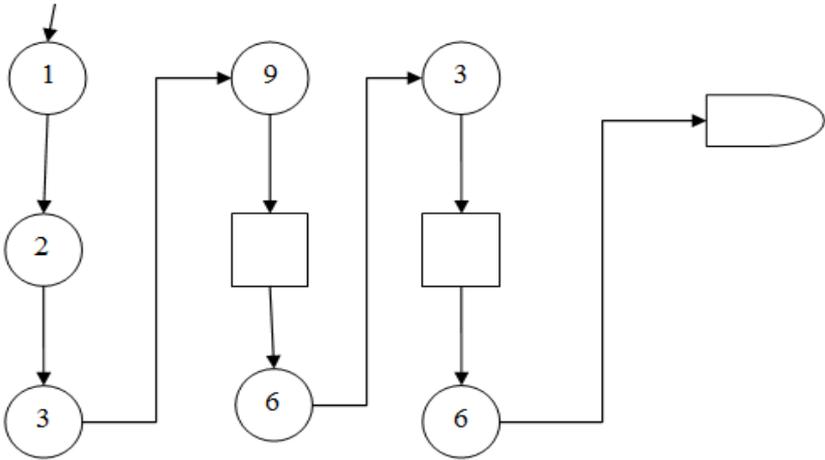
# Cilindros para el cuerpo del tanque

Plancha de 7633 x 910 x 6 mm

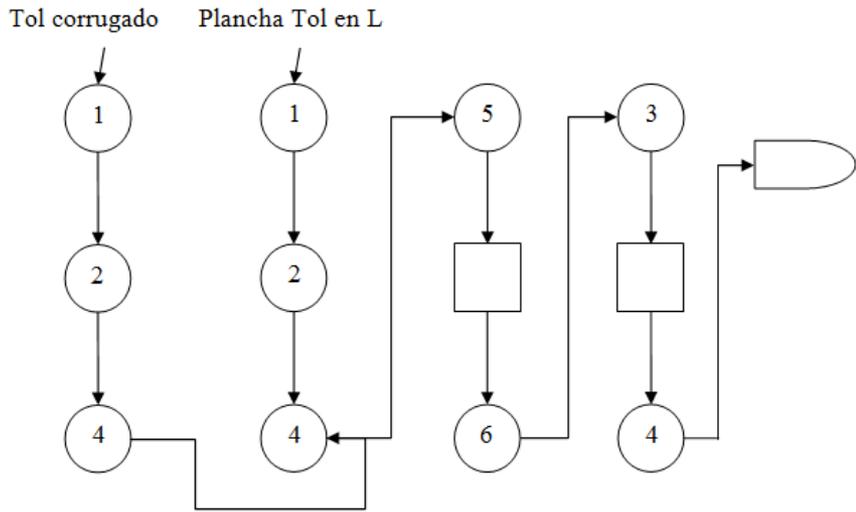


# Base del tanque

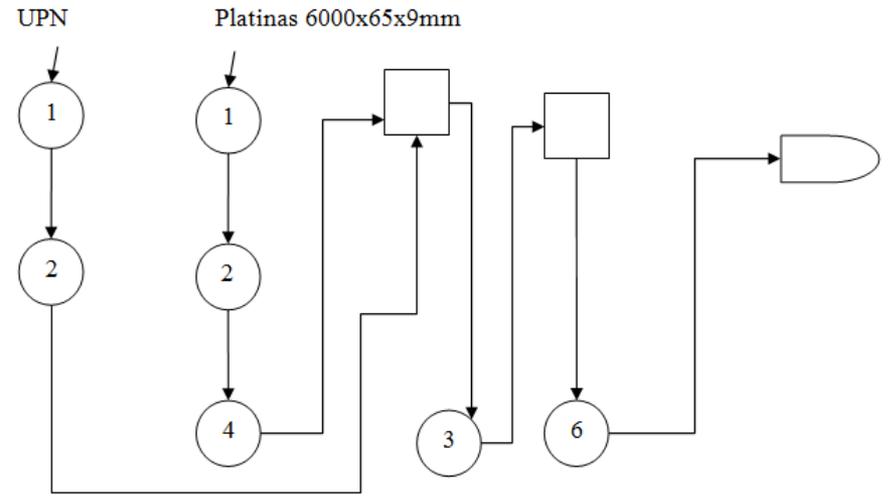
Platinas 6000x65x9mm



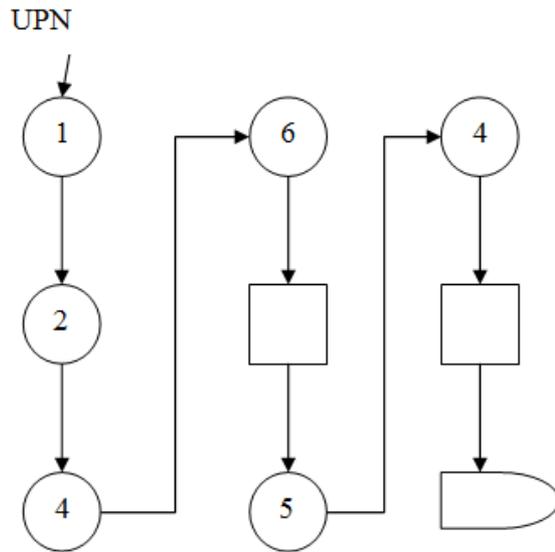
# Construcción Chasis



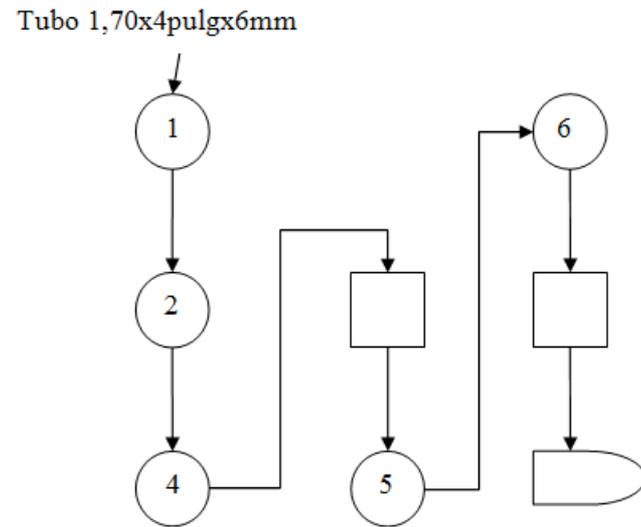
# Ubicación de Espejos



## Ubicación de refuerzos

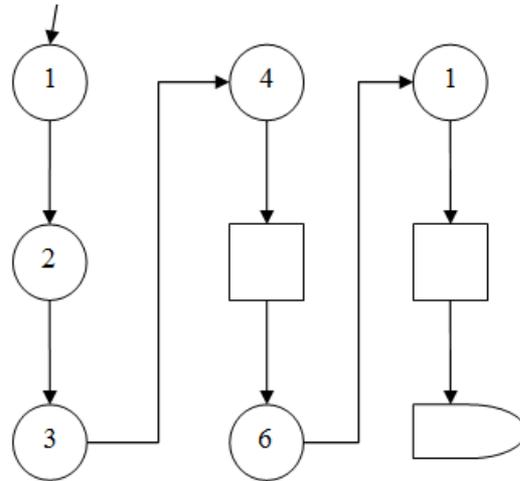


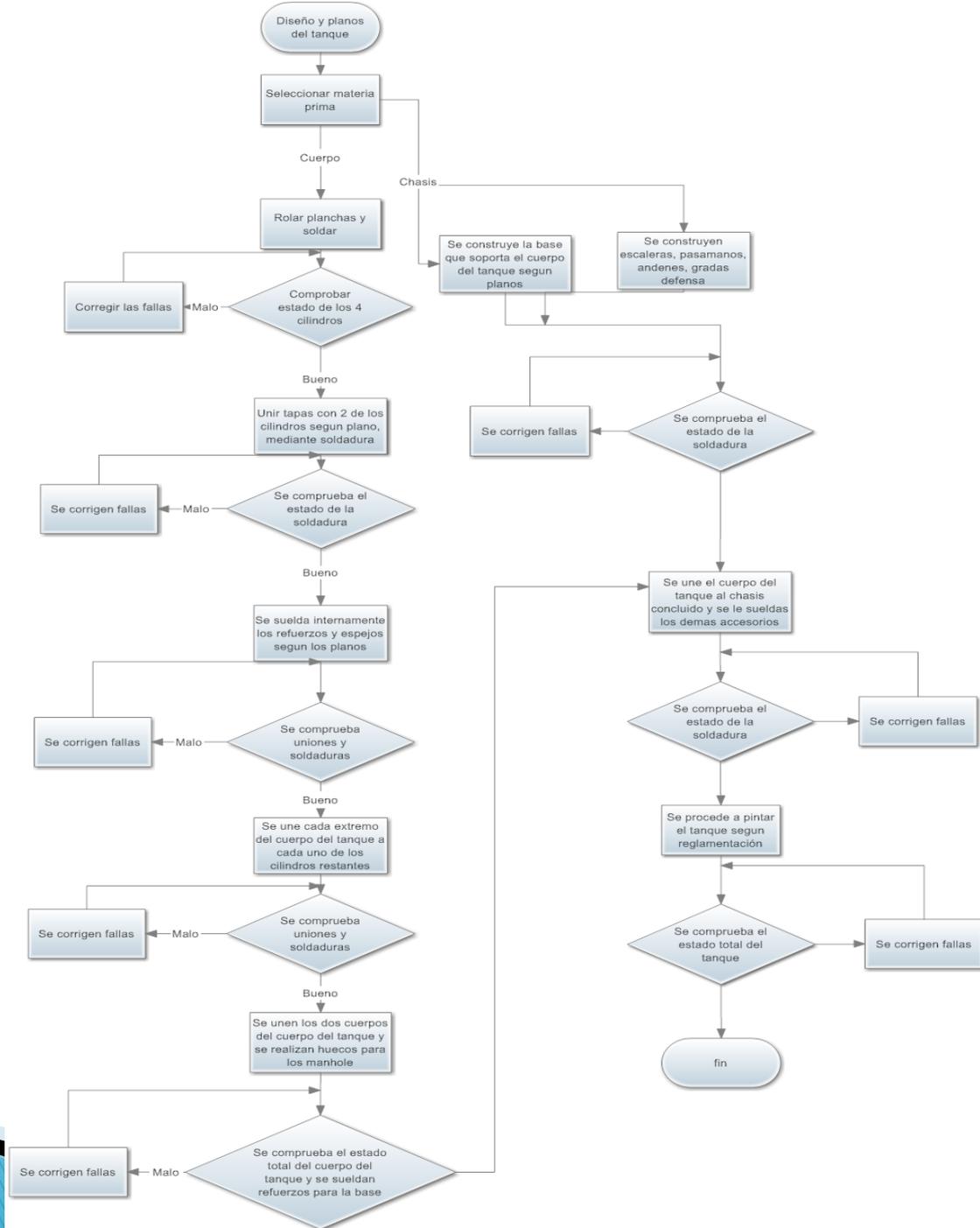
## Tubos de carga y descarga.



# Accesorios del tanque

Plancha de 7633 x 910 x 6 mm





# Costos de insumos

Material	Costo Unidad	Utilizados	Costo
Plancha naval 1820x6mm	889.6	6 ½	5782.4
Tapas (Planchas)	300	2	600
Tol en L	201.96	3	605.88
Tubo de 1 pulga x 2mm	9.06	8	72.48
Malla coqueada	102	1 ½	153
Tol 2mm	48.82	5	244.10
Tol corrugado de 3mm	90.59	½	45.30
UPN 100x50x6mm	89.32	10	893.2
Caja de electrodos	100.60	6	603.6
Rollo de alambre	35.25	3	105.75
Tanque de gas CO <sub>2</sub>	22.32	1	22.32
Tanque de gas O <sub>2</sub>	18.75	1	18.75
Tanque de gas propano	15	1	15
Tol 1400x300x8mm	201.96	1	201.96
Platinas 6000x65x9mm	32.92	3	98.76
Tubo 1,70x4pulgx6mm	95.76	3	287.28
Acoples Importados	2500	1	2500
Pintura	2000	*	2000
Material Eléctrico	650	*	650
<b>Costo Total de Materiales:</b>			<b>14899</b>

# Costos de Fabricación

Descripción	Sueldo Mensual	Tiempo de Trabajo	Número de Trabajadores	Total
Soldador	800	1 mes	2	1600
Pintor	600	1 mes	1	150
Ayudante	400	1 semana	1	400
<b>Total Costos de Fabricación</b>				<b>2150</b>

# Costo Total

<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>
Costo Total de Materiales:	14899.78 USD
Costos de Fabricación	2150 USD
Costos de Diseño	1200 USD
<b>Costo Total del Tanque</b>	<b>18249.78 USD</b>

# Conclusiones

- ▶ Después de realizar el proyecto de tesis de diseño y construcción de un tanque para crudo de 13000 litros se obtuvo que la presión hidrostática que sirvió para el cálculo computacional es  $18007.01 \text{ N/m}^2 = 2.52 \text{ Psi}$ . La fuerza ejercida por el riesgo de accidentes es

- ▶ La velocidad que un Auto-tanque cargado puede obtener en 100 m de distancia es de 40 KPH y el tiempo que requiere es de 15 segundos aproximadamente, esto provoca una aceleración de  $0,591 \text{ m/s}^2$  , y la fuerza que ejerce esta aceleración es  $F_a = 1426.17$
- ▶ La alternativa seleccionada para la construcción del tanque cumple satisfactoriamente con los requerimientos del mercado

- ▶ El tanque se rige a las normas y estándares tanto nacionales como internacionales, de construcción, manejo y seguridad, existentes en la actualidad.
- ▶ Este proyecto se ha elaborado para la empresa Noroccidental y para el uso de la misma, el análisis de costos del proyecto, demuestra que se ha optimizado la utilización de recursos para la realización con un costo total de 18249.78 USD. El tiempo en el que se realizó el proyecto es aproximadamente de 1 mes y medio en el diseño y simulación y 2 meses en la construcción.

- ▶ Se realizó un esquema ordenado y comprensivo para la construcción de tanques de este tipo, en el cual se detalla un análisis completo de los materiales, herramientas y procesos que se utilizaron en el desarrollo del proyecto, mediante el cual se optimizó el tiempo de construcción del mismo.
  - ▶ Se obtuvieron resultados favorables mediante la simulación en SOLIDWORKS, la cual permitió un análisis completo de los materiales y las fuerzas a las que estos iban a ser sometidos cuando se encuentren en servicio.
- 

# Recomendaciones

