



# INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIERREZ



Nombre del  
proyecto:

“Análisis y Actualización de Memoria de Cálculo de Los Recipientes Sujetos a Presión, Recipientes Criogénicos, Generadores de Vapor o Calderas. ”

EMPRESA:

**DISTRIBUIDORA GUGAR S.A. DE C.V.**

PRESENTA:

**JUAN JESUS DIAZ RAMOS**

**ING. MECANICA**

ASESOR INTERNO:

ING. RODOLFO ISABEL COELLO  
ALBORES

ASESOR EXTERNO:

ING. ANTONIO CHANG  
MARROQUIN

TUXTLA GUTIERREZ CHIAPAS 04/12/2015

## INTRODUCCIÓN

El aire comprimido es ampliamente utilizado en las industrias, dado que es un fluido de potencia, abundante en el medio ambiente; sin embargo por estar a una presión mayor a la de la atmosfera es peligroso y es necesario controlar las condiciones de operación de este fluido.

Por tal motivo la Secretaria de Trabajo y Previsión Social exige a las industrias que cuenten con algún tipo de recipientes sujetos a presión apegarse a la “NOM-020-STPS-2011 recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas – funcionamiento – condiciones de seguridad”. Esta norma explica a fondo las condiciones en las que se debe de encontrar un Recipiente Sujeto a Presión para que pueda seguir realizando su funcionamiento en los procesos de la empresa en la que se encuentra, así también la Norma hace mención de las características que deben de cumplir ciertos equipos para poder ser clasificados con base a la norma, estas clasificaciones dadas por la NOM-020-STPS-2011 son; Categoría I, II y III, siendo la Categoría III la de mayor peligrosidad por lo que son los equipos a los que se les da más importancia.

La NOM-020-STPS-2011 se apoya de otras normas como la NOM-026-STPS-2008, colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías y la NOM-018-STPS-2000, sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo; en conjunto estas normas se encargan de salvaguardar la integridad del personal de la empresa así como también las instalaciones de la misma.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	2
--------------------	---

### I ASPECTOS GENERALES

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	5
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	6
1.3 OBJETIVOS .....	7
1.4 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO.....	8
1.4.1 Estructura organizacional.....	10
1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES.....	11

### II FUNDAMENTO TEORICO

2.1 SECRETARIA DEL TRABAJO Y PREVISIÓN SOCIAL.....	12
2.2 EXPEDIENTE DE LOS EQUIPOS [3].....	13
2.3 CÓDIGO ASME .....	15
2.3.1 ASME sección VIII, división 1 .....	16
2.4 MEMORIA DE CÁLCULO PARA TAPAS SEMIELIPTICAS.....	16
2.5 MEMORIA DE CÁLCULO PARA ENVOLVENTE CILINDRICO.....	17
2.6 MEMORIA DE CÁLCULO PARA LA VÁLVULA DE SEGURIDAD.....	18
2.7 PLAN DE ACTIVIDADES .....	20
2.7.1 Descripción detallada de las actividades: .....	20

### III DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1 RECONOCIMIENTO DEL ÁREA DE SERVICIOS AUXILIARES.....	22
3.2 LISTADO DE LOS RECIPIENTES SUJETOS A PRESIÓN .....	25
3.3 INFORMACION DE TANQUE DE AIRE BELLIS ALTA PRESIÓN .....	25
3.3.1 DIBUJO TANQUE BELLIS.....	28
3.3.2 MEMORIA DE CÁLCULO TAPA SUPERIOR SEMIELIPTICA.....	29
3.3.3 MEMORIA DE CÁLCULO ENVOLVENTE CILÍNDRICO .....	30
3.3.4 MEMORIA DE CÁLCULO TAPA INFERIOR SEMIELIPTICA.....	32

3.3.5 MEMORIA DE CÁLCULO DE VÁLVULA DE SEGURIDAD .....	33
3.3.6 ANALISIS DE MEMORIA DE CALCULO .....	35
3.4 INFORMACION DE TANQUE DE BAJA PRESIÓN RICSA.....	36
3.4.1 DIBUJO TANQUE RICSA .....	38
3.4.2 MEMORIA DE CÁLCULO TAPA SUPERIOR SEMIELIPTICA.....	39
3.4.3 MEMORIA DE CÁLCULO ENVOLVENTE CILÍNDRICO .....	40
3.4.4 MEMORIA DE CÁLCULO TAPA INFERIOR SEMIELIPTICA.....	42
3.4.5 MEMORIA DE CALCULO DE VÁLVULA DE SEGURIDAD .....	43
3.4.6 ANÁLISIS DE MEMORIA DE CÁLCULO .....	45
3.5 INFORMACION DE TANQUE DE AIRE ABC ALTA PRESIÓN .....	46
3.5.1 DIBUJO TANQUE DE ALMACENAMIENTO ABC.....	48
3.5.2 MEMORIA DE CÁLCULO TAPA SUPERIOR SEMIELIPTICA.....	49
3.5.3 MEMORIA DE CÁLCULO ENVOLVENTE CILÍNDRICO .....	50
3.5.4 MEMORIA DE CÁLCULO TAPA INFERIOR SEMIELIPTICA.....	52
3.5.5 VÁLVULA DE SEGURIDAD .....	54
3.5.6 ANÁLISIS DE MEMORIA DE CÁLCULO .....	55
3.6 CAPACITACIÓN A OPERADORES .....	56
3.7 INTEGRACIÓN DE EXPEDIENTES .....	57
CONCLUSION .....	58
ANEXO 1 .....	59
REFERENCIAS.....	60

## **CAPÍTULO I**

### **ASPECTOS GENERALES**

#### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La NORMA Oficial Mexicana NOM-020-STPS-2011 es una norma de carácter obligatorio dentro de todo el territorio nacional mexicano y tiene como objetivo establecer los requisitos de seguridad para el funcionamiento de los recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas en los centros de trabajo, a fin de prevenir riesgos a los trabajadores y daños en las instalaciones.

La NOM-020-STPS-2011; plantea que para demostrar la seguridad del equipo es necesario realizar un expediente de integridad mecánica por equipo, en donde se tiene que realizar la memoria de cálculo del equipo; Esta memoria de cálculo debe de realizarse mediante el código ASME VIII, División 1.

En la memoria de cálculo se analizan los parámetros más importantes de operación del equipo como la presión máxima de trabajo, el espesor mínimo requerido para el recipiente, capacidad volumétrica además exige un cálculo para el dispositivo de seguridad con que cuente el equipo.

En la planta Distribuidora Gugar S.A DE C.V. se cuenta con 13 equipos sujetos a presión que son necesarios realizarle un análisis y actualización de la memoria de cálculo para así poder estar actualizado con la normatividad vigente.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

Todo recipiente sujeto a presión mayor a la atmosférica representa un peligro potencial debido a que posee gran cantidad de energía almacenada, aún sin contener un fluido peligroso, puede llegar a ser peligroso en caso de una explosión, por tal motivo la secretaria de trabajo y previsión social se encarga de comprobar estrictamente las condiciones de seguridad en las que opera un equipo sujeto a presión, mediante el cumplimiento de la NOM-020-STPS-2011.

Para demostrar la seguridad del equipo se le realizan pruebas de presión o exámenes no destructivos además es necesario realizar un análisis de las variables de operación de cada equipo mediante una memoria de cálculo, esto es para conocer los valores límites de operación tales como la presión máxima de trabajo, espesores mínimos requeridos y características de la válvula de seguridad y de esta forma salvaguardar al personal y a las instalaciones.

Es necesario realizar un análisis de las actuales memorias de cálculo para comprobar que todos los equipos estén de acuerdo a la normatividad vigente, una vez realizada la memoria de cálculo, se anexa al formato de integridad mecánica de cada equipo de acuerdo a la norma 020.

### 1.3 OBJETIVOS

➤ **Objetivo general:**

Realizar un análisis y actualización de memoria de cálculo de los recipientes sujetos a presión instalados en la planta Distribuidora Gugar S.A. DE C.V.

➤ **Objetivos específicos:**

1. Recabar información de operación de cada equipo.
2. Recabar información de las memorias de cálculos actuales.
3. Estudiar el código ASME.
4. Analizar los valores obtenidos

## 1.4 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO

### Nombre de la empresa:

Distribuidora Gugar S.A. DE C.V.

### Actividad de la empresa:

Fabricación, elaboración y venta de refrescos y bebidas embotelladas.

### Inicios

La planta distribuidora Gugar S.A. DE C.V. inicia operaciones el 27 de octubre del 2004, inicialmente solo se producían bebidas carbonatadas en presentaciones de 2.225 litros, 500 ml y bebida pasteurizada llamada Gugarin.

### MISION:

Elaborar y distribuir bebidas refrescantes de calidad que satisfagan la sed de nuestros consumidores.

### VISION:

Ser una empresa líder en rentabilidad y volumen dentro del mercado de bebidas refrescantes.

Actualmente la planta produce bebidas carbonatadas y pasteurizada en diferentes presentaciones y sabores, las cuales se presentan en la tabla1



**Tabla 1. Productos elaborados en la actualidad**

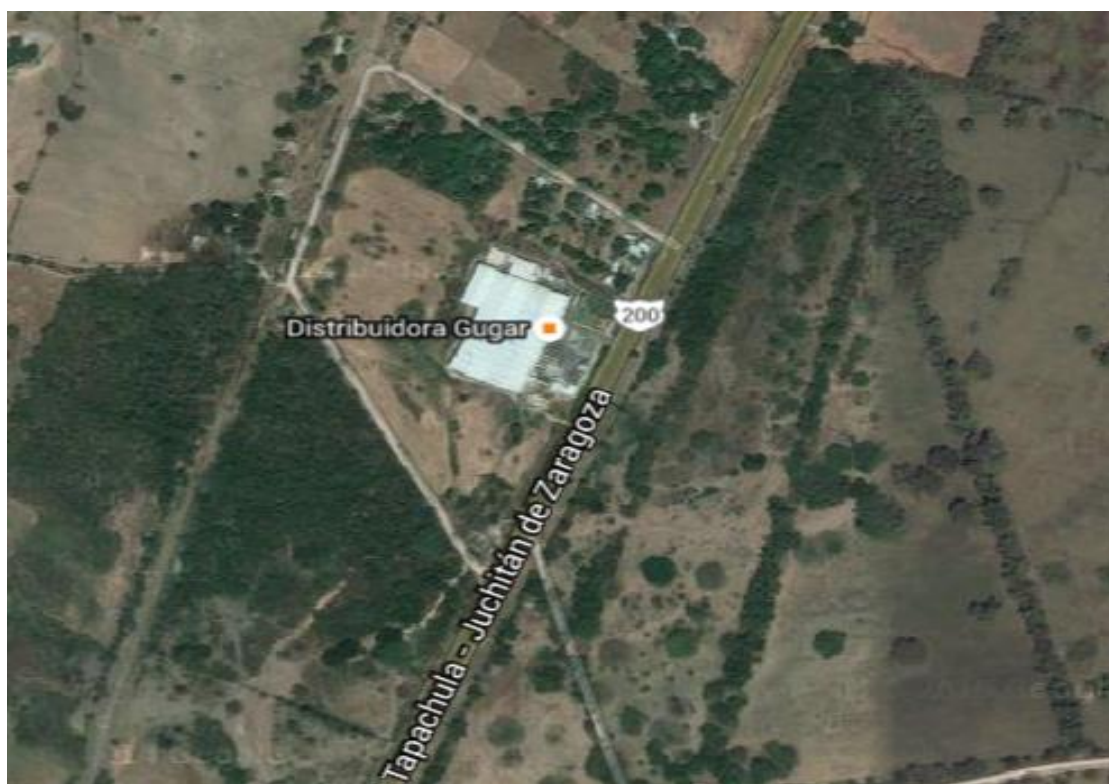
PRODUCTO	PRESENTACION
Queen Cola	500 ml., 600 ml., 3.330 lts.
Gugar Soda	600 ml. y 500 ml
Gugar Soda familiar	3.330 lts
Gugarin	180 ml. y 200 ml

La planta se encuentra ubicada aproximadamente a 20 minutos de la ciudad de Arriaga Chiapas, en la Carretera costera No. 200 km. 31, Paraje San Ramón municipio de Arriaga Chiapas, con latitud: 16.230087 y longitud: -94.011673

Teléfono: 01 (966) 66 2 30 16

E-mail: contacto@distribuidoragugar.com.mx

Url: <http://distribuidoragugar.com.mx/>



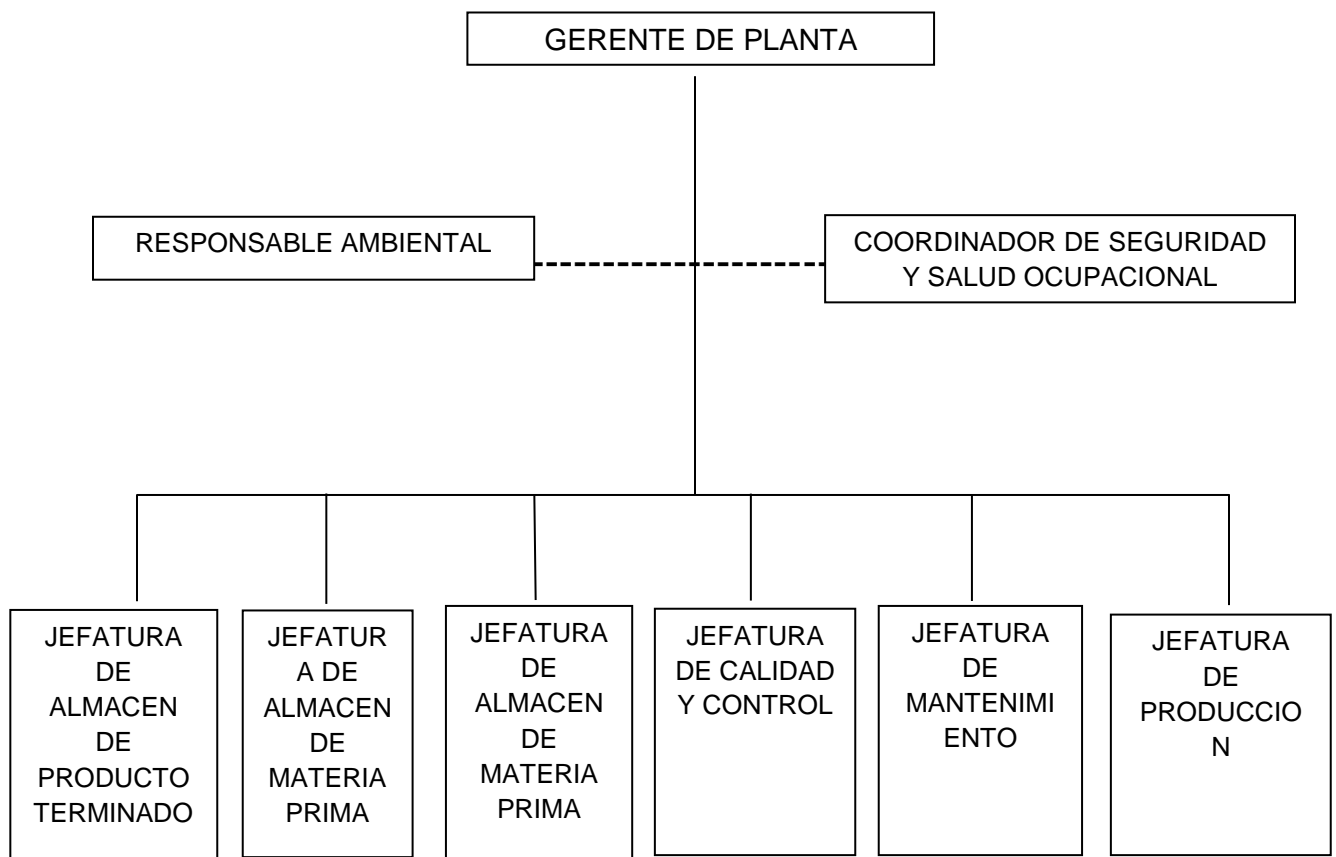
**Imagen 1. Ubicación satelital de la planta Distribuidora Gugar S.A. DE C.V**

Distribuidora Gugar S.A de C.V. no autoriza que ninguna parte de esta obra pueda ser reproducida o transmitida, mediante ningún sistema o método, electrónico o mecánico



*Imagen 1.1. Fachada principal de la planta Distribuidora Gugar S.A. DE C.V*

### 1.4.1 Estructura organizacional



## **1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES**

El alcance de este proyecto consiste en la elaboración de un análisis de las memorias de cálculo de los equipos sujetos a presión, para comprobar que se cuenta con las condiciones de operación establecido por la NOM 020 con esto se pretende una mayor seguridad en la empresa.

Se tiene como limitante las políticas de privacidad de la empresa, dado que por ser una organización privada tiene ciertas restricciones para la información que se maneja.

## CAPITULO II

### FUNDAMENTO TEORICO

#### 2.1 SECRETARIA DEL TRABAJO Y PREVISIÓN SOCIAL

Las normas oficiales mexicanas que emite la Secretaría del Trabajo y Previsión Social determinan las condiciones mínimas necesarias para la prevención de riesgos de trabajo y se caracterizan por que se destinan a la atención de factores de riesgo, a los que pueden estar expuestos los trabajadores

Actualmente se encuentran vigentes 41 normas oficiales mexicanas en materia de seguridad y salud en el trabajo. Dichas normas se agrupan en cinco categorías: de seguridad, salud, organización, específicas y de producto. Su aplicación es obligatoria en todo el territorio nacional.

Las normas de la primera categoría (seguridad) que corresponden al reglamento antes mencionado son las siguientes:

Número	Título de la norma
NOM-001-STPS-2008	Edificios, locales e instalaciones
NOM-002-STPS-2010	Prevención y protección contra incendios
NOM-004-STPS-1999	Sistemas y dispositivos de seguridad en maquinaria
NOM-005-STPS-1998	Manejo, transporte y almacenamiento de sustancias peligrosas
NOM-006-STPS-2014	Manejo y almacenamiento de materiales
NOM-009-STPS-2011	Trabajos en altura
NOM-020-STPS-2011	Recipientes sujetos a presión y calderas
NOM-022-STPS-2008	Electricidad estática
NOM-027-STPS-2008	Soldadura y corte
NOM-029-STPS-2011	Mantenimiento de instalaciones eléctricas

**Imagen 2.1. Normas de seguridad [1]**

Es atribución de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social emitir normas oficiales mexicanas de seguridad y salud en el trabajo para que en los centros de trabajo se adopten medidas de seguridad que protejan a los trabajadores, a las instalaciones y a las inversiones de los empleadores. En ese sentido, la NOM-

Distribuidora Gugar S.A de C.V. no autoriza que ninguna parte de esta obra pueda ser reproducida o transmitida, mediante ningún sistema o método, electrónico o mecánico

020-STPS-2011 establece las condiciones de seguridad y las medidas preventivas para evitar riesgos de trabajo por el uso y el funcionamiento de los recipientes sujetos a presión y calderas en los centros de trabajo, que cuenten con mayores probabilidades de riesgo por variables de presión, dimensiones y fluidos, a los que la STPS les otorga números de control para poder operar. **[2]**

## **2.2 EXPEDIENTE DE LOS EQUIPOS [3]**

El expediente de cada equipo dependerá de la clasificación del equipo, en este caso analizaremos únicamente los de la categoría III, dado que son los equipos que presentan mayor riesgos de accidentes.

El expediente de cada uno de los equipos clasificados en la Categoría III, que se encuentren instalados en el centro de trabajo, deberá contener, según aplique, lo siguiente:

- a)** El nombre genérico del equipo;
- b)** El número de serie o único de identificación, la clave del equipo o número de TAG;
- c)** El número de control asignado por la Secretaría;
- d)** El año de fabricación;
- e)** El código o norma de construcción aplicable;
- f)** El certificado de fabricación, cuando exista;
- g)** La fotografía o calca de la placa de datos del equipo, adherida o estampada por el fabricante;
- h)** La ficha técnica del equipo, que al menos considere:
  - 1)** El (los) fluido(s) manejado(s) y su tipo de riesgo, en su caso;
  - 2)** La(s) presión(es) de diseño;
  - 3)** La(s) presión(es) de operación;
  - 4)** La(s) presión(es) de calibración, en su caso;
  - 5)** La(s) presión(es) de trabajo máxima(s) permitida(s);
  - 6)** La(s) presión(es) de prueba hidrostática;
  - 7)** La capacidad volumétrica, en el caso de recipientes sujetos a presión y recipientes criogénicos;
  - 8)** La capacidad térmica, en el caso de generadores de vapor o calderas;
  - 9)** La(s) temperatura(s) de diseño;
  - 10)** La(s) temperatura(s) de operación;
  - 11)** El tipo de dispositivos de relevo de presión, y
  - 12)** El número de dispositivos de relevo de presión;
- i)** La descripción breve de su operación;

- j)** La descripción de los riesgos relacionados con su operación;
- k)** Los elementos de seguridad para el control de las principales variables de su operación;
- l)** El resumen cronológico de las revisiones y mantenimientos efectuados, de acuerdo con el programa que para tal efecto se elabore, debidamente registrados y documentados, avalados por escrito y firmados por el responsable de mantenimiento u operación de los equipos en el centro de trabajo;
- m)** El resumen cronológico de las pruebas de presión o exámenes no destructivos practicados a los equipos;
- n)** El resumen cronológico de las modificaciones y alteraciones efectuadas debidamente registradas y documentadas, avaladas por escrito y firmadas por el responsable de mantenimiento u operación de los equipos en el centro de trabajo;
- o)** El resumen cronológico de las reparaciones que implicaron soldadura, avalados por escrito y firmados por el responsable de mantenimiento, operación o inspección del centro de trabajo;
- p)** El dibujo, plano o documento (libro de proyecto, manual o catálogo) del equipo, que contemple:
  - 1)** Los cortes del equipo, transversal y longitudinal;
  - 2)** Las dimensiones del equipo, como diámetro, longitudes y espesores de fabricación;
  - 3)** Los detalles relevantes, como ubicación de boquillas, accesorios y tipos de tapas, entre otros;
  - 4)** La ubicación de los dispositivos de relevo de presión, ya sea en el propio equipo, en tuberías o en otro(s) equipo(s) con el (los) que se encuentre(n) interconectado(s), y
  - 5)** El arreglo básico del sistema de soporte o cimentación;
- q)** La memoria de cálculo actualizada, respaldada con la firma, el número de cédula profesional y el nombre de un ingeniero con conocimientos en la materia, que contenga lo siguiente:
  - 1)** La presión interna máxima que soporte el equipo, en sus partes críticas, tales como envoltentes, tapas, hogar, espejos y tubos, entre otros, según aplique;
  - 2)** Los espesores mínimos requeridos, en sus partes;
  - 3)** El área de desfogue de los dispositivos de seguridad para las condiciones de operación. En caso de no contar con este dispositivo, se deberá justificar la manera en que se protege al equipo por sobrepresión;
  - 4)** La superficie de calefacción, cuando se trate de generadores de vapor o calderas;
  - 5)** La capacidad volumétrica, en el caso de recipientes sujetos a presión y recipientes criogénicos, y



- 6) La capacidad generativa, cuando se trate de generadores de vapor o calderas;
- r) El croquis de localización del (los) equipo(s) fijo(s) dentro del centro de trabajo, y tratándose de equipos móviles, la bitácora de ubicación, y
- s) El dictamen de evaluación de la conformidad o el dictamen de evaluación de la conformidad con reporte de servicios emitido por una unidad de verificación.

### 2.3 CÓDIGO ASME

La sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos “ASME” por sus siglas en inglés (de American Society of Mechanical Engineers) ha estandarizado un código de diseño, construcción, inspección y pruebas para equipos entre otros, calderas y recipientes sujetos a presión.

ASME desarrolla códigos y estándares que mejoran la seguridad, y proporciona aprendizaje constante y oportunidades de intercambio técnico que benefician la comunidad global de la ingeniería y de la tecnología. [4]

El código contiene requerimientos mandatorios, prohibiciones específicas y guías no mandatorias para las actividades de construcción. También, el Código no reemplaza la educación, la experiencia ni el buen juicio de ingeniería, el Código es más bien una guía para la construcción en forma segura.

Las diferentes secciones de las que se compone el código son las siguientes:

- SECCION I Construcción de calderas de potencia.
- SECCION II Especificación de materiales.
- SECCION III Recipientes para plantas nucleares.
- SECCION IV Construcción de calderas de calentamiento.
- SECCION V Pruebas no destructivas.
- SECCION VI Cuidado y mantenimiento de calderas de calentamiento.
- SECCION VII Pautas recomendadas para mantenimiento de calderas de potencia.
- SECCION VIII Recipientes a presión (división 1 y división 2).
- SECCION IX Procedimientos para calificar soldaduras.
- SECCION X Recipientes a presión de fibra de vidrio con plástico.
- SECCION XI Reglas para inspección de sistemas de enfriamiento de reactores nucleares.
- SECCION XII Reglas para la construcción y servicio continuo de tanques de transporte. [5]

Dado que la problemática se centra en recipientes sujetos a presión, se analizará la sección VIII, división 1.

### 2.3.1 ASME sección VIII, división 1

El contenido del código ASME sección VIII, división 1 se divide en:

Subsección A. Requerimientos generales

Subsección B. Requisitos específicos para los diferentes métodos utilizados en la fabricación de los recipientes sujetos a presión.

Subsección C. Requisitos específicos para los materiales empleados en la fabricación.

Para la memoria de cálculo se requieren analizar las tapas del recipiente y el envolvente cilíndrico, cabe mencionar que estos cálculos dependen del tipo de recipiente que se trabaje, en este caso se usaran las ecuaciones para los recipientes de tapas semielípticas.

## 2.4 MEMORIA DE CÁLCULO PARA TAPAS SEMIELIPTICAS

### a) Espesor mínimo requerido

$$t = \frac{PD}{2SE-0.2P} + c \quad \text{Ec. 1}$$

Dónde:	P = presión de diseño	(kg/cm <sup>2</sup> )
	D = diámetro interior	(cm)
	E = eficiencia	
	S = esfuerzo máximo permisible	(kg/cm <sup>2</sup> )
	C = corrosión	
	t = espesor mínimo requerido	(cm)

### b) Presión máxima permisible

$$P_{max} = \frac{2SEt}{D+0.2t} \quad \text{Ec. 2}$$

Dónde:	Pmax = presión máx. Permisible	(kg/cm <sup>2</sup> )
	D = diámetro interior	(cm)
	E = eficiencia	
	S = esfuerzo máximo permisible	(kg/cm <sup>2</sup> )
	t = espesor corroído	(cm)



### c) Área sujeta a presión

$$A = \left(\frac{\pi}{4}\right)D_c^2 \quad \text{Ec. 3}$$

$$D_c = 1.22D + 2CR + t \quad \text{Ec. 4}$$

Dónde:	Dc = diámetro del plato	(m)
	D = diámetro interior	(m)
	CR = ceja recta	(m)
	t = espesor usado	(m)
	A = área	(m <sup>2</sup> )

### d) Capacidad volumétrica

$$V = \frac{\pi}{24}D^3 + \frac{\pi}{4}D^2CR \quad \text{Ec.5}$$

Dónde:	D = diámetro interior tapa	(m)
	CR = ceja recta	(m)
	V = volumen	(m <sup>3</sup> )

## 2.5 MEMORIA DE CÁLCULO PARA ENVOLVENTE CILINDRICO

### a) Espesor mínimo requerido

$$t = \frac{PR}{SE-0.6P} + C \quad \text{Ec. 6}$$

Dónde:	P = presión de diseño	(kg/cm <sup>2</sup> )
	R = radio interior	(cm)
	E = eficiencia	
	S = esfuerzo máximo permisible	(kg/cm <sup>2</sup> )
	C = corrosión	
	t = espesor mínimo requerido	(cm)

### b) Presión máxima permisible

$$P_{max} = \frac{SEt}{R+0.6t} \quad \text{Ec. 7}$$

Dónde:	Pmax= presión máx. Permisible	(kg/cm <sup>2</sup> )
	R = radio interior	(cm)

E = eficiencia  
S = esfuerzo máximo permisible (kg/cm<sup>2</sup>)  
t = espesor corroído (cm)

### c) Área sujeta a presión

$$A = \pi DL \quad \text{Ec. 8}$$

Dónde: D = diámetro interior (m)  
L = Long. Sold.-sold (m)  
A = área (m<sup>2</sup>)

### d) Capacidad volumétrica

$$V = \left(\frac{\pi}{4}\right) D^2 L \quad \text{Ec. 9}$$

Dónde: D = diámetro interior (m)  
L = Long. Sold.-Sold (m)  
V = volumen (m<sup>3</sup>)

## 2.6 MEMORIA DE CÁLCULO PARA LA VÁLVULA DE SEGURIDAD

### a) Flujo de la válvula

$$W_a = 0.029V62.42 \quad \text{Ec. 10}$$

Dónde: W<sub>a</sub> = flujo (m<sup>3</sup>/min)  
V = volumen total (m<sup>3</sup>)

Flujo en kg/hr

$$W = W_a(73.596) \quad \text{Ec. 11}$$

### b) Área de orificio de la válvula de seguridad

$$A = \frac{W(1.342)}{CKP \sqrt{\frac{M}{T}}} \quad \text{Ec. 12}$$

Dónde:	A = área de orificio de válvula de seguridad	(cm <sup>2</sup> )
	P = (1.1)*presión diseño+1.033	(kg/cm <sup>2</sup> )
	C = constante del gas	
	T = temperatura de diseño	(°K)
	M = peso molecular del gas	
	K = coeficiente de descarga	
	W = flujo	(kg/hr)

### c) Diámetro del orificio

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

Ec. 13

Dónde:	D = diámetro del orificio	(cm)
	A = área del orificio	(cm <sup>2</sup> )

## 2.7 PLAN DE ACTIVIDADES

Actividad	Semana															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
RECONOCIMIENTO DEL ÁREA DE SERVICIOS AUXILIARES Y ELABORACIÓN DEL LISTADO DE RECIPIENTES SUJETOS A PRESIÓN Y GENERADORES DE VAPOR.																
RECABAR INFORMACION DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS																
REVISIÓN Y ANÁLISIS DE LAS ACTUALES MEMORIAS DE CÁLCULO Y ELABORACIÓN DE FORMATOS SUJETOS A LA NORMA 020 PARA LOS EQUIPOS QUE NO CUENTEN CON ELLO.																
CAPACITACIÓN A OPERADORES																
INTEGRACIÓN DE EXPEDIENTE DE CADA EQUIPO Y CONCLUSIÓN																

### 2.7.1 Descripción detallada de las actividades:

1. reconocimiento del uso y funcionamiento de cada recipiente sujeto a presión y elaborar los cálculos de presión de cada equipos para determinar la clasificación de la categoría.
2. recabar información de los formatos de registro de información de operación y mantenimiento de cada equipo de acuerdo a los manuales de operación y mantenimiento del fabricante de los equipos.
3. revisión de las memorias de cálculo de los recipientes que cuenten con ello así como también elaborar el expediente correspondiente de cada equipo que no contenta una memoria de cálculo además observar el funcionamiento de los dispositivos de seguridad, y elaborar reporte del mismo, para sugerir pruebas o cambios de dispositivos de seguridad según sea necesario de acuerdo a la norma 020.

4. llevar a cabo en conjunto con la empresa la capacitación al personal operador esto es eligiendo una empresa acreditada para tal fin.
  
5. integrar expedientes de cada equipo de acuerdo a la NOM 020 y elaborar conclusión.

## CAPITULO III DESARROLLO DEL PROYECTO

Como primera actividad se tiene el reconocimiento del área de servicios auxiliares así como también elaborar el listado de recipientes sujetos a presión y generadores de vapor.

### 3.1 RECONOCIMIENTO DEL ÁREA DE SERVICIOS AUXILIARES

El área de servicios auxiliares, es el lugar donde se encuentran instalados los compresores junto con los recipientes sujetos a presión; estos equipos son fundamentales para el proceso de producción de la planta. Dentro de la planta el área de servicios auxiliares se divide en tres partes estas son:

- Sección A
- Sección B
- Sección C

#### Sección A

En la sección A se encuentran instalados un equipo de refrigeración y un tanque de almacenamiento de CO<sub>2</sub> para la elaboración de refrescos.



*Imagen 3.1 tanque almacenador de CO<sub>2</sub> y compresor de refrigeración*

## Sección B

En esta sección se encuentran instalados la mayoría de los equipos sujetos a presión, todos ellos contienen aire comprimido a diferentes presiones.



Imagen 3.2. Equipos sujetos a presión en la sección B



En la sección C no se encuentra instalado ningún recipiente sujeto a presión, pero se cuenta con tres equipos más ubicados en el área de producción, estos son los presentados en la imagen 3.3



**Imagen 3.3. Equipos sujetos a presión en el área de producción**



### 3.2 LISTADO DE LOS RECIPIENTES SUJETOS A PRESIÓN

Para el listado de los equipos, se tiene como norma de referencia la NORMA Oficial Mexicana NOM-020-STPS-2011, Recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas - Funcionamiento - Condiciones de Seguridad.<sup>1</sup>, la cual nos pide que sea de la siguiente manera:

El listado de los equipos que se encuentren instalados en el centro de trabajo, deberán contener lo siguiente:

- a) El nombre genérico del equipo;
- b) El número de serie o único de identificación, la clave del equipo o número de TAG;
- c) La clasificación que corresponde a cada equipo, conforme al Capítulo 7 de esta Norma;
- d) El(los) fluido(s) manejado(s);
- e) La presión de calibración, en su caso;
- f) La capacidad volumétrica, en el caso de recipientes sujetos a presión y recipientes criogénicos;
- g) La capacidad térmica, en el caso de generadores de vapor o calderas;
- h) El área de ubicación del equipo;
- i) El número de dictamen o dictamen con reporte de servicios, emitido por una unidad de verificación, cuando se trate de los equipos clasificados en la Categoría III, y
- j) El número de control asignado por la Secretaría, a que se refiere el numeral 16.5 de la presente Norma, tratándose de los equipos clasificados en la Categoría III.

El listado de los equipos se integra en el **anexo 1**

### 3.3 INFORMACION DE TANQUE DE AIRE BELLIS ALTA PRESIÓN

Nombre genérico: tanque de aire Bellis alta presión

Año de fabricación: 1993

Código o norma de construcción aplicable: ASME SECC. VIII DIV. 1

**Tabla 3.1. Especificaciones de diseño dada por fabricante tanque de aire BELLIS alta presión**

<b>CARACTERISTICAS DE DISEÑO</b>		
CODIGO DE DISEÑO	CODIGO ASME SECCION VIII DIV.1	
TIPO DE CABEZAL	SEMIELIPTICAS	
FLUIDO DE OPERACIÓN	AIRE COMPRIMIDO	
PRESION DE DISEÑO	50.27	KG/CM2
PRESION DE OPERACIÓN	38.67	KG/CM2
PRESION MAXIMA PERMISIBLE	50.27	KG/CM2
PRESION DE PRUEBA HIDROSTATICA	55.41	KG/CM2
TEMPRATURA DE DISEÑO	176.7	°C
TEMPERATURA DE OPERACIÓN	30	°C
TOLERANCIA A LA CORROSION	0	
EFICIENCIA DE SOLDADURA	ENV.: 70 %	CAB.: 100 %
FACACIONCTOR DE SEGURIDAD	4	
CAPACIDAD	558 LITROS	
AÑO DE FABRICACION	1998	
DISPOSITIVO DE SEGURIDAD	1 VÁLVULA DE ALIVIO	

**Tabla 3.2. Especificaciones del material tanque de aire Bellis alta presión**

<b>PARTE</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>ESFUERZO MAX.PERMISIBLE</b>
TAPAS	SA-516-70	1,230.66 KG/CM2
ENVOLVENTE	SA-516-70	1,230.66 KG/CM2

➤ **Descripción breve de su operación**

El sistema maneja aire comprimido en condiciones especiales de temperatura y presión; el fluido se encuentra en estado gaseoso, no es toxico cuando se inhala sin embargo por ser un equipo presurizado los operadores del sistema deberán ser personas con capacitación específica y deberán saber manejar el equipo perfectamente, además de que los recipientes presurizados contienen almacenada gran cantidad de energía que al ser liberada bruscamente puede causar grandes daños al personal así como también a las instalaciones.

El sistema de aire comprimido está compuesto por un compresor reciproco estacionario, con inyección de aceite y accionados por un motor eléctrico, tomando aire del medio ambiente, haciéndolo pasar por 3 etapas de compresión y almacenándola en un recipiente presurizado, mandando este aire alta presión para el soplado de PET.

➤ **Riesgos relacionados con su operación**

El operador debe tener todas las precauciones de seguridad pertinentes, consideradas en el manual de operación.

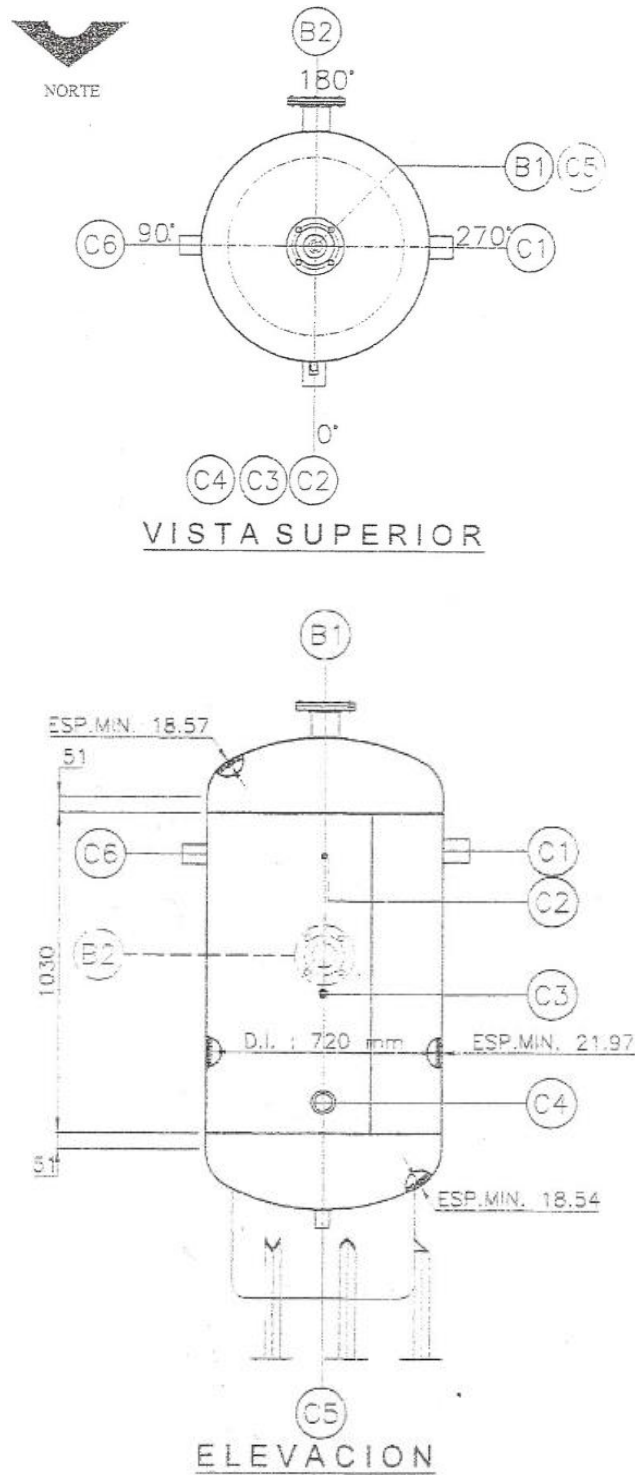
Se puede presentar riesgos de explosión por una sobrepresión en el tanque, esto puede ocurrir por fallas de los dispositivos de seguridad.

Se recomienda que antes de empezar el trabajo de cualquier tipo de mantenimiento, reparación o ajuste, pare el compresor, pulse el botón de parada de emergencia, desconecte el voltaje y despresurice el recipiente sujeto a presión.

➤ **Elementos de seguridad para el control de las principales variables de operación**

Para protección de sobre presión, se cuenta con una válvula de seguridad de 25.4 mm de diámetro con una presión de calibración de 50 kg/cm<sup>2</sup> y un área de descarga de 1.39 cm<sup>2</sup>; un presostato de seguridad que para la maquina cuando la presión de aceite asciende hasta un límite fijado.

### 3.3.1 DIBUJO TANQUE BELLIS



Distribuidora Gugar S.A de C.V. no autoriza que ninguna parte de esta obra pueda ser reproducida o transmitida, mediante ningún sistema o método, electrónico o mecánico

### 3.3.2 MEMORIA DE CÁLCULO TAPA SUPERIOR SEMIELIPTICA

#### a) Espesor mínimo requerido

$$t = \frac{PD}{2SE - 0.2P} + c \quad \text{Ec.1}$$

Dónde: D = diámetro interior = 72 cm  
P = presión de diseño =  $50.27 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$   
E = eficiencia = 1  
S = esfuerzo máximo permisible =  $1,230.66 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$   
C = corrosión = 0  
t = espesor mínimo requerido

$$t = \frac{(50.27)(72)}{2(1,230.66)(1) - 0.2(50.27)} + 0 = 1.4766 \text{ cm} = 14.766 \text{ mm}$$

Espesor encontrado por la empresa empleando una prueba no destructiva, a través del método de ultrasonido = 18.57 mm

#### b) Presión máxima permisible

$$P_{max} = \frac{2SEt}{D + 0.2t} \quad \text{Ec. 2}$$

Dónde: Pmax = presión máxima permisible  
D = diámetro interior = 72 cm  
E = eficiencia = 1  
S = esfuerzo máximo permisible =  $1,230.66 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$   
t = espesor corroído = 1.857 - 0 = 1.857 cm

$$P_{max} = \frac{2[(1,230.66)(1)(1.857)]}{(72) + 0.2(1.857)} = 63.15 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

#### c) Cálculo del área sujeta a presión

$$A = \left(\frac{\pi}{4}\right) D_c^2 \quad \text{Ec. 3}$$

$$D_c = 1.22D + 2CR + t \quad \text{Ec. 4}$$

Dónde: Dc = diámetro del plato  
D = diámetro interior=0.72 m  
CR = ceja recta=0.051 m  
t = espesor usado = 0.0186

$$D_c = 1.22(0.72) + 2(0.051) + 0.0186 = 0.9986 \text{ m}$$

$$A_1 = \left(\frac{\pi}{4}\right) (0.9986)^2 = 0.783 \text{ m}^2$$

#### d) Capacidad volumétrica

$$V = \frac{\pi}{24} D^3 + \frac{\pi}{4} D^2 CR \quad \text{Ec. 5}$$

Dónde: D = diámetro interior tapa = 0.72 m  
CR= ceja recta=0.051 m

$$V_1 = \frac{\pi}{24} (0.72)^3 + \frac{\pi}{4} (0.72)^2 (0.051) = 0.0695 \text{ m}^3$$

### 3.3.3 MEMORIA DE CÁLCULO ENVOLVENTE CILÍNDRICO

#### a) Espesor mínimo requerido

$$t = \frac{PR}{SE-0.6P} + C \quad \text{Ec. 6}$$

Dónde: P = presión de diseño =  $50.27 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$   
R = radio interior = 36 cm  
E = eficiencia=0.7  
S = esfuerzo máximo permisible= $1,230.66 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$   
C = corrosión=0  
t = espesor mínimo requerido

$$t = \frac{(50.27)(36)}{(1,230.66)(0.7)-0.6(50.27)} + 0 = 2.177 \text{ cm} = 21.77 \text{ mm}$$

Espesor encontrado por la empresa empleando una prueba no destructiva, a través del método de ultrasonido = 21.97 mm

## b) Presión máxima permisible

$$P_{max} = \frac{SEt}{R+0.6t} \quad \text{Ec. 7}$$

Dónde: Pmax = presión máxima permisible  
 R = radio interior = 36 cm  
 E = eficiencia=0.7  
 S = esfuerzo máximo permisible = 1,230.66  $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$   
 t = espesor corroído=2.197-0=2.197cm

$$P_{max} = \frac{(1,230.66)(0.7)(2.197)}{(36) + 0.6(2.197)} = 50.72 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

## c) Cálculo del área sujeta a presión

$$A = \pi DL \quad \text{Ec.8}$$

Dónde: D = diámetro interior = 0.72 m  
 L = long. Sold.-sold = 1.03 m

$$A = (\pi)(0.72)(1.03)$$

$$A_2 = 2.33 \text{ m}^2$$

## d) Capacidad volumétrica

$$V = \left(\frac{\pi}{4}\right)D^2L \quad \text{Ec. 9}$$

Dónde: D = diámetro interior = 0.72 m  
 L = Long. Sold.-sold = 1.03 m

$$V_2 = \left(\frac{\pi}{4}\right)(0.72)^2(1.03)$$

$$V_2 = 0.4194 \text{ m}^3$$

### 3.3.4 MEMORIA DE CÁLCULO TAPA INFERIOR SEMIELIPTICA

#### a) Espesor mínimo requerido

$$t = \frac{PD}{2SE-0.2P} + C \quad \text{Ec. 1}$$

Dónde: P = presión de diseño =  $50.27 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$   
 D = diámetro interior = 72 cm  
 E = eficiencia = 1  
 S = esfuerzo máximo permisible =  $1,230.66 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$   
 C = corrosión = 0  
 t = espesor mínimo requerido

$$t = \frac{(50.27)(72)}{2(1,230.66)(1) - 0.2(50.27)} + 0 = 1.4766 \text{ cm} = 14.766 \text{ mm}$$

Espesor encontrado por la empresa empleando una prueba no destructiva, a través del método de ultrasonido = 18.54 mm

#### b) Presión máxima permisible

$$P_{max} = \frac{2SEt}{D+0.2t} \quad \text{Ec. 2}$$

Dónde: Pmax = presión máxima permisible  
 D = diámetro interior = 72 cm  
 E = eficiencia = 1  
 S = esfuerzo máximo permisible =  $1,230.66 \frac{\text{KG}}{\text{CM}^2}$   
 t = espesor corroído = 1.854 - 0 = 1.854 cm

$$P_{max} = \frac{2[(1,230.66)(1)(1.854)]}{(72) + 0.2(1.854)} = 63.05 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

#### c) Cálculo del área sujeta a presión

$$A = \left(\frac{\pi}{4}\right) D_c^2 \quad \text{Ec. 3}$$

$$D_c = 1.22D + 2CR + t \quad \text{Ec. 4}$$

Dónde: Dc = diámetro del plato

Distribuidora Gugar S.A de C.V. no autoriza que ninguna parte de esta obra pueda ser reproducida o transmitida, mediante ningún sistema o método, electrónico o mecánico



D = diámetro interior=0.72 m

CR = ceja recta=0.051 m

t = espesor usado = 0.0186

$$D_c = 1.22(0.72) + 2(0.051) + 0.0185 = 0.9985 \text{ m}$$

$$A_3 = \left(\frac{\pi}{4}\right) (0.9985)^2 = 0.783 \text{ m}^2$$

#### d) Capacidad volumétrica

$$V = \frac{\pi}{24} D^3 + \frac{\pi}{4} D^2 CR \quad \text{Ec. 5}$$

Dónde: D = diámetro interior tapa = 0.72 m  
CR = ceja recta=0.051 m

$$V_3 = \frac{\pi}{24} (0.72)^3 + \frac{\pi}{4} (0.72)^2 (0.051) = 0.0695 \text{ m}^3$$

#### Capacidad volumétrica total

$$V_{TOTAL} = V_1 + V_2 + V_3$$

$$V_{TOTAL} = (0.07) + (0.419) + (0.07) = 0.558 \text{ m}^3 = 558 \text{ litros}$$

#### Área sujeta a presión total

$$A_{TOTAL} = A_1 + A_2 + A_3$$

$$A_{TOTAL} = 0.783 + 2.33 + 0.783 = 3.896 \text{ m}^2$$

### 3.3.5 MEMORIA DE CÁLCULO DE VÁLVULA DE SEGURIDAD

#### a) Flujo de la válvula de seguridad

$$W_a = 0.029 V_{TOTAL} 62.42 \quad \text{Ec. 10}$$

$$W_a = (0.029)(0.558)(62.42) = 1.01 \text{ m}^3/\text{min}$$

Distribuidora Gugar S.A de C.V. no autoriza que ninguna parte de esta obra pueda ser reproducida o transmitida, mediante ningún sistema o método, electrónico o mecánico

Flujo en kg/hr

$$W = W_a(73.596) \quad \text{Ec. 11}$$

$$W = (1.01)(73.596) = 74.39 \text{ kg/hr}$$

### b) Área del orificio de la válvula de seguridad

$$A = \frac{W(1.342)}{CKP\sqrt{\frac{M}{T}}} \quad \text{Ec. 12}$$

Donde:

- A = área de orificio de válvula de seguridad
- D = diámetro del orificio
- V = volumen total=0.558 m<sup>3</sup>
- P = (1.1)\*presión diseño+1.033=55.18 kg/cm<sup>2</sup>
- C = constante del gas = 356
- T = 176.6 °C = 449.7 °K
- M = peso molecular del gas=28.97
- K= coeficiente de descarga =0.975
- W = flujo

$$A = \frac{74.39(1.342)}{356(0.975)(55.18)\left(\sqrt{\frac{28.97}{449.7}}\right)}$$

$$A = 0.021 \text{ cm}^2$$

### c) Diámetro del orificio

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \quad \text{Ec. 13}$$

$$D = \sqrt{\frac{4(0.021)}{\pi}} = 0.162 \text{ cm} = 1.62 \text{ mm}$$

### **3.3.6 ANALISIS DE MEMORIA DE CALCULO**

Despues de haber revisado la memoria de calculo se llevo a lo siguiente:

#### **Tapa superior**

1. Para el espesor se encontro en el punto 3.3.2 seccion a), que cumple con el valor minimo requerido que rige la norma, esto se pudo comprobar mediante una prueba no destructiva que realizo la empresa.
2. En el punto 3.3.2 seccion b), se considero para el calculo de la presion maxima el espesor minimo encontrado por ultrasonido, esto es para encontrar un valor real de presion maxima, tal como lo establece la NOM 020, encontrando un valor de presion maxima de trabajo de 63.15 kg/cm<sup>2</sup>, sin embargo no se tomara este valor ya que se encontro un valor menor.

#### **Envolvente cilindrico**

1. Para el espesor se encontro en el punto 3.3.3 seccion a), que cumple con el valor minimo requerido que rige la norma, esto se pudo comprobar mediante una prueba no destructiva que realizo la empresa.
2. En el punto 3.3.3 seccion b), se considero para el calculo de la presion maxima el espesor minimo encontrado por ultrasonido, esto es para encontrar un valor real de presion maxima, tal como lo establece la NOM 020, encontrando un valor de presion maxima de trabajo de 50.72 kg/cm<sup>2</sup>, sin embargo se tomara el valor dado por el fabricante de 50.27 kg/cm<sup>2</sup>, se usara este valor de presion por que es el menor de todos los encontrados.

#### **Tapa inferior**

1. Para el espesor se encontro en el punto 3.3.4 seccion a), que cumple con el valor minimo requerido que rige la norma, esto se pudo comprobar mediante una prueba no destructiva que realizo la empresa.
2. En el punto 3.3.4 seccion b), se considero para el calculo de la presion maxima el espesor minimo encontrado por ultrasonido, esto es para encontrar un valor real de presion maxima, tal como lo establece la NOM

020, encontrando un valor de presión máxima de trabajo de 63.05 kg/cm<sup>2</sup>, sin embargo no se tomara este valor ya que se encontró un valor menor.

### Valvula de seguridad

1. Para la valvula de seguridad se tiene calculado un diámetro mínimo de 1.62 mm; el equipo cuenta con una valvula instalada de 25.4 mm garantizando de esta manera protección por peligro de sobrepresión.

### 3.4 INFORMACION DE TANQUE DE BAJA PRESIÓN RICSA

Nombre genérico: tanque de baja presión Ricsa

Año de fabricación: 2003

Código o norma de construcción aplicable: ASME SECCION VIII DIV.1

**Tabla 3.4.1 especificaciones de diseño dada por fabricante del tanque acumulador de aire Ricsa**

CARACTERISTICAS DE DISEÑO		
CODIGO DE DISEÑO	CODIGO ASME SECCION VIII DIV.1	
TIPO DE CABEZAL	SEMIELIPTICAS	
FLUIDO DE OPERACIÓN	AIRE COMPRIMIDO	
PRESION DE DISEÑO	10.5	KG/CM2
PRESION DE OPERACIÓN	7.03	KG/CM2
PRESION MAXIMA PERMISIBLE	10.5	KG/CM2
PRESION DE PRUEBA HIDROSTATICA	13.65	KG/CM2
TEMPRATURA DE DISEÑO	93	°C
TEMPERATURA DE OPERACIÓN	30	°C
TOLERANCIA A LA CORROSION	0	
EFICIENCIA DE SOLDADURA	ENV.: 70 %	CAB.: 100 %
FACACIONCTOR DE SEGURIDAD	3.5	
CAPACIDAD	1,598 LITROS	
AÑO DE FABRICACION	2003	
DISPOSITIVO DE SEGURIDAD	1 VALVULA DE ALIVIO	

**Tabla 3.4.2 Especificaciones del material tanque de aire Ricsa alta presión**

<b>PARTE</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>ESFUERZO MAX.PERM</b>
TAPAS	SA-285-C	1,104.08 KG/CM2
ENVOLVENTE	SA-285-C	1,104.08 KG/CM2

➤ **Descripción breve de su operación**

El sistema maneja aire comprimido en condiciones especiales de temperatura y presión; el fluido se encuentra en estado gaseoso, no es tóxico cuando se inhala sin embargo por ser un equipo presurizado los operadores del sistema deberán ser personas con capacitación específica y deberán saber manejar el equipo perfectamente.

El sistema de aire comprimido está compuesto por un compresor estacionario con inyección de aceite y accionados por un motor eléctrico, tomando aire del medio ambiente, haciéndolo pasar por un filtro y almacenándola en un recipiente presurizado.

➤ **Riesgos relacionados con su operación**

El operador debe tener todas las precauciones de seguridad pertinentes, consideradas en el manual de operación.

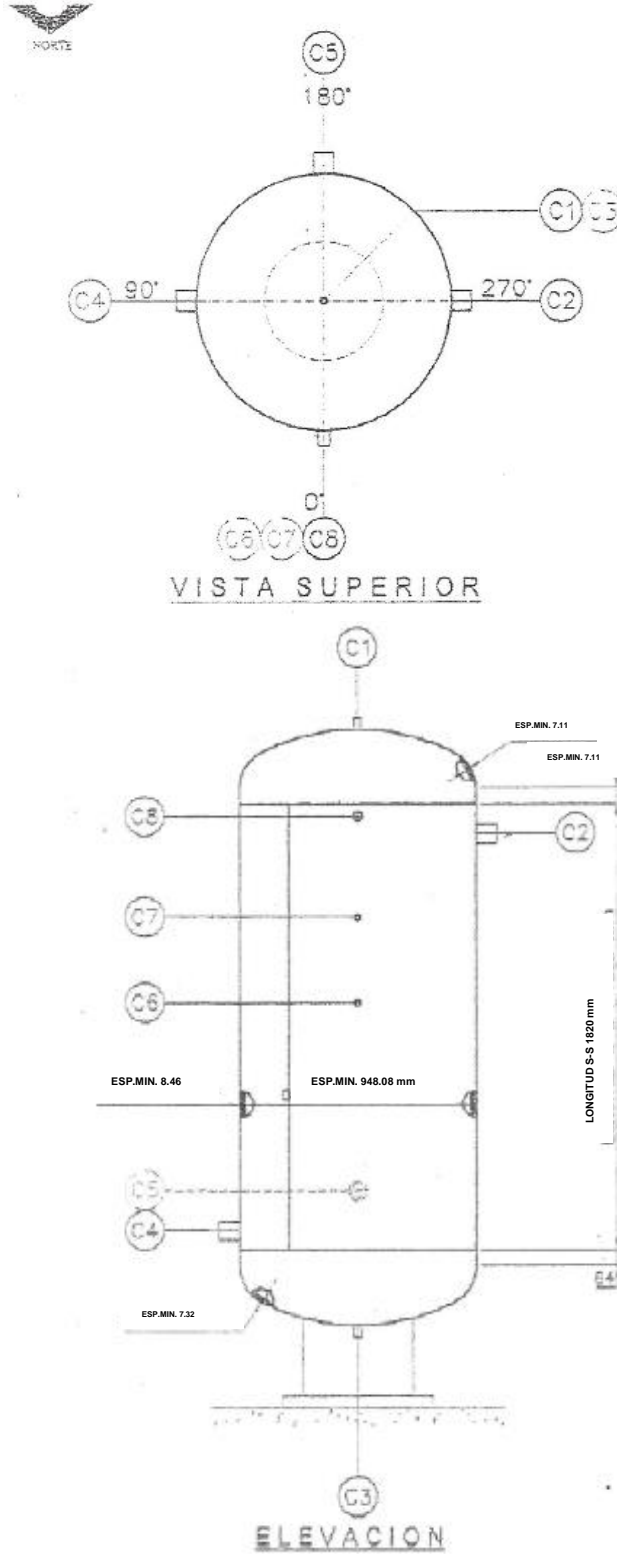
Se puede presentar riesgos de explosión por una sobrepresión en el tanque, esto puede ocurrir por fallas de los dispositivos de seguridad.

Se recomienda que antes de empezar el trabajo de mantenimiento, reparación o ajuste, pare el compresor, pulse el botón de parada de emergencia, desconecte el voltaje y despresurice el compresor.

➤ **Elementos de seguridad para el control de las principales variables de operación**

Para protección de sobre presión, se cuenta con una válvula de seguridad 25.4mm con una presión de calibración de 10.50 kg/cm<sup>2</sup> y una capacidad de desfogue de 967 kg/hrs, además de un manómetro indicador.

### 3.4.1 DIBUJO TANQUE RICSA



Distribuidora Gugar S.A de C.V. no autoriza que ninguna parte de esta obra pueda ser reproducida o transmitida, mediante ningún sistema o método, electrónico o mecánico

### 3.4.2 MEMORIA DE CÁLCULO TAPA SUPERIOR SEMIELIPTICA

#### a) Espesor mínimo requerido

$$t = \frac{PD}{2SE-0.2P} + C \quad \text{Ec. 1}$$

Dónde: P = presión de diseño =  $10.5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$   
D = diámetro interior = 94.81 cm  
E = eficiencia = 1  
S = esfuerzo máximo permisible =  $1,104.08 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$   
C = corrosión = 0  
t = espesor mínimo requerido

$$t = \frac{(10.5)(94.81)}{2(1,104.08)(1) - 0.2(10.5)} + 0 = 0.4512 \text{ cm} = 4.512 \text{ mm}$$

Espesor encontrado por la empresa empleando una prueba no destructiva, a través del método de ultrasonido = 7.11 mm

#### b) Presión máxima permisible

$$P_{max} = \frac{2SEt}{D+0.2t} \quad \text{Ec. 2}$$

Dónde: Pmax = presión máxima permisible  
D = diámetro interior = 94.81 cm  
E = eficiencia = 1  
S = esfuerzo máximo permisible =  $1,104.08 \frac{\text{KG}}{\text{CM}^2}$   
t = espesor corroído =  $0.71 - 0 = 0.711 \text{ cm}$

$$P_{max} = \frac{2[(1,104.08)(1)(0.711)]}{(94.81) + 0.2(0.711)} = 16.54 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

#### c) Cálculo del área sujeta a presión

$$A = \left(\frac{\pi}{4}\right) D_c^2 \quad \text{Ec. 3}$$

$$D_c = 1.22D + 2CR + t \quad \text{Ec. 4}$$

Dónde: Dc = diámetro del plato  
D = diámetro interior=0.9481 m  
CR = ceja recta=0.064 m  
t = espesor usado = 0.0071

$$D_c = 1.22(0.9481) + 2(0.064) + 0.0071 = 1.2908 \text{ m}$$

$$A_1 = \left(\frac{\pi}{4}\right) (1.2908)^2 = 1.309 \text{ m}^2$$

#### d) Capacidad volumétrica

$$V = \frac{\pi}{24} D^3 + \frac{\pi}{4} D^2 CR \quad \text{Ec. 5}$$

Dónde: D = diámetro interior tapa=0.9481 m  
CR=ceja recta=0.064 m

$$V_1 = \frac{\pi}{24} (0.9481)^3 + \frac{\pi}{4} (0.9481)^2 (0.064) = 0.1564 \text{ m}^3$$

### 3.4.3 MEMORIA DE CÁLCULO ENVOLVENTE CILÍNDRICO

#### a) Espesor mínimo requerido

$$t = \frac{PR}{SE-0.6P} + C \quad \text{Ec. 6}$$

donde: P= presión de diseño =  $10.5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$   
R = radio interior = 47.4 cm  
E = eficiencia=0.7  
S = esfuerzo máximo permisible= $1,104.08 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$   
C = corrosión=0  
t = espesor mínimo requerido

$$t = \frac{(10.5)(47.4)}{(1,104.08)(0.7)-0.6(10.5)} + 0 = 0.6493 \text{ cm} = 6.493 \text{ mm}$$

Espesor encontrado por la empresa empleando una prueba no destructiva, a través del método de ultrasonido = 8.46 mm



### b) Presión máxima permisible

$$P_{max} = \frac{SEt}{R+0.6t} \quad \text{Ec. 7}$$

Dónde: Pmax = presión máxima permisible  
 R = radio interior = 47.4 cm  
 E = eficiencia=0.7  
 S = esfuerzo máximo permisible=1,104.08  $\frac{KG}{CM^2}$   
 t = espesor corroído=0.846-0=0.846 cm

$$P_{max} = \frac{(1,104.08)(0.7)(0.846)}{(47.4) + 0.6(0.846)} = 13.65 \frac{kg}{cm^2}$$

### c) Cálculo del área sujeta a presión

$$A = \pi DL \quad \text{Ec. 8}$$

Dónde: D= diámetro interior tapa =0.9481 m  
 L= long. Sold.-sold=1.82 m

$$A = (\pi)(0.9481)(1.82)$$

$$A_2 = 5.421 m^2$$

### d) Capacidad volumétrica

$$V = \left(\frac{\pi}{4}\right)D^2L \quad \text{Ec. 9}$$

Dónde: D = diámetro interior tapa =0.9481 m  
 L= long. Sold.-sold=1.82 m

$$V_2 = \left(\frac{\pi}{4}\right)(0.9481)^2(1.82)$$

$$V_2 = 1.2848 m^3$$

### 3.4.4 MEMORIA DE CÁLCULO TAPA INFERIOR SEMIELIPTICA

#### a) Espesor mínimo requerido

$$t = \frac{PD}{2SE-0.2P} + C \quad \text{Ec. 1}$$

Dónde: P = presión de diseño =  $10.5 \frac{KG}{CM^2}$   
D = diámetro interior = 94.81 cm  
E = eficiencia = 1  
S = esfuerzo máximo permisible =  $1,104.08 \frac{KG}{CM^2}$   
C = corrosión = 0  
t = espesor mínimo requerido

$$t = \frac{(10.5)(94.81)}{2(1,104.08)(1) - 0.2(10.5)} + 0 = 0.4512 \text{ cm} = 4.512 \text{ mm}$$

Espesor encontrado por la empresa empleando una prueba no destructiva, a través del método de ultrasonido = 7.32 mm

#### b) Presión máxima permisible

$$P_{max} = \frac{2SEt}{D+0.2t} \quad \text{Ec. 2}$$

Dónde: Pmax = presión máxima permisible  
D = diámetro interior = 94.81 cm  
E = eficiencia = 1  
S = esfuerzo máximo permisible =  $1,104.08 \frac{KG}{CM^2}$   
t = espesor corroído = 0.732 - 0 = 0.732 cm

$$P_{max} = \frac{2[(1,104.08)(1)(0.732)]}{(94.81) + 0.2(0.732)} = 17.02 \frac{kg}{cm^2}$$

#### c) Cálculo del área sujeta a presión

$$A = \left(\frac{\pi}{4}\right) D_c^2 \quad \text{Ec. 3}$$

$$D_c = 1.22D + 2CR + t \quad \text{Ec. 4}$$

Dónde: Dc = diámetro del plato  
D = diámetro interior = 0.9481 m  
CR = ceja recta = 0.064 m  
t = espesor usado = 0.0073 m

Distribuidora Gugar S.A de C.V. no autoriza que ninguna parte de esta obra pueda ser reproducida o transmitida, mediante ningún sistema o método, electrónico o mecánico

$$D_c = 1.22(0.9481) + 2(0.064) + 0.0073 = 1.291m$$

$$A_3 = \left(\frac{\pi}{4}\right) (1.293)^2 = 1.309 \text{ m}^2$$

#### d) Capacidad volumétrica

$$V = \frac{\pi}{24} D^3 + \frac{\pi}{4} D^2 CR \quad \text{Ec. 5}$$

Dónde: D = diámetro interior tapa=0.9481 m  
CR= ceja recta=0.064 m

$$V_3 = \frac{\pi}{24} (0.9481)^3 + \frac{\pi}{4} (0.9481)^2 (0.064) = 0.1564 \text{ m}^3$$

#### Capacidad volumétrica total

$$V_{TOTAL} = V_1 + V_2 + V_3$$

$$V_{TOTAL} = (0.156) + (1.285) + (0.156) = 1.598 \text{ m}^3 = 1598 \text{ litros}$$

#### Área sujeta a presión total

$$A_{TOTAL} = A_1 + A_2 + A_3$$

$$A_{TOTAL} = 1.309 + 5.421 + 1.309 = 8.038 \text{ m}^2$$

### 3.4.5 MEMORIA DE CÁLCULO DE VÁLVULA DE SEGURIDAD

#### a) Flujo de la válvula de seguridad

$$W_a = 0.029 V_{TOTAL} 62.42 \quad \text{Ec. 10}$$

$$W_a = (0.029)(1.598)(62.42) = 2.89 \text{ m}^3/\text{min}$$

Flujo en kg/hr

$$W = W_a(73.596) \quad \text{Ec. 11}$$

$$W = (2.89)(73.596) = 213.03 \text{ kg/hr}$$

### b) Área del orificio de la válvula de seguridad

$$A = \frac{W(1.342)}{CKP\sqrt{\frac{M}{T}}} \quad \text{Ec. 12}$$

Dónde

- A = área de orificio de válvula de seguridad
- D = diámetro del orificio
- V = volumen total=1.598 m<sup>3</sup>
- P = (1.1)\*presión diseño+1.033=12.58 kg/cm<sup>2</sup>
- C = constante del gas = 356
- T = 93.3 °C = 366.3 °K
- M = peso molecular del gas=28.97
- K= coeficiente de descarga =0.975
- W = flujo

$$A = \frac{213.03(1.342)}{356(0.975)(12.58)\left(\sqrt{\frac{28.97}{366.3}}\right)}$$

$$A = 0.233 \text{ cm}^2$$

### c) Diámetro del orificio de la válvula de seguridad

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \quad \text{Ec. 13}$$

$$D = \sqrt{\frac{4(0.233)}{\pi}} = 0.544 \text{ cm} = 5.44 \text{ mm}$$

### **3.4.6 ANÁLISIS DE MEMORIA DE CÁLCULO**

Después de haber revisado la memoria de cálculo se llegó a lo siguiente:

#### **Tapa superior**

1. Para el espesor se encontró en el punto 3.4.2 sección a), que cumple con el valor mínimo requerido que rige la norma, esto se pudo comprobar mediante una prueba no destructiva que realizó la empresa.
2. En el punto 3.4.2 sección b), se consideró para el cálculo de la presión máxima el espesor mínimo encontrado por ultrasonido, esto es para encontrar un valor real de presión máxima, tal como lo establece la NOM 020, encontrando un valor de presión máxima de trabajo de 16.54 kg/cm<sup>2</sup>, sin embargo no se tomara este valor ya que se encontró un valor menor.

#### **Envolvente cilíndrico**

1. Para el espesor se encontró en el punto 3.4.3 sección a), que cumple con el valor mínimo requerido que rige la norma, esto se pudo comprobar mediante una prueba no destructiva que realizó la empresa.
2. En el punto 3.4.3 sección b), se consideró para el cálculo de la presión máxima el espesor mínimo encontrado por ultrasonido, esto es para encontrar un valor real de presión máxima, tal como lo establece la NOM 020, encontrando un valor de presión máxima de trabajo de 13.65 kg/cm<sup>2</sup>, sin embargo se tomara el valor dado por el fabricante de 10.5 kg/cm<sup>2</sup>, se usara este valor de presión por que es el menor de todos los encontrados.

#### **Tapa inferior**

1. Para el espesor se encontró en el punto 3.4.4 sección a), que cumple con el valor mínimo requerido que rige la norma, esto se pudo comprobar mediante una prueba no destructiva que realizó la empresa.
2. En el punto 3.4.4 sección b), se consideró para el cálculo de la presión máxima el espesor mínimo encontrado por ultrasonido, esto es para encontrar un valor real de presión máxima, tal como lo establece la NOM 020, encontrando un valor de presión máxima de trabajo de 17.02 kg/cm<sup>2</sup>, sin embargo no se tomara este valor ya que se encontró un valor menor.

## Valvula de seguridad

1. Para la valvula de seguridad se tiene calculado un diametro minimo de 5.44 mm; el equipo cuenta con una valvula instalada de 25.4 mm garantizando de esta manera proteccion por peligro de sobrepresion.

### 3.5 INFORMACION DE TANQUE DE AIRE ABC ALTA PRESIÓN

Nombre genérico: tanque de aire ABC alta presión

Año de fabricación: 1993

Código de diseño: código ASME sección VIII div.1

**Tabla 3.5.1 especificaciones de diseño dada por fabricante de tanque de aire ABC alta**

CARACTERISTICAS DE DISEÑO		
CODIGO DE DISEÑO	CODIGO ASME SECCION VIII DIV.1	
TIPO DE CABEZAL	SEMIELIPTICAS	
FLUIDO DE OPERACIÓN	AIRE COMPRIMIDO	
PRESION DE DISEÑO	45.00	KG/CM2
PRESION DE OPERACIÓN	40.00	KG/CM2
PRESION MAXIMA PERMISIBLE	45.00	KG/CM2
PRESION DE PRUEBA HIDROSTATICA	57.50	KG/CM2
TEMPRATURA DE DISEÑO	60	°C
TEMPERATURA DE OPERACIÓN	30	°C
TOLERANCIA A LA CORROSION	0	
EFICIENCIA DE SOLDADURA	ENV.: 85 %	CAB.: 100 %
FACACIONCTOR DE SEGURIDAD	4	
CAPACIDAD	1,431 LITROS	
AÑO DE FABRICACION	1993	
DISPOSITIVO DE SEGURIDAD	1 VALVULA DE ALIVIO	

**Tabla 3.5.2 especificaciones del material tanque de aire ABC alta presión**

PARTE	MATERIAL	ESFUERZO MAX.PERM.
TAPAS	SA-564-630	1,968.4 KG/CM2
ENVOLVENTE	SA-564-630	1,968.4 KG/CM2

Distribuidora Gugar S.A de C.V. no autoriza que ninguna parte de esta obra pueda ser reproducida o transmitida, mediante ningún sistema o método, electrónico o mecánico

➤ **Descripción breve de su operación**

El sistema maneja aire comprimido en condiciones especiales de temperatura y presión; el fluido se encuentra en estado gaseoso, no es tóxico cuando se inhala sin embargo por ser un equipo presurizado los operadores del sistema deberán ser personas con capacitación específica y deberán saber manejar el equipo perfectamente, además de que los recipientes presurizados contienen almacenada gran cantidad de energía que al ser liberada bruscamente puede causar grandes daños al personal así como también a las instalaciones.

El sistema de aire comprimido está compuesto por un compresor estacionario de tornillo, con inyección de aceite y accionados por un motor eléctrico, tomando aire del medio ambiente, haciéndolo pasar por un filtro y almacenándola en un recipiente presurizado. El operador debe conocer los procedimientos de encendido y la operación del recipiente.

➤ **Riesgos relacionados con su operación**

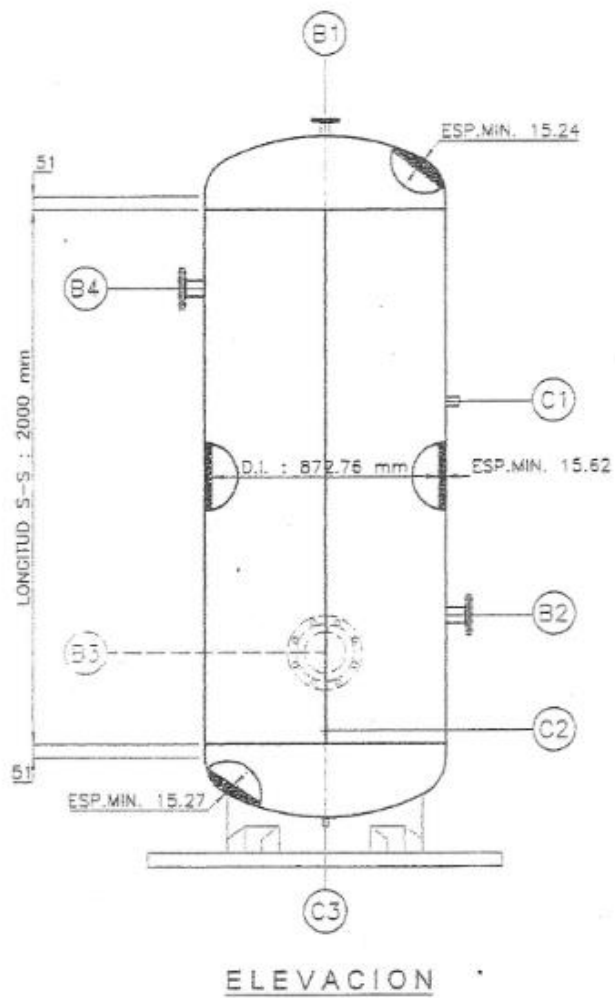
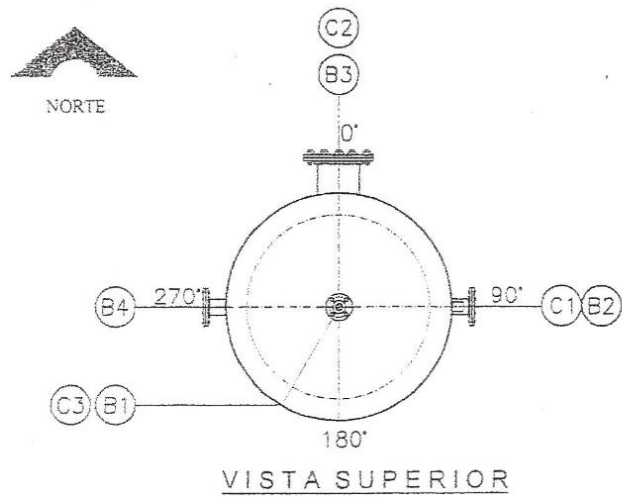
El operador debe tener todas las precauciones de seguridad pertinentes, consideradas en el manual de operación.

Se puede presentar riesgos de explosión por una sobrepresión en el tanque, esto puede ocurrir por fallas de los dispositivos de seguridad; se recomienda que antes de empezar el trabajo de cualquier tipo de mantenimiento, reparación o ajuste, pare el compresor, pulse el botón de parada de emergencia, desconecte el voltaje y despresurice el compresor

➤ **Elementos de seguridad para el control de las principales variables de operación**

Para protección de sobre presión, se cuenta con una válvula de seguridad 25.4 mm de diámetro con una presión de calibración de 45 kg/cm<sup>2</sup> y una capacidad de desfogue de 15,000 kg/hrs, además de un manómetro indicador.

### 3.5.1 DIBUJO TANQUE DE ALMACENAMIENTO ABC



Distribuidora Gugar S.A de C.V. no autoriza que ninguna parte de esta obra pueda ser reproducida o transmitida, mediante ningún sistema o método, electrónico o mecánico



### 3.5.2 MEMORIA DE CÁLCULO TAPA SUPERIOR SEMIELIPTICA

#### a) Espesor mínimo requerido

$$t = \frac{PD}{2SE-0.2P} + C \quad \text{Ec. 1}$$

Dónde: P = presión de diseño =  $45 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$   
D = diámetro interior = 87.28 cm  
E = eficiencia=1  
S = esfuerzo máximo permisible= $1,968.4 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$   
C = corrosión=0  
t = espesor mínimo requerido

$$t = \frac{(45)(87.28)}{2(1,968.4)(1) - 0.2(45)} + 0 = 0.9999 \text{ cm} = 9.999 \text{ mm}$$

Espesor encontrado por la empresa empleando una prueba no destructiva, a través del método de ultrasonido = 15.24 mm

#### b) Presión máxima permisible

$$P_{max} = \frac{2SEt}{D+0.2t} \quad \text{Ec.2}$$

Dónde: Pmax=presión máxima permisible  
D = diámetro interior =87.28 cm  
E = eficiencia=1  
S = esfuerzo máximo permisible= $1,968.4 \frac{\text{KG}}{\text{CM}^2}$   
t = espesor corroído= $1.524 - 0=1.524$  cm

$$P_{max} = \frac{2[(1,968.4)(1)(1.524)]}{(87.28) + 0.2(1.524)} = 68.5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

#### c) Cálculo del área sujeta a presión

$$A = \left(\frac{\pi}{4}\right)D_c^2 \quad \text{Ec. 3}$$

$$D_c = 1.22D + 2CR + t \quad \text{Ec. 4}$$

Dónde: Dc = diámetro del plato  
D = diámetro interior=0.8728 m  
CR= ceja recta=0.051 m  
t = espesor usado = 0.0152

$$D_c = 1.22(0.8728) + 2(0.051) + 0.0152 = 1.1816 \text{ m}$$

$$A_1 = \left(\frac{\pi}{4}\right) (1.1816)^2 = 1.097 \text{ m}^2$$

#### d) Capacidad volumétrica

$$V = \frac{\pi}{24} D^3 + \frac{\pi}{4} D^2 CR \quad \text{Ec. 5}$$

Dónde: D = diámetro interior tapa = 0.8728 m  
CR= ceja recta=0.051 m

$$V1 = \frac{\pi}{24} (0.8728)^3 + \frac{\pi}{4} (0.8728)^2 (0.051) = 0.1174 \text{ m}^3$$

### 3.5.3 MEMORIA DE CÁLCULO ENVOLVENTE CILÍNDRICO

#### a) Espesor mínimo requerido

$$t = \frac{PR}{SE-0.6P} + C \quad \text{Ec. 6}$$

Dónde: P = presión de diseño =  $45 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$   
R = radio interior = 43.64 cm  
E = eficiencia=0.85  
S = esfuerzo máximo permisible= $1,968.4 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$   
C = corrosión=0  
t = espesor mínimo requerido

$$t = \frac{(45)(43.64)}{(1,968.4)(0.85)-0.6(45)} + 0 = 1.1929 \text{ cm} = 11.929 \text{ mm}$$

Espesor encontrado por la empresa empleando una prueba no destructiva, a través del método de ultrasonido = 15.62 mm

### b) Presión máxima permisible

$$P_{max} = \frac{SEt}{R+0.6t} \quad \text{Ec. 7}$$

Dónde: Pmax=presión máxima permisible  
 R = radio interior = 43.64 cm  
 E = eficiencia=0.85  
 S = esfuerzo máximo permisible=1,968.4  $\frac{kg}{cm^2}$   
 t = espesor corroído=1.562-0=1.562 cm

$$P_{max} = \frac{(1,968.4)(0.85)(1.562)}{(43.64) + 0.6(1.562)} = 58.63 \frac{kg}{cm^2}$$

### c) Cálculo del área sujeta a presión

$$A = \pi DL \quad \text{Ec. 8}$$

Dónde: D=diámetro interior = 0.8728 m  
 L= long. Sold.-sold= 2 m

$$A = (\pi)(0.8728)(2)$$

$$A_2 = 5.484 m^2$$

### d) Capacidad volumétrica

$$V = \left(\frac{\pi}{4}\right)D^2L \quad \text{Ec. 9}$$

Dónde: D=diámetro interior=0.8728 m  
 L= Long. Sold.-sold= 2 m

$$V_2 = \left(\frac{\pi}{4}\right)(0.8728)^2(2)$$

$$V_2 = 1.1965 m^3$$

### 3.5.4 MEMORIA DE CÁLCULO TAPA INFERIOR SEMIELIPTICA

#### a) Espesor mínimo requerido

$$t = \frac{PD}{2SE-0.2P} + C \quad \text{Ec. 1}$$

Dónde: P = presión de diseño =  $45 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$   
D = diámetro interior = 87.28 cm  
E = eficiencia = 1  
S = esfuerzo máximo permisible =  $1,968.4 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$   
C = corrosión = 0  
t = espesor mínimo requerido

$$t = \frac{(45)(87.28)}{2(1,968.4)(1) - 0.2(45)} + 0 = 0.9999 \text{ cm} = 9.999 \text{ mm}$$

Espesor encontrado por la empresa empleando una prueba no destructiva, a través del método de ultrasonido = 15.24 mm

#### b) Presión máxima permisible

$$P_{max} = \frac{2SEt}{D+0.2t} \quad \text{Ec. 2}$$

Dónde: Pmax = presión máxima permisible  
D = diámetro interior = 87.28 cm  
E = eficiencia = 1  
S = esfuerzo máximo permisible =  $1,968.4 \frac{\text{KG}}{\text{CM}^2}$   
t = espesor corroído = 1.527 - 0 = 1.527 cm

$$P_{max} = \frac{2[(1,968.4)(1)(1.527)]}{(87.28) + 0.2(1.527)} = 68.64 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

#### c) Cálculo del área sujeta a presión

$$A = \left(\frac{\pi}{4}\right) D_c^2 \quad \text{Ec. 3}$$

$$D_c = 1.22D + 2CR + t \quad \text{Ec. 4}$$

Dónde:  $D_c$  = diámetro del plato  
 $D$  = diámetro interior=0.8728 m  
 $CR$ = ceja recta=0.051 m  
 $t$  = espesor usado = 0.0153

$$D_c = 1.22(0.8728) + 2(0.051) + 0.0153 = 1.1816 \text{ m}$$

$$A_3 = \left(\frac{\pi}{4}\right) (1.1816)^2 = 1.097 \text{ m}^2$$

#### d) Capacidad volumétrica

$$V = \frac{\pi}{24} D^3 + \frac{\pi}{4} D^2 CR \quad \text{Ec. 5}$$

Dónde:  $D$  = diámetro interior tapa = 0.8728 m  
 $CR$  = ceja recta=0.051 m

$$V_3 = \frac{\pi}{24} (0.8728)^3 + \frac{\pi}{4} (0.8728)^2 (0.051) = 0.1174 \text{ m}^3$$

#### Capacidad volumétrica total

$$V_{TOTAL} = V_1 + V_2 + V_3$$

$$V_{TOTAL} = (0.117) + (1.196) + (0.117) = 1.431 \text{ m}^3 = 1431 \text{ litros}$$

#### Área sujeta a presión total

$$A_{TOTAL} = A_1 + A_2 + A_3$$

$$A_{TOTAL} = 1.097 + 5.484 + 1.097 = 7.677 \text{ m}^2$$

### 3.5.5 VÁLVULA DE SEGURIDAD

#### a) Flujo de la válvula de seguridad

$$W_a = 0.029V_{TOTAL}62.42 \quad \text{Ec. 10}$$

$$W_a = (0.029)(1.431)(62.42) = 2.59 \text{ m}^3/\text{min}$$

Flujo en kg/hr

$$W = W_a(73.596) \quad \text{Ec. 11}$$

$$W = (2.59)(73.596) = 190.76 \text{ kg/hr}$$

#### b) Área del orificio

$$A = \frac{W(1.342)}{CKP\sqrt{\frac{M}{T}}} \quad \text{Ec. 12}$$

Dónde: A = área de orificio de válvula de seguridad  
D = diámetro del orificio  
V = volumen total=1.431 m<sup>3</sup>  
P = (1.1)\*presión diseño+1.033=50.53 kg/cm<sup>2</sup>  
C = constante del gas = 356  
T = 60 °C = 333 °K  
M = peso molecular del gas=28.97  
K = coeficiente de descarga =0.975  
W = flujo

$$A = \frac{190.76(1.342)}{356(0.975)(50.53)\left(\sqrt{\frac{28.97}{333}}\right)}$$

$$A = 0.049 \text{ cm}^2$$

#### c) Diámetro del orificio

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \quad \text{Ec. 13}$$

$$D = \sqrt{\frac{4(0.049)}{\pi}} = 0.162 \text{ cm} = 2.51 \text{ mm}$$

### **3.5.6 ANÁLISIS DE MEMORIA DE CÁLCULO**

Después de haber revisado la memoria de cálculo se llegó a lo siguiente:

#### **Tapa superior**

Para el espesor se encontró en el punto 3.5.3 sección a), que cumple con el valor mínimo requerido que rige la norma, esto se pudo comprobar mediante una prueba no destructiva que realizó la empresa.

En el punto 3.5.3 sección b), se consideró para el cálculo de la presión máxima el espesor mínimo encontrado por ultrasonido, esto es para encontrar un valor real de presión máxima, tal como lo establece la NOM 020, encontrando un valor de presión máxima de trabajo de 68.5 kg/cm<sup>2</sup>, sin embargo no se tomara este valor ya que se encontró un valor menor.

#### **Envolverte cilíndrico**

1. Para el espesor se encontró en el punto 3.5.4 sección a), que cumple con el valor mínimo requerido que rige la norma, esto se pudo comprobar mediante una prueba no destructiva que realizó la empresa.
2. En el punto 3.5.4 sección b), se consideró para el cálculo de la presión máxima el espesor mínimo encontrado por ultrasonido, esto es para encontrar un valor real de presión máxima, tal como lo establece la NOM 020, encontrando un valor de presión máxima de trabajo de 58.63 kg/cm<sup>2</sup>, sin embargo se tomara el valor dado por el fabricante de 45.00 kg/cm<sup>2</sup>, se usara este valor de presión por que es el menor de todos los encontrados.

#### **Tapa inferior**

1. Para el espesor se encontró en el punto 3.5.5 sección a), que cumple con el valor mínimo requerido que rige la norma, esto se pudo comprobar mediante una prueba no destructiva que realizó la empresa.
2. En el punto 3.5.5 sección b), se consideró para el cálculo de la presión máxima el espesor mínimo encontrado por ultrasonido, esto es para encontrar un valor real de presión máxima, tal como lo establece la NOM 020, encontrando un valor de presión máxima de trabajo de 68.64 kg/cm<sup>2</sup>, sin embargo no se tomara este valor ya que se encontró un valor menor.

## **Valvula de seguridad**

1. Para la valvula de seguridad se tiene calculado un diametro minimo de 2.51 mm; el equipo cuenta con una valvula instalada de 19 mm garantizando de esta manera proteccion por peligro de sobrepresion.

## **3.6 CAPACITACIÓN A OPERADORES**

La secretaria de trabajo y prevision social exige que la capacitación hacia los operadores sea mediante empresas acreditadas. Para la capacitación deben de cumplirse los puntos del capítulo 14 de la norma que son [3]:

**a) Definir e interpretar los conceptos siguientes:**

- 1) Presión y temperatura de diseño y de operación;
- 2) Presión de trabajo máxima permitida;
- 3) Presión de calibración;
- 4) Capacidad volumétrica, en el caso de recipientes sujetos a presión y recipientes criogénicos;
- 5) Capacidad térmica, en el caso de generadores de vapor o calderas;
- 6) Dibujos o planos de los equipos, cortes principales del equipo, detalles relevantes, acotaciones básicas y arreglo básico del sistema de soporte;
- 7) Sistema de señalización para los equipos y tuberías;
- 8) Instrumentos de medición;
- 9) Dispositivos de relevo de presión;
- 10) Valores de los límites seguros de operación, y
- 11) Transitorios relevantes;

**b) Identificar las características de toxicidad, inflamabilidad y reactividad del fluido o fluidos manejados en el equipo;**



- c) Reconocer y atender los riesgos generados por la presión y temperatura de los fluidos en el equipo;
- d) Mantener dentro del valor establecido los límites de operación del equipo y de cualquier dispositivo de relevo de presión o elemento de seguridad, así como de aquellas variables que los puedan afectar;
- e) Aplicar los procedimientos de operación, revisión, mantenimiento, reparación, alteración y pruebas de presión o exámenes no destructivos de los equipos, según aplique;
- f) Aplicar los procedimientos de revisión de los dispositivos de relevo de presión, elementos de seguridad e instrumentos de control, según aplique, incluyendo las operaciones de paro de emergencia, y
- g) Controlar los cambios de las condiciones de operación del equipo y/o de los fluidos que manejen.

Para la capacitación se contrató personal acreditado por la Secretaria de Trabajo y Previsión Social que en conjunto con la empresa se estuvo capacitando durante tres días consecutivos a los operadores de los equipos sujetos a presión, así como también al resto del personal del área de mantenimiento.

### **3.7 INTEGRACIÓN DE EXPEDIENTES**

Una vez finalizada la memoria de cálculo, se anexa al resto de información de cada equipo, comprendidos todos estos en un expediente de integridad mecánica, para así estar disponibles cuando se requiera.

## CONCLUSION

Un equipo presurizado implica mayor vigilancia en ellos es por eso que para poder operar necesitan de un permiso de funcionamiento otorgado por la secretaria de trabajo y previsión social, esta a su vez se apoya de una unidad de verificación para inspeccionar los centros de trabajo y comprobar que los equipos cumplan con las condiciones de operación que exige la normatividad vigente.

La memoria de cálculo debe de realizarse con base un código o norma, en este caso se empleó el código ASME sección VIII que establece que el equipo debe de cumplir con las condiciones mínimas de espesores y presiones de trabajo, además de un cálculo para determinar la medida de la válvula de seguridad.

Se analizaron las memorias de cálculos de los equipos sujetos a presión instalados en la planta Distribuidora Gugar S.A. de C.V. encontrando en ellas que los equipos cumplen con las condiciones de operación que establece la NOM 020, encontrando valores aceptables de espesores y presión de trabajo permitida cumpliendo de esta forma con lo requerido por la NOM 020.

Sin embargo se encontraron ciertas discrepancias en los valores obtenidos en la memoria de cálculo comparados con los del fabricante.

Estas discrepancias serán tratadas por la empresa ya que se requiere de un trámite para su siguiente revisión.

Como recomendación, se observo que es necesario la calibracion de los dispositivos indicadores de presion esto es de acuerdo con la Ley Federal sobre Metrologia y Normalizacion.

## ANEXO 1

### RELACION DE RECIPIENTES SUJETOS A PRESION Y CALDERA

NORMA DE REFERENCIA: **NOM-020-STPS-2011**, Recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas - Funcionamiento - Condiciones de Seguridad.

NOMBRE GENERICO DEL EQUIPO	N° SERIE O NUMERO TAG	CATEGORIA	TIPO DE FLUIDO	PRESION		CAP. VOLUMETRICA	CAP. TERMICA	AREA DE UBICACION	DICTAMEN EMITIDO O DICTAMEN CON REPORTE DE SERVICIO UV CAT. III	N° DE CONTROL STPS	AÑO DE AUTORIZACION INICIAL	RENOV. DE AUTORIZACION	VENCIMIENTO DE LA AUTORIZACION
				OPERACION	CALIBRACION								
TANQUE DE AIRE ABC ALTA PRESION		III		40	45		N.A.	SERVICIOS AUXILIARES SECC B					
TANQUE DE AIRE BELLIS ALTA PRESION		III		38.67	49.22		N.A.	SERVICIOS AUXILIARES SECC B					
TANQUE DE AIRE BAJA PRESION RICSA		III		7.03	10.5		N.A.	SERVICIOS AUXILIARES SECC B					
SEPARADOR DE LIQUIDO		III		3.32	18.35		N.A.	SERVICIOS AUXILIARES SECC. A					
SEPARADOR DE ACEITE		III		14.22	21.41 /18.35		N.A.	SERVICIOS AUXILIARES SECC. A					
ACUMULADOR DE ACEITE		III		14.22	NA**		N.A.	SERVICIOS AUXILIARES SECC. A					
SEPARADOR DE ACEITE		III		13.29	21.09		N.A.	SERVICIOS AUXILIARES SECC B					
SEPARADOR DE LIQUIDOS		III		3.87	21.09		N.A.	SERVICIOS AUXILIARES SECC B					
TANQUE DE AIRE ALPCO		III		40	45.9		N.A.	PRODUCCION					
TANQUE DE AIRE OKS		III		14	16.3		N.A.	INYECCION DE PREFORMAS					
RECIPIENTE PARA SUMINISTRO DE CO2		III		21.09	24.61		N.A.	SERVICIOS AUXILIARES SECC. A					
TANQUE DE AIRE EVANS		II		7.1	8.00		N.A.	SERVICIOS AUXILIARES SECC B	N.A	N.A	N.A	N.A	
CALDERA CB 100-60		III		5.00	6.00	N.A		SERVICIOS AUXILIARES SECC. A					

\*\* Este equipo se encuentra protegido por el equipo separador de aceite 362739 el cual cuenta con una PSV instalada en la línea de succión y una PSV en la línea de descarga, calibradas a 21.41 kg/cm2 y 18.35 kg/cm2 respectivamente.

## REFERENCIAS

[1] [<http://asinom.stps.gob.mx:8145/Centro/ConsultaNoms.aspx>]

[2] [procedimiento para la verificación de recipientes sujetos a presión, Metzli Aideé Rodríguez Hernández.]

[3] [NORMA Oficial Mexicana NOM-020-STPS-2011, Recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas - Funcionamiento - Condiciones de Seguridad.]

[4] [implementación NOM-020-STPS a equipos sujetos a presión, Manuel Adán Hurtado Martínez.]

[5] [recipientes a presión, Jesús Esquivel, editorial CUASMEX.]

[6] [Eugene F. Megyesy, Manual de recipientes a presión, diseño y calculo Editorial limusa, 7° edición]