



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA MECÁNICA E
INDUSTRIAL**

**TANQUES ATMOSFÉRICOS, A PRESIÓN Y
CRITERIOS DE DISEÑO DE TANQUES
ATMOSFÉRICOS SEGÚN API-650**

**INFORME DE ACTIVIDADES DE TRABAJO
PROFESIONAL QUE PARA OBTENER EL TÍTULO
DE**

**INGENIERO MECÁNICO PRESENTA
LUIS MANUEL VENTURA RUIZ**

DIRECTOR:

M.I. ANTONIO ZEPEDA SÁNCHEZ



MÉXICO, D.F.

ENERO 2016

Agradecimientos

Agradezco a mi madre por hacer de mí la persona que soy.

Agradezco a mi hermana por el amor que me tiene, por la confianza que deposita en mí aun sin merecerla y porque a pesar de cualquier cosa siempre está para mí.

Agradezco a la Universidad porque para mí fue incluso mi casa, porque fue en la universidad que encontré una razón que me motiva a ser la mejor persona que pueda ser, porque en ella no solo tuve la oportunidad de aprender de los mejores, conocerlos y convivir con ellos, me despertó un sentimiento de admiración, una identidad que me enorgullece y esta gratitud que no terminare nunca de expresar porque además me abrió las puertas para alcanzar tantas cosas que en este momento ni siquiera logro imaginar un límite pero que tienen como punto de partida mi bienestar, mi felicidad y por si algo me faltara también me regalo la amistad de grandes personas.

Agradezco a mis profesores que son tantos, pues aunque la universidad marca un antes y un después en mi formación, no solo en la universidad tuve la fortuna de encontrar excelentes profesores, y que en lugar de mencionarlos a todos prefiero remarcar las virtudes en común, como su vocación por enseñar, la pasión con la que realizan su trabajo y sobre todo el compromiso que asumen día a día para hacer de los que están a su alrededor mejores personas en todo sentido, a través del ejemplo.

Agradezco a mis amigos que me han apoyado siempre, que me conocen y que a pesar de todos mis defectos, de las distancias incluso de las largas ausencias, la amistad que me brindan se mantiene intacta, siendo esta amistad sincera una amistad que no se limita a su persona pues en un voto más de confianza, abren las puertas de su hogar presentándome a sus familias como un amigo, en verdad agradezco mucho su amistad, espero ser capaz de corresponderlos y hacer de mí el amigo leal con el que siempre van a poder contar que yo encuentro en ellos.

Agradezco a todas las personas que aunque no las conocí en un salón de clases cada una en algún momento fue para mí un maestro, a veces con su oficio, otras con su manera de pensar, de actuar y que de alguna manera dejaron una huella en mí y nunca las voy a olvidar pues son las personas que hacen de este, un mundo mejor.

Índice

Agradecimientos	0
Índice	1
Capítulo 1 Descripción de la empresa	3
¿Qué es EPESA?	3
Los productos que EPESA ofrece	4
Clientes	4
Visión	4
Misión	4
Política de calidad	4
Organigrama	6
Descripción de los puestos de trabajo	7
Giro de la empresa:	7
Descripción del puesto de trabajo.....	8
Capítulo 2 Descripción del Proyecto	9
Descripción de la Estación de Recolección del Campo de Gas Lakach	9
Capítulo 3 Tanques Atmosféricos y a Presión.....	13
Introducción	13
Tanques Atmosféricos	14
Techo.....	14
Envolvente	14
Fondo	14
Accesos.....	15
Accesorios	15
Accesorios de techo.....	15
Accesorios de envolvente	15
Accesorios del fondo.....	15
Otros elementos en un tanque atmosférico	15
Recipientes a Presión.....	16
Tapas.....	16
Cuerpo.....	16
Accesos.....	16

Accesorios	16
Otros accesorios.....	17
Capítulo 4 Criterios de Diseño en Tanques Atmosféricos a partir del Estándar API-650 ED. 2013.....	18
Introducción	18
Diseño del techo	19
Diseño del fondo.....	22
Diseño del cuerpo.....	24
Selección de boquillas y accesos	27
Sismo y viento.....	29
Normatividad	31
Estándar API 650 “Welded Tanks for Oil Storage”	31
NRF-PEMEX-028-2010 “Diseño y Construcción de Recipientes a Presión”	31
Estandar API 620 “Design and Construction of Large, Welded, Low-pressure Storage Tanks”.....	31
Estándar ASME SEC. VIII DIV. 1 “Rules for Construction of Pressure Vessels”	31
NRF-PEMEX-113-2007 “Diseño de tanques atmosféricos”	32
¿Cómo están vinculadas mis actividades con lo que aprendí en la Facultad de Ingeniería?	33
Conclusiones.....	35
Referencias	36

Capítulo 1 Descripción de la empresa

¿Qué es EPESA?

Expertos en Petróleo y Energía S.A. (EPESA) Es una empresa integrante de grupo SACMAG, que a su vez inicia como SACMAG en el año de 1960 siendo una empresa pionera en el campo de la Consultoría en México, para ese tiempo los grandes proyectos eran realizados por los departamentos técnicos de las dependencias y la iniciativa privada recurría a servicios de consultoría extranjera.

Para el año de 1963 a partir de distintas especialidades en ingeniería y arquitectura apoyadas en herramientas computacionales se encontraban realizando estructuras, sin embargo con el tiempo los proyectos se fueron haciendo más numerosos pues se fue adentrando en otros campos de actividad. Como resultado de la incursión se produjo un crecimiento acelerado en algunos departamentos más que en otros, de esta manera cada uno de estos fueron convirtiéndose en empresas que a su vez integraron el grupo SACMAG.

El grupo SACMAG se fue integrando por el departamento de supervisión que paso a convertirse en Supervisores Técnicos S.A. de C.V. (SUPERVISA), el de control de calidad de materiales en Laboratorio de Control S.A. de C.V. (CONTROL), el área de plantas de tratamiento en Consultores en Tecnología Ecológica S.A. de C.V.(CONSULTE), por otra parte se integró la empresa Ingeniería Industrial para América Latina S.A. de C.V (INGENIAL) con el objetivo de realizar estudios técnico económicos de factibilidad y Sacmag de México S.A. de C.V. que continuo con su actividad de proyectista.

Siguiendo con la tendencia de grupo SACMAG y acorde a la situación que vive el país, es como surge EPESA hace apenas un par de años, ubicada en Alabama 21 Col. Nápoles México, D.F. C.P. 03810 y que proporciona el servicio de desarrollo de proyectos de Ingeniería de petróleo y energía, mediante el cumplimiento de los requerimientos de los clientes y rebasando sus expectativas así como de todas las partes interesantes a través de:

- Tecnologías aplicables
- Estándares y normas nacionales e internacionales
- Personal competente

Siempre basándose en un programa de gestión de calidad que incremente su eficacia a través de una mejora continua.

Los productos que EPESA ofrece

- Ingeniería Básica
- Ingeniería Conceptual
- Ing. Básica Extendida
- Ingeniería de Detalle
- Asistencia Técnica y Supervisión

Clientes

Los principales clientes con los que cuenta EPESA al día de hoy son:

- ARENDAL
- PEMEX
- TASANA
- NACO
- CFE

Visión

Ser reconocidos a nivel nacional e internacional como la mejor firma de Ingeniería, para el desarrollo de proyectos de petróleo y energía.

Misión

Desarrollar proyectos de petróleo y energía, construibles, funcionales, seguros, económicos y sustentables con personal competente que proporcione confianza a nuestros clientes.

Política de calidad

Rebasar las expectativas de nuestros clientes en cada proyecto, cumpliendo con todos sus requerimientos a través del diseño de proyectos:

- Desarrollados con la tecnología más moderna
- Entregados en el tiempo establecido
- Basados en los estándares y normas internacionales vigentes.
- Ejecutados bajo un sistema de gestión de calidad que incremente su eficacia a través de una mejora continua.

Objetivos:

- Mediante nuestro Control de Proyectos contar con la validación de cada uno de ellos de acuerdo a la fecha programada en un 90%
- Reincidencia de nuestros clientes en un 75%
- Obtener la satisfacción del cliente en cada proyecto con una calificación mínima en un 80%.

Nuestros Valores:

- El éxito de cada proyecto es el de todos
- Los clientes son la razón de nuestro esfuerzo
- La ética profesional por encima de todo
- El trabajo en equipo es la llave del éxito
- La búsqueda por la excelencia, la responsabilidad profesional y la lucha contra la obsolencia son el sustento de nuestro prestigio.

Organigrama

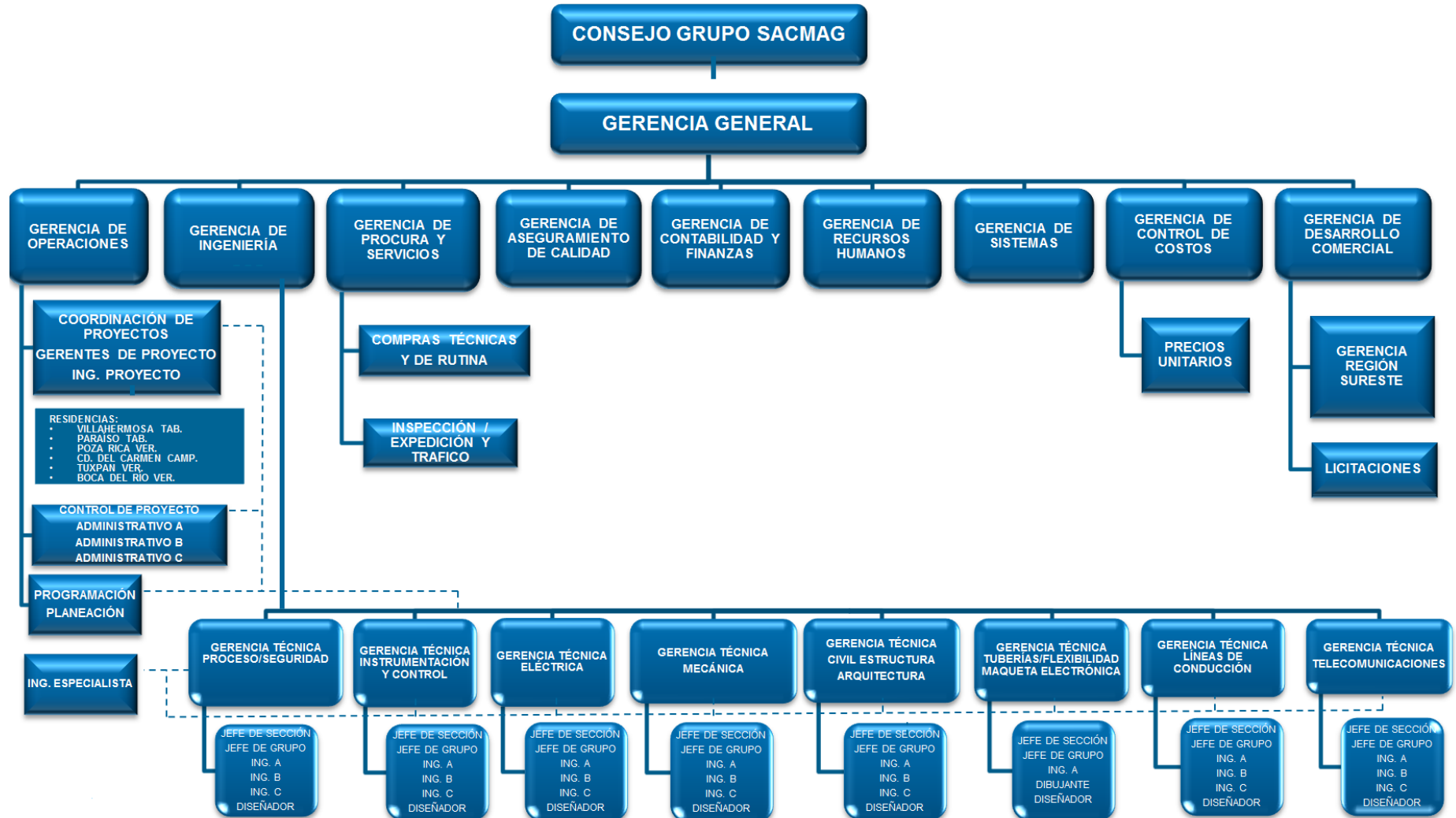


Figura 1.1 Organigrama de EPESA.

Descripción de los puestos de trabajo

Gerente técnico. Dirige y representa a los ingenieros que conforman la gerencia técnica del departamento mecánico (especialistas, jefes de sección, jefes de grupo, ingenieros mecánicos, becarios, etc.). Planea, coordina, desarrolla y controla las actividades del departamento, busca la solución a los problemas técnicos planteados por el cliente y/o personal interno. Mantiene una comunicación interdisciplinaria con coordinadores y gerentes técnicos de las diferentes disciplinas, así como la preparación de propuestas de trabajo en su especialidad.

Ingeniero especialista. Ingeniero que funge como consultor de la Gerencia Técnica del departamento mecánico, por su perfil puede desempeñarse como Gerente Técnico en ausencia de este, o Jefe de Sección, Jefe de Grupo o Ingeniero A, siguiendo los criterios de la normatividad y códigos vigentes nacionales e internacionales, así como los procedimientos del departamento.

Jefe de sección. Ingeniero a cargo de varios grupos de personas asignadas (Jefes de grupo, ingenieros mecánicos y becarios), que en conjunto con él lleven a cabo el desarrollo de uno o varios proyectos en específico. Con base en la planeación del Gerente Técnico, planea y controla la ingeniería y diseño de proyecto en el área de desarrollo asignada, siguiendo los criterios de la normatividad y códigos vigentes nacionales e internacionales, así como los procedimientos del departamento. Son los responsables del departamento mecánico en las sedes regionales.

Jefe de grupo. Ingeniero a cargo de un grupo de personas asignadas (ingenieros mecánicos y becarios), que en conjunto con él y con el Jefe de sección llevan a cabo el desarrollo de un proyecto en específico. Apoya a la planeación y control de la ingeniería y diseño de proyecto en el área de desarrollo asignada, siguiendo los criterios de la normatividad y códigos vigentes nacionales e internacionales, así como los procedimientos del departamento. Realiza el chequeo cruzado por parte del departamento del proyecto a su cargo.

Ingenieros A. Son los ingenieros que plantean criterios, analizan, diseñan y desarrollan el proyecto.

Ingenieros B y C. Son los encargados de desarrollar y elaborar los documentos del proyecto.

Giro de la empresa:

Desarrollo de Servicios de Ingeniería para proyectos de Petróleo y Energía. Nuestro objetivo es el desarrollo de ingenierías mediante el cumplimiento de los requerimientos específico de cada proyecto para la satisfacción de nuestros clientes.

Certificación ISO 9001:2008, Norma internacional ISO 14001:2004, NMX-SAST-001-IMNC-2008.

Descripción del puesto de trabajo

Ingeniero C. Es el puesto de trabajo destinado a los pasantes de ingeniería y recién egresados, como se comentó anteriormente está encargado de desarrollar y elaborar los documentos de ingeniería, siempre bajo la supervisión de un ingeniero con experiencia, algunas veces sirve también de apoyo para las otras áreas según la carga de trabajo que se tenga.

El puesto que ocupo está dentro de la gerencia técnica mecánica, colaborando con la elaboración y revisión de diferentes documentos como son hojas de datos, especificación de equipos pero sobre todo a la elaboración de modelos virtuales y planos, bajo la supervisión de un ingeniero especialista en tanques y recipientes a presión con más de 40 años de experiencia, quien funge como guía en un aprendizaje continuo con la finalidad de poder realizar tareas cada vez más complejas y que permitan un desarrollo profesional, de tal manera que se pueda ir escalando el perfil, de ingeniero C a ingeniero B, etc.

Capítulo 2 Descripción del Proyecto

Descripción de la Estación de Recolección del Campo de Gas Lakach

La Estación de Recolección del Campo de Gas Lakach (ERGL) se deriva de la incursión de PEMEX en aguas profundas y la explotación del campo gasífero Lakach (Figura 2.1), campo que registra un record de perforación con el pozo Lakach en el año 2006 alcanzando 988 m (3241.47 ft) de tirante de agua y otro record en el año 2010 con el pozo Lakach 2DL cuyo tirante de agua alcanza los 1194 m (3917.323 ft). Se estima que su plataforma de producción será de 400 MMpcsd (11.31 M³) de gas natural y un máximo de 500 MMpcsd (14.16 M³), considerando la incorporación del campo Piklis.

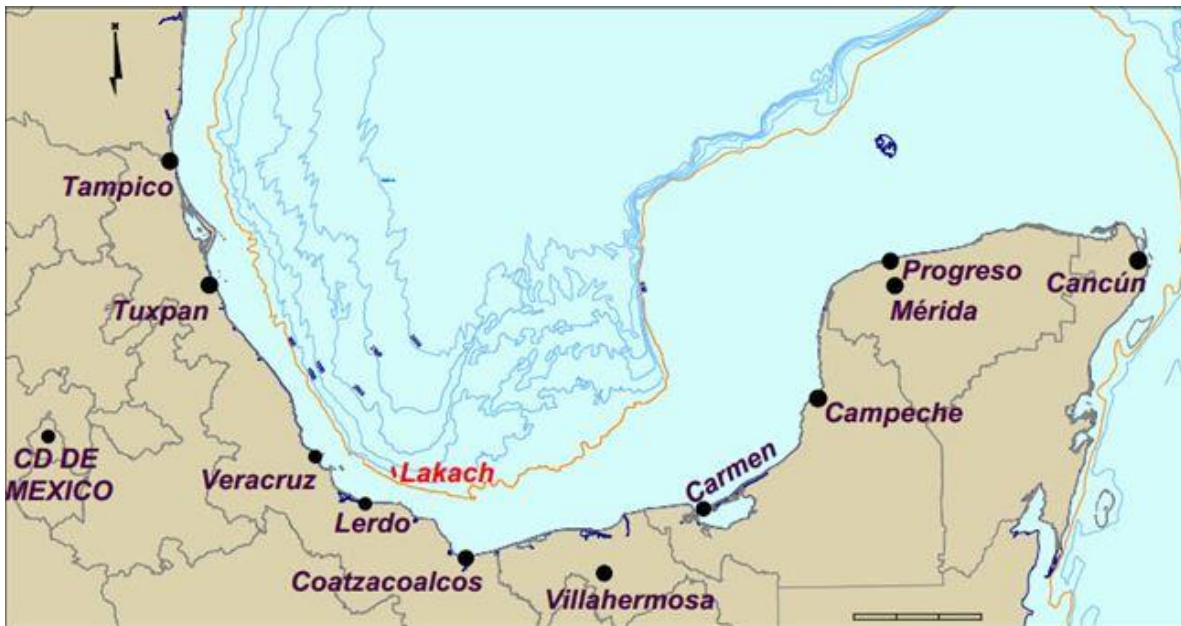


Figura 2.1 Localización del campo Lakach.

La producción del campo Lakach será transportada mediante dos líneas de transporte a la ERGL que estará ubicada al sureste del puerto de Veracruz, dentro de la zona número 15, en el kilómetro 69+500 de la carretera federal 180 Veracruz-Minatitlan. La ERGL servirá para la recepción y separación de fases de la producción del campo además de controlar las operaciones del sistema submarino, mientras una segunda planta (Planta de Acondicionamiento) instalada y operada por un prestador de servicios se encargara de entregar gas acondicionado y nafta ligera.

A grandes rasgos la operación de la ERGL (Figura 2.3) comienza a partir de la recepción de la producción de los pozos que circula hasta los cabezales que la dirigen hacia los separadores bifásicos, donde la fase líquida (condensados/agua-MEG) es extraída del fondo de los separadores, una parte se recircula a través de

las bombas para mantener suspendidas las arenas y la otra parte sale del tanque mediante controladores de nivel y válvulas de corte.

El gas que se obtiene de los separadores bifásicos es enviado a los rectificadores de gas, donde se separan los líquidos que aun pudieran ser arrastrados por el gas, una parte del gas antes de entrar a los separadores es enviado como gas de pateo al equipo Slug Catcher y el gas que sale de los rectificadores es enviado a la Planta de Acondicionamiento, en esta misma línea antes de la salida a la Planta de Acondicionamiento existe una salida hacia el sistema recuperador de vapores que actúa como gas de compensación cuando se presenta un flujo bajo en los separadores trifásicos es necesario completar a carga normal o máxima del recuperador de vapores.

Por otro lado los líquidos recuperados del fondo de los rectificadores se envían a los separadores trifásicos, estos separadores tienen líneas que provienen de:

- El sistema de drenajes cerrados
- El condensado/agua MEG de los rectificadores
- El condensado de sistema de desfogue y quemador elevado
- El condensado del Slug Catcher

El gas que se obtiene de los separadores trifásicos es enviado al sistema recuperador de vapores donde se eleva su presión, después se incorpora al cabezal que va hacia la Planta de Acondicionamiento y los posibles líquidos que se obtengan del recuperador de vapores serán enviados al drenaje cerrado. De los separadores trifásicos, los condensados son enviados a la Planta de Acondicionamiento mientras la mezcla agua-MEG es enviada a la Planta de Recuperación de MEG, parte de esta mezcla también es usada para remover los sólidos en los separadores.

El Slug Catcher que es un acumulador de líquidos, funciona para diferentes eventos que son:

- Paro de la Planta de Recuperación de MEG
- Paro de la Planta de Acondicionamiento de Gas
- Para el manejo de baches (Slugs)

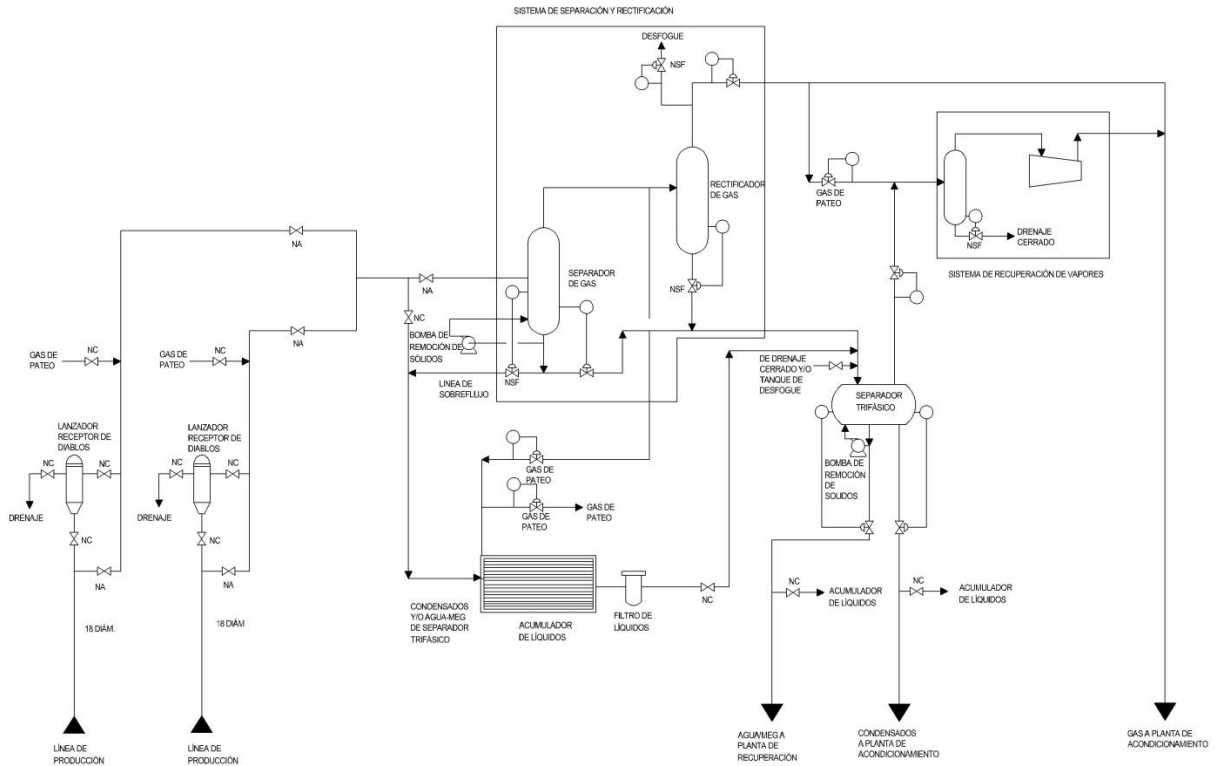


Figura 2.2 Esquema de proceso de la ERGL.

Los sistemas que integran a la planta son:

- Sistema de agua de servicios y tratamiento de agua potable
- Sistema diesel
- Sistema de aire de planta e instrumentos
- Sistema de drenajes cerrados
- Sistema de drenajes abiertos
- Sistema de drenajes sanitarios
- Sistema de drenaje químico
- Sistema de desfogue y quemador elevado
- Proceso de separación y rectificación de gas, separador trifásico, recuperado de vapores y acumuladores de líquidos.
- Sistema de gas combustible
- Sistema de manejo de MEG

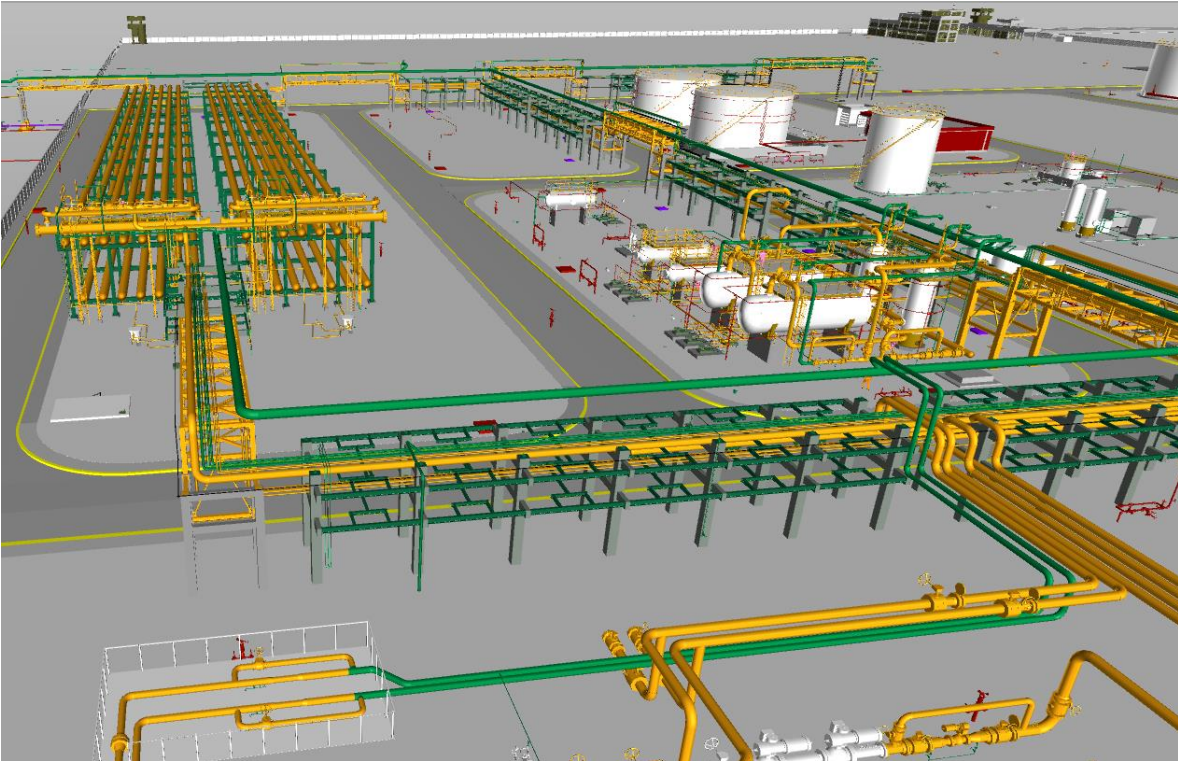


Figura 2.3 Modelo virtual de la ERGL.

El proyecto de la ERGL involucra muchas disciplinas y para la disciplina mecánica se hace frente a partir de una división en 3 secciones, la primera sección es la de HVAC (heating ventilating and air conditioning), la segunda sección es equipo dinámico y la tercera es la de equipo estático.

La sección de equipo estático se encargó de la ingeniería para la correcta operación de los equipos de proceso y servicios auxiliares que son del tipo recipientes a presión y tanques atmosféricos, esto con base a la normatividad aplicable. Los equipos mecánicos estáticos que competen a esta sección son los siguientes:

- Recipientes a presión
 - Dos acumulador de líquidos tipo dedos (Slug Catcher)
 - Dos separadores de gas bifásicos
 - Dos rectificadores de gas
 - Dos separadores trifásicos
 - Un separador de desfogue
- Tanques atmosféricos
 - Un tanque de MEG-puro
 - Un tanque de mezclado
 - Un tanque de agua de dilución
 - Un tanque de agua contra incendio
 - Un tanque de Diesel
 - Un tanque elevado de agua de servicios

Capítulo 3 Tanques Atmosféricos y a Presión

Introducción

Tanque atmosférico es todo aquel tanque ya sea horizontal o vertical, enterrado o en superficie, abierto o cerrado de diferentes tamaños y capacidades que se encuentren a una presión interna cercana a la atmosférica (Figura 3.1); PEMEX en su normatividad de referencia correspondiente marca 13.79kPa (2 lb/in²), así como API marca como presión limite interna 17.2 kPa (2.5 lb/in²). Los tanques que manejen una presión entre 17.2 kPa (2.5 lb/in²) y los 103.4 kPa (15 lb/in²) los clasificaremos como tanques de baja presión tal y como lo hace API en el Estandar 620.



Figura 3.1 Tanques atmosféricos.

Un recipiente a presión lo podemos definir basándonos también con apoyo de la normatividad y son los recipientes sujetos a una presión interna superior a 103.4 kPa (15 lb/in²) manométrica y presión externa de 103 kPa (15 lb/in²) absolutos o menor con una presión interna máxima de 20.7 MPa (3000 lb/in²) que manejen cualquier tipo de fluido y donde se incluyen a los recipientes donde se genere vapor, tales como intercambiadores de calor, recipientes donde el vapor se genera debido al calor resultante del proceso en el cual están alineados varios recipientes, y recipientes donde se genera vapor pero no se usa externamente.

Tanques Atmosféricos

En esta clasificación el tanque atmosférico es el más complejo en cuanto a la cantidad de elementos se refiere, podemos partir de una clasificación básica en tanques cilíndricos horizontales y cilíndricos verticales de fondo plano, para el presente documento nos enfocaremos en los tanques cilíndricos verticales de fondo plano a los a continuación se describirán de manera más detallada cada uno de ellos.

Techo

Un tanque atmosférico puede ser cerrado o expuesto a la atmosfera, dentro de los tanques cerrados encontramos a los tanques con techo fijo y con techo flotante. Los tanques con techo fijo pueden ser de techo cónico, plano, sombrilla o cónico, además se puede decidir entre hacerlos soportados (con la soportaría expuesta o al interior y con columna central o columnas distribuidas) o auto soportados (con la soportaría expuesta o al interior) y los tanques con techo flotante como su nombre lo indica serán tanques cuyo techo se mueva con el nivel del líquido que almacene además cuentan con un diseño tal que permite realizar labores de limpieza e inspección con toda seguridad.

Envolvente

La envolvente o cuerpo del tanque está formada por anillos de placas cuyo espesor se determina en función de las dimensiones del tanque y la posición que tenga, es decir el primer anillo ubicado en el fondo será el que tenga el espesor de placa más grueso y para los anillos superiores el espesor se ira adelgazando, en la envolvente se debe seleccionar el ángulo de coronamiento que de estabilidad a la estructura, algunas veces se puede apoyar con anillos atizadores y vigas contra viento, también podemos encontrar tanques de doble pared. El diseño de la envolvente en este tipo de tanques se realiza generalmente por el método de un pie, aunque también puede ser a partir del método del punto variable o un análisis elástico. En la envolvente es donde vamos a encontrar la mayoría de accesos y conexiones del tanque, de las que se hablara más adelante.

Fondo

En el fondo del tanque generalmente se diseña con una pendiente que permita orientar los sedimentos hacia los sumideros, donde se acumulan y desde donde son drenados. Un elemento que puede aparecer en el fondo es el anillo anular que es el arreglo de placas alrededor del fondo sobre el cual descansa la envolvente del fondo. Existe la posibilidad de diseñar el fondo con orejas de izaje, pero no es muy común pues el armado de los tanques mayores a los 6 m (19.7 ft) de diámetro generalmente se realiza en campo y no se requieren de dichas orejas.

Accesos

Dentro de los accesos podemos englobar diferentes elementos con los que puede contar un tanque atmosférico, como las escaleras (pueden ser de espiral, escaleras radiales o del tipo escalera marina), pasamanos, plataformas y pasillos de techo.

Accesorios

Accesorios de techo

Los accesorios de techo son las boquillas, registros de hombre, anillos de sello, escotillas, venteos, coples y sensores.

Accesorios de envolverte

Los accesorios de envolverte son las boquillas, registros de hombre, entradas de limpieza, equipo para sobre flujo y coples.

Accesorios del fondo

Los accesorios del fondo son: sumideros, boquillas y drenes y anillos de sello.

Otros elementos en un tanque atmosférico

En los tanques atmosféricos también encontramos elementos de izaje, anclas y en algunos casos, estructuras de soporte (piernas y faldones), otra variante que puede tener este tipo de tanque es con diferentes elementos internos como por ejemplo tuberías o agitadores.

En la figura 3.2 se puede observar el modelo computarizado de un tanque atmosférico, este tanque se describirá más adelante y se detallara en su proceso de diseño y en la figura 3.3 se muestra el entorno del PVElite, usado para recipientes a presión.

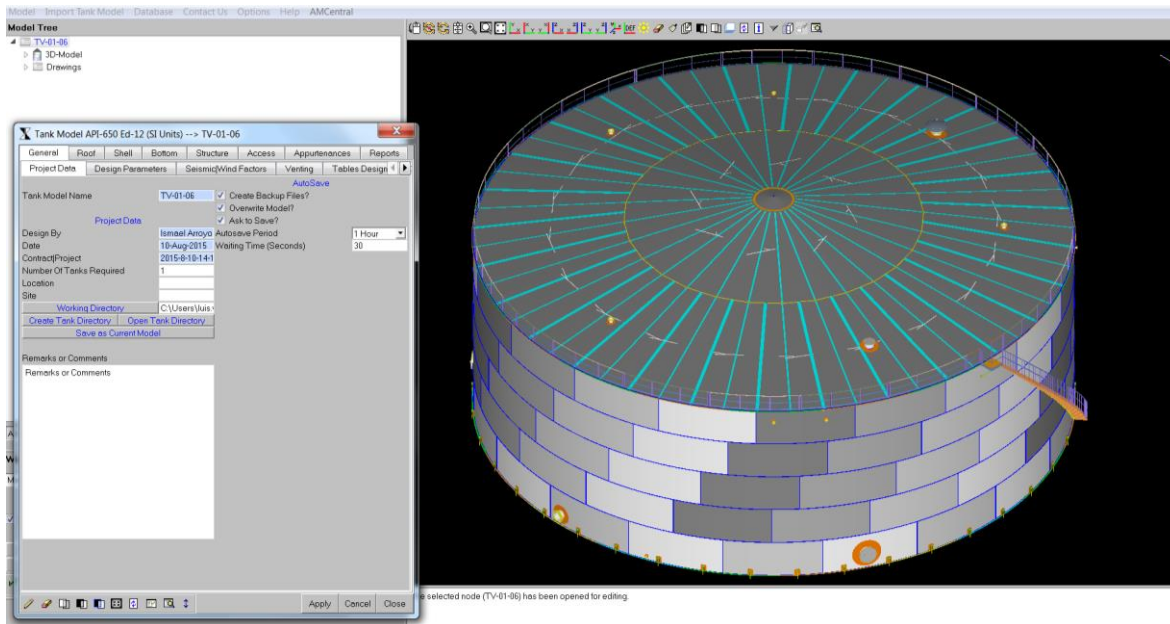


Figura 3.2 Vista del programa AMETank.

Recipientes a Presión

En el caso de los recipientes a presión aparente son más sencillos al menos en lo que a sus componentes respecta, este tipo de recipientes encuentra su primera clasificación según la orientación de su eje longitudinal, pudiendo ser horizontales o verticales.

Tapas

Las tapas pueden ser planas, elípticas, esféricas o toriesfericas según las condiciones del tanque.

Cuerpo

Generalmente estos recipientes tienen como cuerpo una envolvente cilíndrica aunque también podemos encontrar recipientes completamente esféricos o cónicos. Es posible encontrar sobre la envolvente de este tipo de recipientes camisas que sirvan para llevar a cabo un intercambio de calor con el recipiente o también encontrar recipientes con doble pared.

Accesos

Este tipo de recipiente puede estar provisto de escalera exterior que generalmente es de tipo escalera marina y plataforma.

Accesorios

Los accesorios de los recipientes a presión son menos que los que se encuentran en los tanques atmosféricos, pueden ser boquillas que se ubiquen en la

envolvente o en las tapas y algunos pueden contar con registro de hombre, este tipo de tanque también se equipa con anillo atizador e incluso con atizadores para las tapas.

Otros accesorios

Otros elementos que podemos encontrar en los recipientes a presión son las orejas de izaje, piernas de soporte o silletas, para el caso de las silletas se diseña una silleta fija y una silleta móvil considerando la dilatación que pudiera presentar el recipiente.

La siguiente figura (Figura 3.3) se puede ver el modelo computarizado de un recipiente a presión pero este tipo de recipientes no se abundara en este trabajo pues la intención de este trabajo es enfocarse a los tanques atmosféricos.

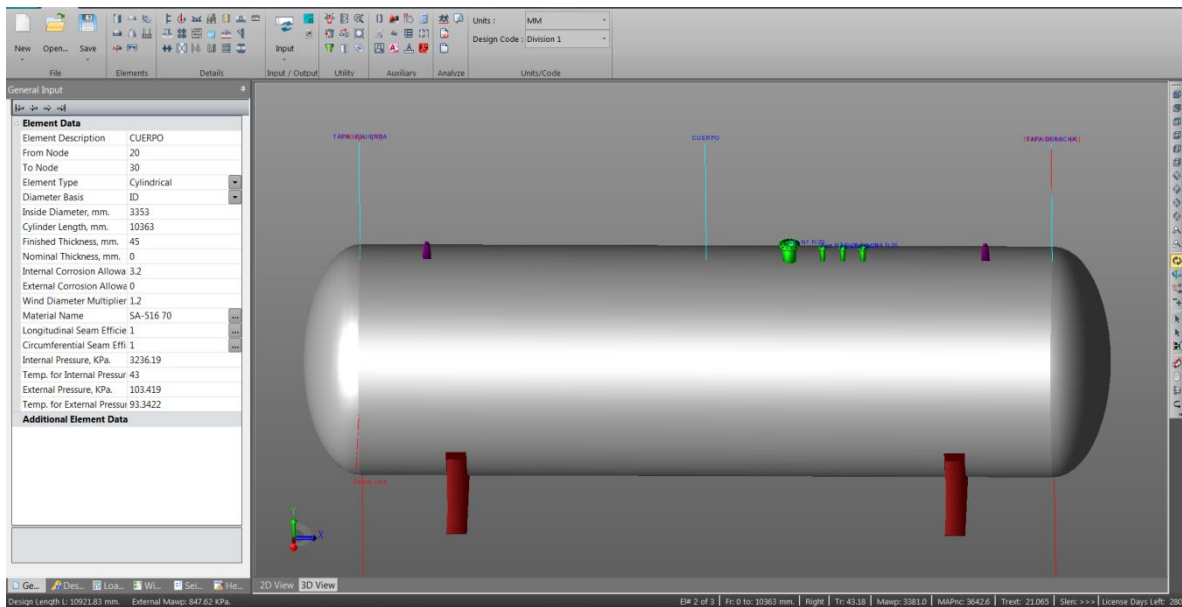


Figura 3.3 Vista del programa PVElite.

Capítulo 4 Criterios de Diseño en Tanques Atmosféricos a partir del Estándar API-650 ED. 2013.

Introducción

Para esta sección del reporte se propondrá el diseño de un tanque hipotético de turbosina (JET-A1) de 80 000 barriles (12 720 m³), el diseño estará soportado en el Estándar API-650 y como herramienta de diseño se recurrirá al software AMETank 7.7 de donde además se toman imágenes para ilustrar el proceso para elaborar el modelo virtual. La figura 4.1 ilustra el proceso de completo del diseño de un tanque atmosférico.

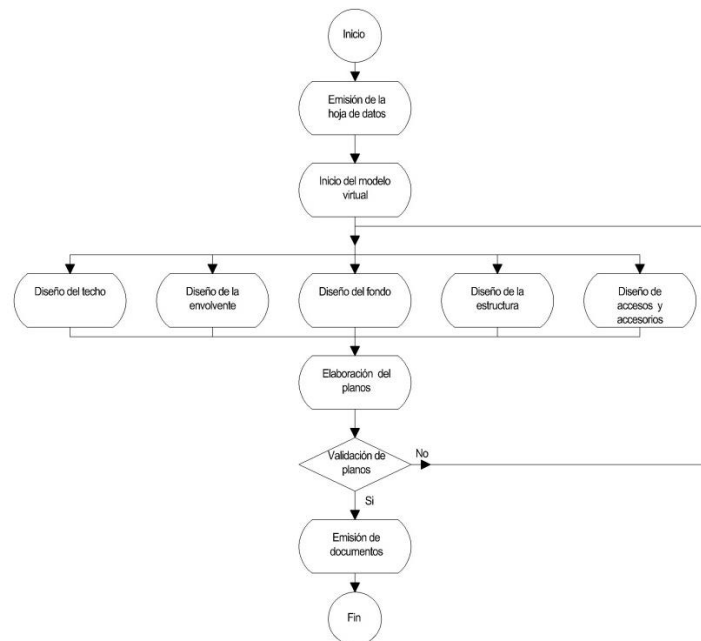


Figura 4.1 Proceso de diseño de un tanque atmosférico.

En lo referente al Estándar API-650, es importante mencionar que no pretende en ningún momento limitar o forzar un diseño específico, su intención es guiar el diseño pensando en la seguridad y la economía, de manera que las recomendaciones que hace en el diseño no son imposición para que pueda existir un diseño diferente sustentado en alguna otra norma. El Estándar API está integrado por 10 secciones (Alcance, Normas de Referencia, Términos y Definiciones, Materiales, Diseño, Fabricación, etc.) Y por 22 apéndices que cubren una variedad de aspectos de diseño y fabricación según requerimientos del cliente, el cumplimiento de estos apéndices excepto el L (hoja de datos) no es obligatorio, a menos que así se especifique.

El punto de partida para el diseño, es la hoja de datos que el departamento de Procesos genera con todas sus necesidades bien especificadas, en ella se encuentran las dimensiones, capacidad, temperaturas de diseño y operación, presiones de diseño y operación, las características de fluido de trabajo, los niveles de operación y las boquillas que requieren. Esta hoja es la que impera en todo el diseño del tanque. Una vez que se tienen todos estos datos podemos partir por el diseño de techo, envolvente y fondo como base para el diseño del tanque, dejando para después los detalles como serian estructura, accesorios, accesos y los factores de sismo y viento.

Como se mencionó anteriormente el diseño del tanque se presenta tomando la herramienta AMETank 7.7, en la figura 4.1 se presentara la pantalla de trabajo, donde al lado izquierdo encontramos un árbol donde podemos ir verificando todos los elementos que se le van agregando al diseño, en el centro de la pantalla vemos una paleta de trabajo con todos los pestañas y donde encontramos sus respectivos menús y al fondo una pantalla negra que será el espacio donde se generen los objetos 3D que integraran nuestro tanque.

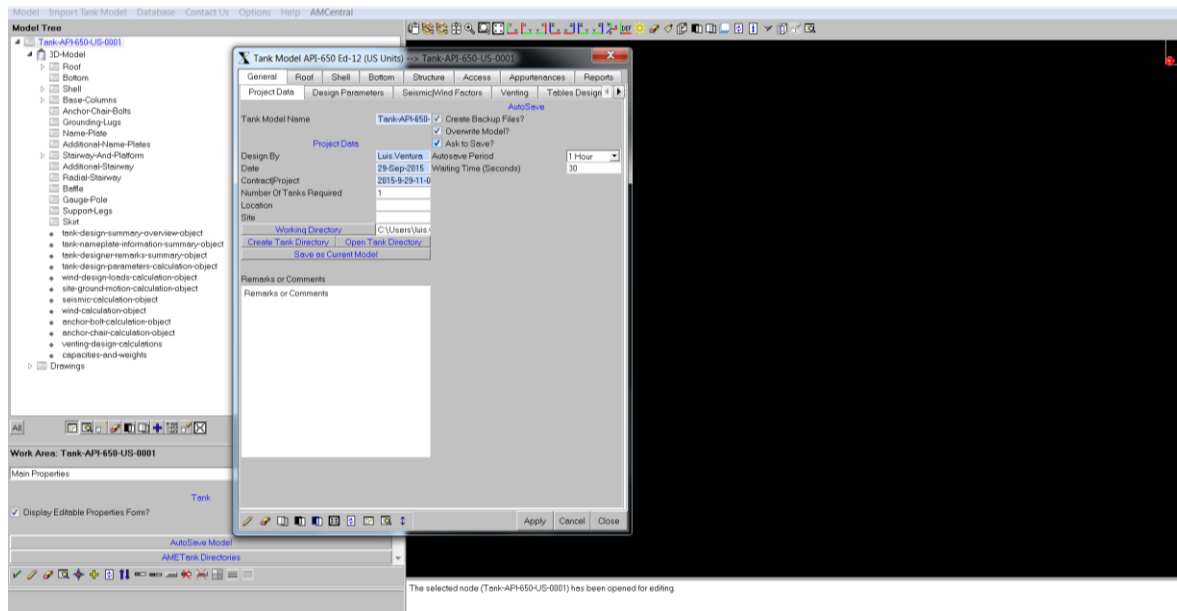


Figura 4.2 Vista del espacio del trabajo de AMETank.

Diseño del techo

Para el diseño del techo se debe conocer la sección 5.10 del API que es el apartado de techos, donde además de encontrar una breve descripción de los tipos de techos encontramos puntos específicos para nuestro diseño, donde partimos de la elección de un techo cónico, soportado con estructura interna y con columnas. De manera adicional se elige un arreglo de junta frágil, la pregunta es:

¿Por qué se decide este arreglo? Y se puede responder de manera sencilla, el techo cónico se elige para facilitar labores de inspección y mantenimiento, la necesidad de que sea soportado se origina en las dimensiones del tanque y el arreglo de junta frágil le da seguridad al tanque pues este arreglo funciona de tal manera que en caso de presentar un incremento en la presión interna, la junta del techo fallara antes de que se presente la falla en la junta del fondo y la envolvente.

La normatividad indica que para techos soportados se debe tener una inclinación de al menos 1/16 pero en caso de elegirse junta frágil la pendiente no debe exceder 1/6, ahora yo elijo trabajar en el límite superior para distribuir lo más que pueda las cargas en una componente X y Z con respecto a un sistema de referencia imaginario. La distribución de los largueros también está acotada por la normatividad y la dimensión de cada uno de los elementos está apoyada en el software que realiza los cálculos pertinentes a partir de las formulas indicadas en la normatividad. Estos cálculos toman en cuenta un esfuerzo admisible del material involucrando un factor de seguridad sobre el esfuerzo de cadencia.

Para el espesor de las placas la selección del espesor es a partir del mínimo requerido que es de 4.8 mm (3/16 in) más la corrosión admisible, donde generalmente se aumenta 3.2 mm (1/8 in) y se redondea al espesor comercial más cercano hacia arriba, las placas de techo deben estar soldadas a traslape con un mínimo de 25 mm (1 in) aunque por practica se elige un traslape de 38 mm (1 ½ in), además por ser de junta frágil se debe elegir un arreglo con el ángulo de coronamiento que sea permitido por la normatividad y la unión con la envolvente, que más bien será sobre el ángulo de coronamiento no debe exceder 5 mm (3/16 in).

A continuación, en las siguientes figuras se presenta un par de vistas de la estructura que soporta al techo y el arreglo del techo:

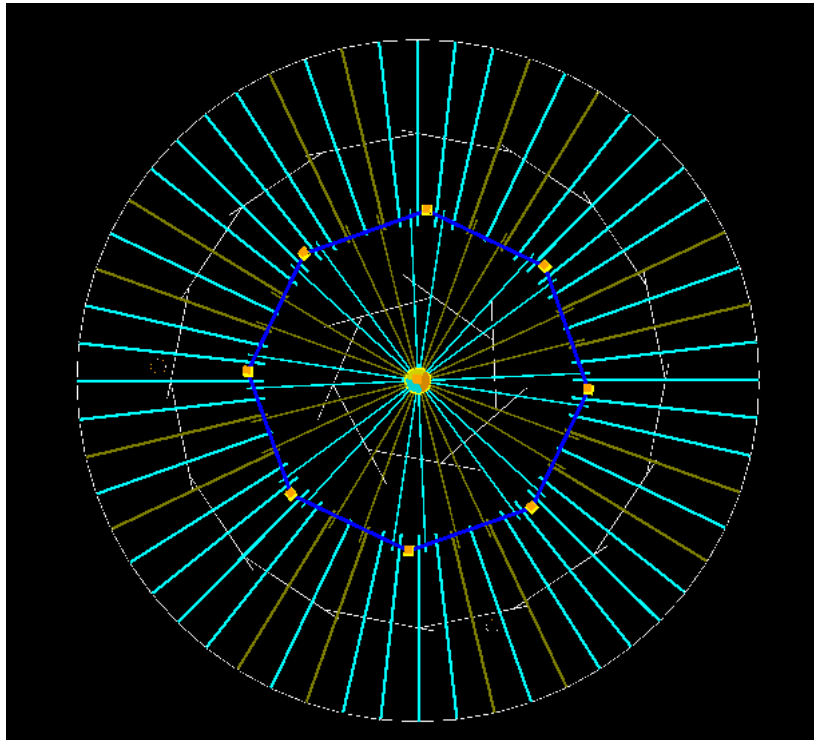


Figura 4.3 Vista en planta de la estructura del techo.

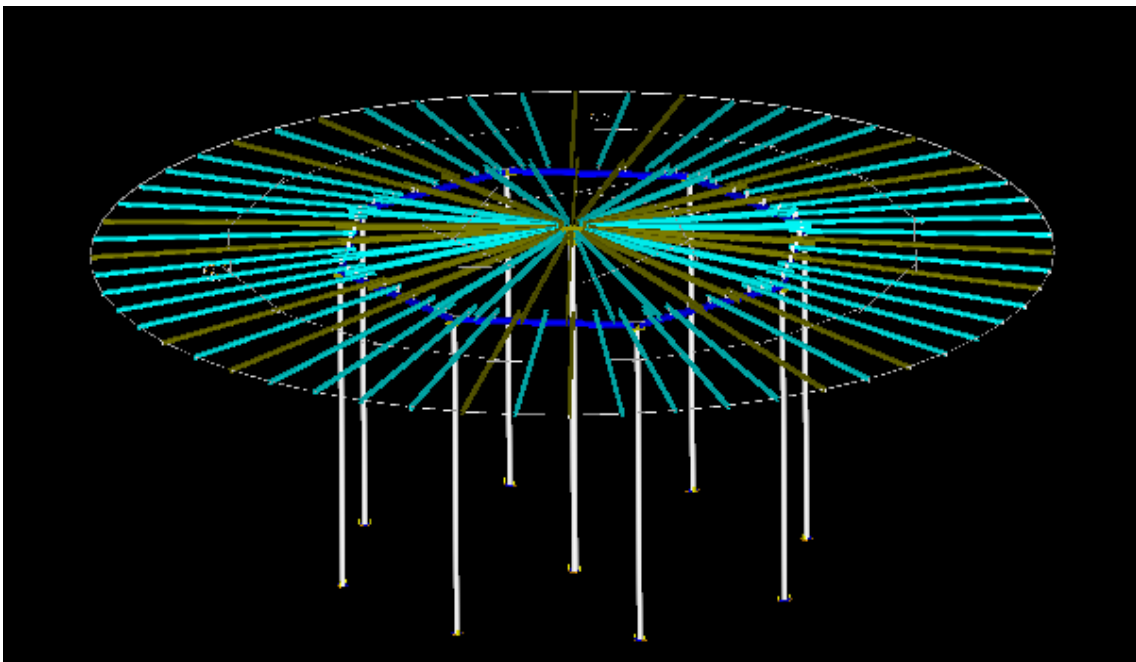


Figura 4.4 Estructura de techo.

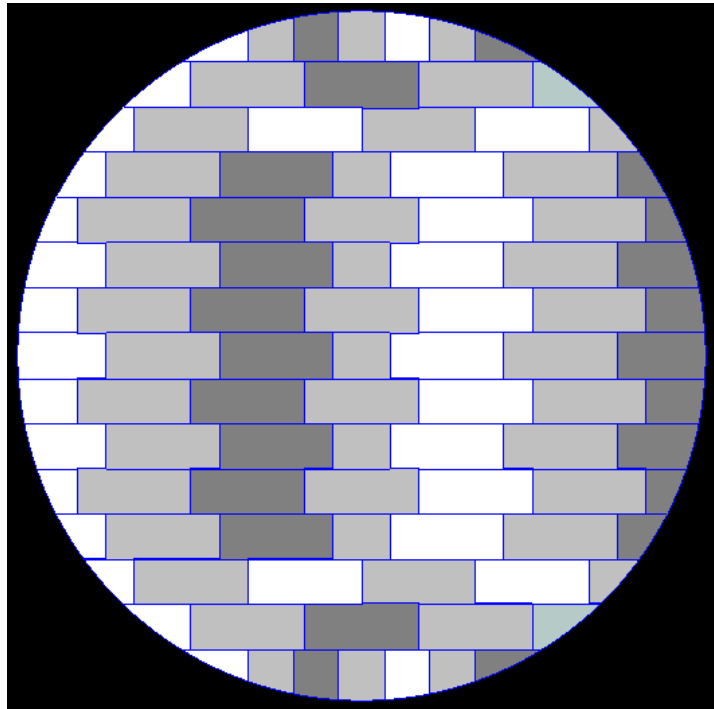


Figura 4.5 Vista en planta del arreglo de las placas de techo.

Se puede observar en las figuras 4.2 y 4.3 que la estructura que soporta el techo es un arreglo de 9 columnas, la columna central y un octógono, ahora bien si el arreglo fuera diferente tendríamos algunos inconvenientes como por ejemplo si elegimos solamente una columna central tendríamos que montar largueros que cubran todo el radio del tanque y que no se flexionen, o como otro ejemplo si en lugar de tomar un octógono elegimos un pentágono la cantidad de largueros que soportaría cada elemento que conforme el octógono sería tal que además de soportar la flexión dada la longitud de los lados, el peso en cada uno de estos elementos nos requeriría de elementos estructurales que o son muy caros o no son comerciales.

Por último, el arreglo del techo también quedo ilustrado y acerca de este es importante mencionar que la distribución que muestra la figura es la manera real en la que se montaran las placas, estas placas no pueden por ningún motivo estar soldadas a la estructura, únicamente entre ellas y en la periferia con el ángulo de coronamiento en arreglo de junta frágil.

Diseño del fondo

Para el diseño del fondo se debe tener en cuenta que este elemento no tiene como finalidad soportar el tanque porque el soporte como tal lo provee la cimentación y el fondo del tanque transmite toda la carga a esta cimentación, el

propósito del fondo es proporcionar hermeticidad, de esto se puede entender que podría ser posible emplear un espesor menor a 2 mm, sin embargo la normatividad establece un mínimo de 6.3 mm (1/4 in) sin corrosión, esto sobre todo para evitar deformaciones al soldar.

El arreglo de placas del fondo se hace a traslape 38 mm (1 1/2 in) justamente pensando en la hermeticidad, además se debe aumentar al menos en 100 mm (4 in) el diámetro con respecto al diámetro exterior del tanque, para dejar un sobrante de 50 mm (2 in) que sobresale alrededor de todo el tanque. Es importante mencionar que la unión fondo-envolvente se debe hacer de manera continua, también es posible el arreglo con placas anulares, esto es, un arreglo de placas en toda la periferia del fondo que esta redondeada en el exterior y que puede o no estarlo en la unión del interior con el fondo, para el diseño del tanque que ejemplifico se elige un fondo con placa anular sobre todo para ilustrar el arreglo.

Otra opción que se tiene en el diseño del fondo es el uso de un anillo de sello entre el fondo y la cimentación que tiene como objetivo evitar filtraciones entre la cimentación y el fondo, el anillo de sello no puede ser menor a 3 mm (1/8 in). En la siguiente figura se ilustra el arreglo de las placas del fondo.

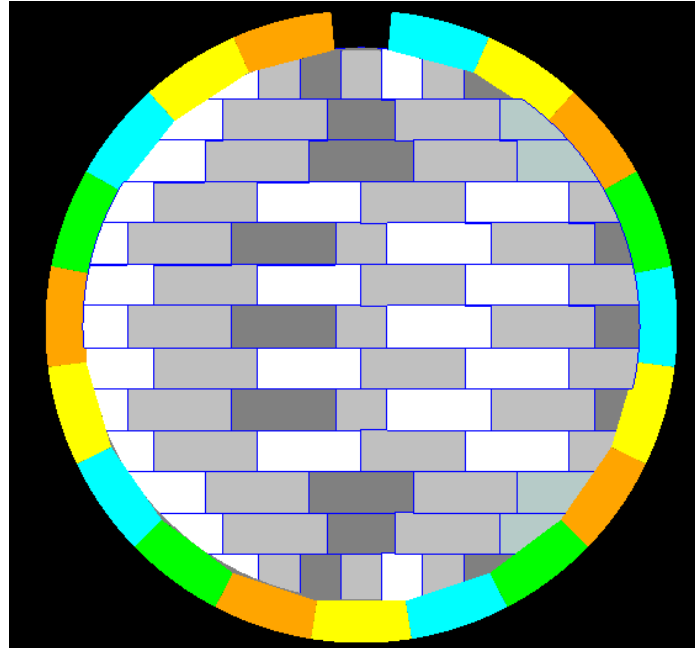


Figura 4.6 Vista en planta del arreglo de las placas del fondo.

Diseño del cuerpo

EL diseño del cuerpo es una parte muy delicada en todo este proceso y aunque se puede realizar todo el diseño del cuerpo en base a tablas que relacionan diámetros y espesores creo que vale la pena abundar un poco más en esta parte, pues si se decide no depender de las tablas en la normatividad, la misma normatividad da la posibilidad de elegir entre 3 métodos de cálculo (el método de un pie, del punto variable y análisis elástico) siendo el método de un pie el más usual pero que está limitado a tanques con un diámetro máximo de 60 m, el método del punto variable que es un refinamiento del método de un pie pero que implica más horas de cálculo y el cumplimiento con diferentes relaciones especificadas en la normatividad y que además es usado en tanques con diámetros de mayor dimensión pues el método de un pie en comparación arrojaría espesores excedidos y por último el método de análisis elástico que sería el más completo de todos pero también me parece el más complicado.

Para el diseño del cuerpo en el tanque del ejemplo se usa el método de un pie porque a decir verdad es el más usual ya que son muy raros los tanques de más de 60 m de diámetro y además es muy práctico. El análisis es muy sencillo de entender pues a grandes rasgos consta de un primer equilibrio de fuerzas entre un esfuerzo longitudinal (a todo lo largo del eje del cilindro) aplicado a un área y la presión del fluido, que dicho en palabras sencillas sería la respuesta del tanque a ser estirado, después se hace el mismo análisis pero ahora considerando un esfuerzo circunferencial y la presión del fluido, este último se puede entender como la respuesta del tanque a un abarillamiento producido por el fluido en su interior o por una presión de vacío producto de la descarga apresurada del mismo fluido. La ecuación que surge de este análisis se aplica para cada anillo a un pie de distancia del cordón de soldadura inferior, el hecho de tomar un pie de distancia es la que le da el nombre al método.

$$t = \frac{4.9D(H - 0.3)G}{S} + C \quad (4.1)$$

t; es el espesor de placa

D; es el diámetro

H; es la altura

G; es la gravedad específica del fluido de trabajo

C; es un espesor agregado por corrosión que puede o no ser tomado en cuenta

S; es el esfuerzo del material que es determinado según el criterio de cálculo (diseño o prueba hidrostática).

Ahora para explicar un poco mejor la aplicación de la ecuación anterior partimos de 2 análisis uno por prueba hidrostática y otro por diseño. El análisis por prueba hidrostática es considerando el tanque lleno de agua por lo que el valor de G, siempre es la unidad, no se requiere que se contemple un espesor por corrosión C y el esfuerzo se elige el que resulte menor de:

- a) 3/4 de la resistencia a la fluencia (Esfuerzo de cedencia)
- b) 3/7 de la resistencia a la tensión (Esfuerzo ultimo)

La ecuación queda simplificada de la siguiente manera:

$$t = \frac{4.9D(H - 0.3)}{S} \quad (4.2)$$

El análisis por diseño contempla el fluido con el que se va a trabajar y se considera un espesor por corrosión, pero para el esfuerzo se elige el que resulte menor de:

- a) 2/3 de la resistencia a la fluencia (Esfuerzo de cedencia)
- b) 2/5 de la resistencia a la tensión (Esfuerzo ultimo)

A continuación se detalla la deducción de la expresión del método de un pie:

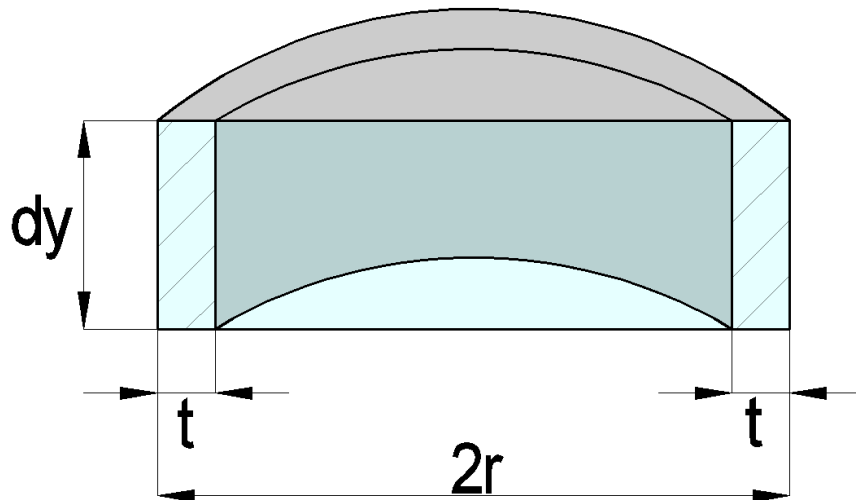


Figura 4.7 Representación de medio anillo de la envolvente y proyección del fluido en su interior.

De la figura 4.6 es fácil pensar en 2 fuerzas interactuando en el interior del tanque con fluido en su interior, una fuerza producida por el agua (presión) y la del material que se opone (esfuerzo). Ahora bien lo primero que tenemos que hacer para plantear un análisis, es establecer un sistema de referencia, donde el eje “x” quedara perpendicular a la pantalla de agua y el eje “y” coincide con el eje neutro del cilindro que forma la envolvente.

Lo siguiente es establecer la suma de fuerzas tanto en “x” como en “y”, sin embargo solo se detallara para “x” por ser muy semejante para el otro eje.

$$2t(dy)\sigma_x - 2r(dy)P = 0 \quad (4.3)$$

Al dividir entre 2dy la expresión queda como:

$$t(\sigma_x) - r(P) = 0 \quad (4.4)$$

Ahora de la ecuación de la hidrostática podemos escribir la expresión en función del diámetro como:

$$t(\sigma_x) - D(4.9)G(H - z) = 0 \quad (4.5)$$

El método de un pie establece como punto de análisis una altura de 0.3 m (1 ft) para cada anillo a partir de su base, de manera que la expresión despejando el espesor queda como sigue:

$$\frac{t = D(4.9)G(H - 0.3)}{\sigma_x} \quad (4.6)$$

De la expresión 4.6 es fácil distinguir que el esfuerzo en función de la presión se escribe;

$$\sigma_x = \frac{(P)r}{t} \quad (4.7)$$

Ahora de un análisis semejante sobre el eje “y” obtenemos que:

$$\sigma_y = \frac{(P)r}{2t} \quad (4.8)$$

De manera que:

$$\sigma_x = 2\sigma_y \quad (4.9)$$

En la expresión 4.9 queda demostrado que al hacer un análisis sobre el eje “x” queda cubierto el análisis sobre el eje “y”.

Cuando se han hecho estos cálculos se toma el espesor que resulte mayor para la selección de las placas que integran cada uno de los anillos. Afortunadamente y para simplificar el proceso el software es capaz de hacer estos cálculos y brindarnos los resultados de una manera muy sencilla, sin embargo uno debe tener la capacidad para entender los números y poder verificarlos para al menos un anillo y después seleccionar el espesor adecuado de una placa comercial a partir de los espesores que arroje el programa.

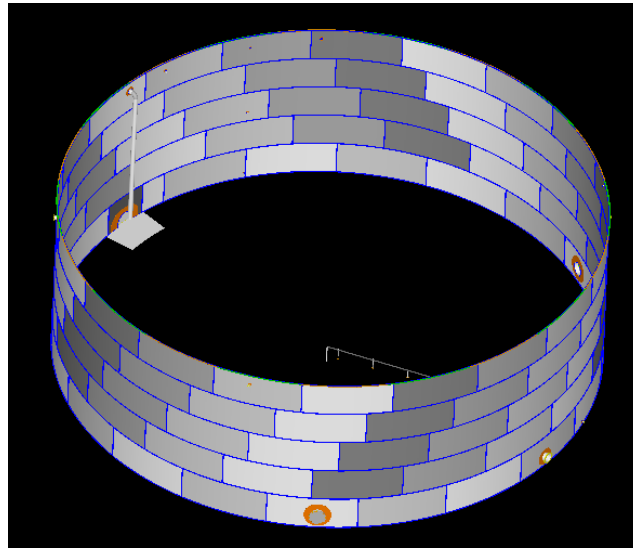


Figura 4.8 Envoltente del tanque y sus elementos.

Selección de boquillas y accesos

Para esta sección presento el proceso lo más sencillo que puedo y es que si nos apegamos de nuevo a la normatividad este paso es muy rápido, partiendo que son tanques atmosféricos se sabe que tienen una presión máxima de operación, ahora bien con este dato se puede hacer una tabla que relacione los diámetros de boquilla con el espesor (cédula) que sea necesaria en la boquilla y eso mismo es lo que hace la normatividad de API en la siguiente tabla:

Column 1	Column 2	Column 3	Column 4	Column 5	Column 6	Column 7	Column 8	Column 9 ^c
NPS (Size of Nozzle)	Outside Diameter of Pipe <i>OD</i>	Nominal Thickness of Flanged Nozzle Pipe Wall ^a <i>t_n</i>	Diameter of Hole in Reinforcing Plate <i>D_R</i>	Length of Side of Reinforcing Plate ^b or Diameter <i>L = D_o</i>	Width of Reinforcing Plate <i>W</i>	Minimum Distance from Shell- to-Flange Face <i>J</i>	Minimum Distance from Bottom of Tank to Center of Nozzle	
							Regular Type ^d <i>H_N</i>	Low Type <i>C</i>
Flanged Fittings								
60	1524.0	e	1528	3068	3703	400	1641	1534
54	1371.6	e	1375	2763	3341	400	1488	1382
52	1320.8	e	1324	2661	3214	400	1437	1331
50	1270.0	e	1274	2560	3093	400	1387	1280
48	1219.2	e	1222	2455	2970	400	1334	1230
46	1168.4	e	1172	2355	2845	400	1284	1180
44	1117.6	e	1121	2255	2725	375	1234	1125
42	1066.8	e	1070	2155	2605	375	1184	1075
40	1016.0	e	1019	2050	2485	375	1131	1025
38	965.2	e	968	1950	2355	350	1081	975
36	914.4	e	918	1850	2235	350	1031	925
34	863.6	e	867	1745	2115	325	979	875
32	812.8	e	816	1645	1995	325	929	820
30	762.0	e	765	1545	1865	300	879	770

Tabla 4.1 Dimensiones para boquillas de envolvente.

La tabla de la figura no se ilustra completa, con la intención de no saturar este trabajo pero se debe saber que continua hasta los 19 mm (3/4 in), ahora bien lo que a la tabla compete, aquí se pueden leer el diámetro, espesor, la proyección mínima y todo lo que pueda hacer falta en la selección de la boquilla, por ejemplo una vez determinando el espesor uno puede buscar en alguna otra tabla o en catálogos los espesores de tubería y la cedula que le corresponde para especificar la boquilla que el tanque requiera.

Para la selección de los accesos también los podemos encontrar especificados en la normatividad y descritos detalladamente, tanto en techo como en la envolvente, incluso existen tablas para poder seleccionar la cantidad, por ejemplo en la NRF-113-PEMEX-2007 uno puede encontrar tablas que relacionan la cantidad de puertas de limpieza según el diámetro del tanque, aunque yo no recomiendo apegarse a la normatividad de PEMEX sin conocer API, pues API al menos cada 5 años actualiza su normatividad y a menos que el cliente sea PEMEX, se puede estar en problemas por no cumplir con la última versión en normas, para el caso de API, su normatividad es aplicable desde su emisión y obligatoria a partir de los 6 meses, esto si se requiere esta certificación.

Sismo y viento

El análisis por sismo y viento también está automatizado en el software, pero es importante comprender cada uno de ellos, para el análisis por viento se toma como referencia una velocidad de 190 km/h o el valor que se determine de promediar las velocidades más altas del sitio de instalación, a partir de la velocidad del viento se puede verificar la rigidez del tanque a partir de los espesores de las placas y de ser necesario instalar atizadores, aunque para la mayoría de los casos donde el viento no representa un peligro, con el ángulo de coronamiento y una buena selección de los espesores en el diseño del cuerpo es posible evitar más atizadores.

El análisis por sismo puede hacerse de diferentes maneras, pero yo aprendí a hacerlo a partir de los coeficientes A_i y A_c , esto es un coeficiente impulsivo y uno convectivo, ambos están definidos en el API y a grandes rasgos el primer coeficiente describe la parte en la que se produce un movimiento que a su vez mueve al tanque y el coeficiente convectivo es la consecuencia del primero, por ejemplo en un sismo, el coeficiente impulsivo estará relacionado al momento del sismo y el convectivo estará relacionado al movimiento del fluido en el interior del tanque una vez que el sismo se termine. El análisis contempla lo que llama el momento de volteo y de este resultado depende si el tanque debe ir anclado, la cantidad y la dimensión de las anclas.

En la siguiente figura se ilustra la configuración del ancla y de paso se demuestra el grado de detalle con el que cuenta el software que es capaz de modelar incluso la tuerca y la rondana que se necesita en el anclaje.

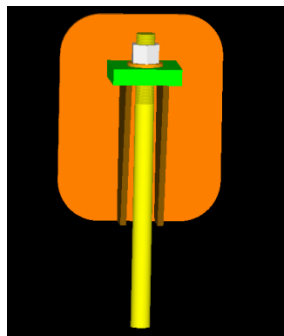


Figura 4.9 Anclas típicas en tanques atmosféricos anclados.

Una vez que se tiene modelado el tanque y que se ha verificado mediante una corrida, que no tiene ningún error de diseño se puede generar en automático una memoria de cálculo con la que se respalda el diseño, después de eso se empieza a trabajar con los planos correspondiente, donde al menos se elabora un plano de

arreglo general. En la siguiente figura se muestra el modelo terminado de este tanque.

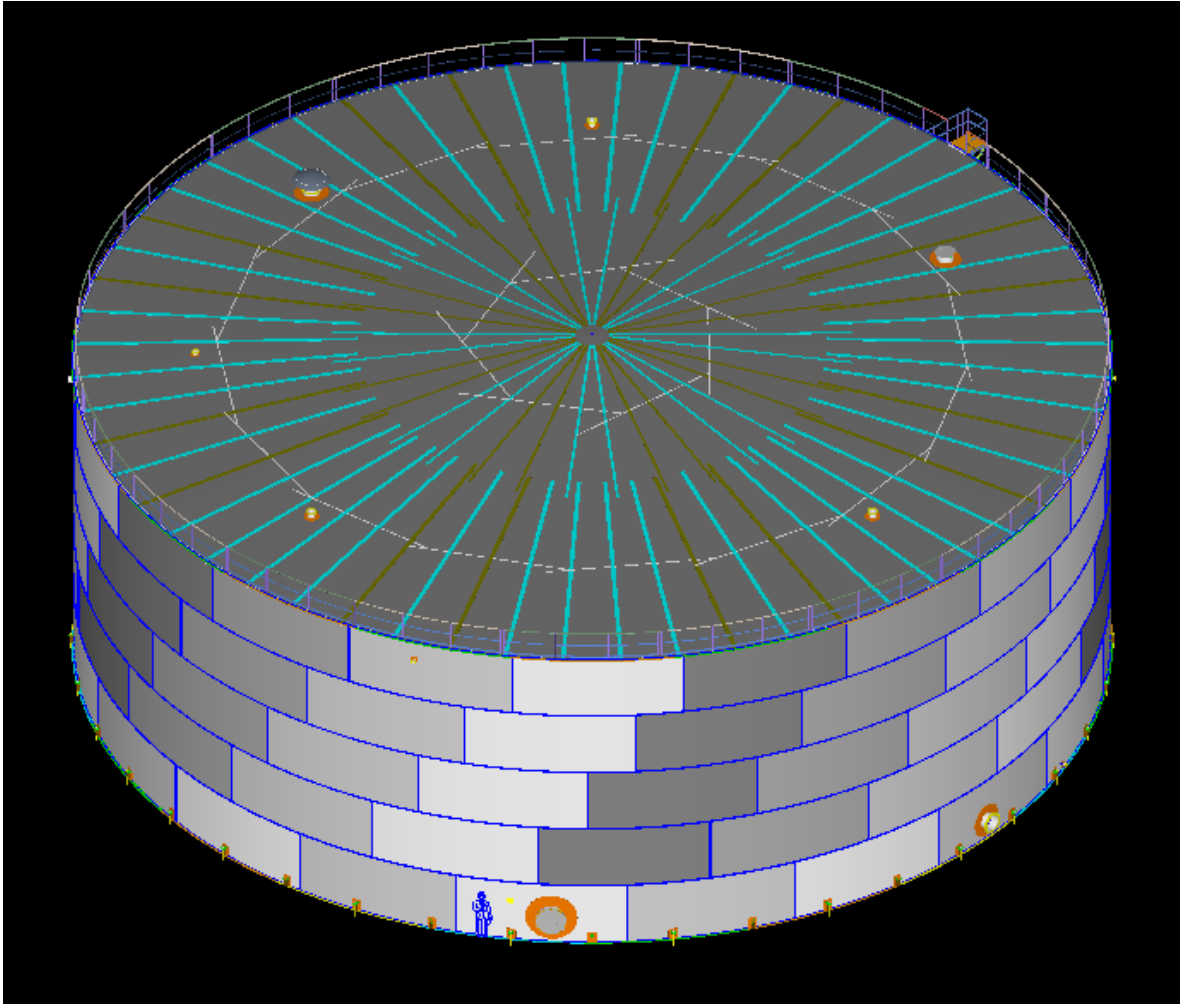


Figura 4.10 Vista del modelo virtual terminado.

Normatividad

Para el diseño y fabricación de estos equipos se deben seguir estándares y normas, para el diseño de los tanques de este proyecto se acudió a la siguiente normatividad:

Estándar API 650 “Welded Tanks for Oil Storage”

Establece los requisitos mínimos de materiales, diseño, fabricación, montaje e inspección de tanques verticales, cilíndricos, enterrados, cerrados, descubiertos en diferentes dimensiones y capacidades mientras que su presión interna se aproxime a la atmosférica (presión interna que no exceda el peso de las placas del techo), con la parte inferior apoyada uniformemente y que no sean refrigerados ni excedan una temperatura máxima de diseño de 93°C (199 °F).

Fue diseñada para proporcionar seguridad en el almacenamiento de petróleo, productos derivados de petróleo y otros productos líquidos, teniendo siempre en cuenta el aspecto económico. Además cuenta con Apéndices para características específicas de los tanques, como por ejemplo tanques de aluminio, de techo flotante, conexiones a través del fondo, etc.

NRF-PEMEX-028-2010 “Diseño y Construcción de Recipientes a Presión”

Esta norma establece los requisitos mínimos para el diseño, fabricación, construcción e inspección de los recipientes a presión que serán adquiridos o arrendados por Petróleos Mexicanos y organismos subsidiarios.

Estandar API 620 “Design and Construction of Large, Welded, Low-pressure Storage Tanks”

Los tanques descritos en esta norma están diseñados para temperaturas de diseño del metal de 121 (250°F) y con presiones internas de no más de 103 kPa (15 lb/in²) y temperaturas atmosféricas que no sean menores a -101°C (-50°F). Es importante mencionar que cuenta con Apéndices que igual que en API 650 se aplican bajo circunstancias específicas de cada tanque.

Estándar ASME SEC. VIII DIV. 1 “Rules for Construction of Pressure Vessels”

Contiene las reglas para la construcción de recipientes a presión, está dividida en tres subsecciones que son, Requisitos Obligatorios, Apéndices y Anexos no obligatorios, donde los apéndices como es de suponerse abordan temas específicos no cubiertos en otras partes de esta división así como sus requisitos y los Anexos no obligatorios sirven como guía y sugieren buenas prácticas de ingeniería.

NRF-PEMEX-113-2007 “Diseño de tanques atmosféricos”

Esta norma de referencia cubre el diseño y materiales de tanques atmosféricos cilíndricos verticales de acero, soldados, cerrados o abiertos en su parte superior, además establece los métodos para el cálculo de espesores de las placas del fondo y techo de tanques. Es de observancia obligatoria en la adquisición y contratación de diseño de tanques atmosféricos para las instalaciones de PEMEX y organismos subsidiarios.

Es importante aclarar que esta normatividad no es la única a la que se puede acudir, existen también los estándares de Underwrites Laboratories (UL), además se tiene que tener en cuenta que alrededor de cada equipo existen otras normas con las que se debe cumplir, como son las normas de pintura y aislamiento por ejemplo.

¿Cómo están vinculadas mis actividades con lo que aprendí en la Facultad de Ingeniería?

La experiencia del primer empleo creo que es algo que nunca voy a olvidar porque fue realmente difícil conseguir incluso las entrevistas, pocas eran las vacantes que contemplaban como candidato a alguien que no contara con experiencia y tampoco título, por otro lado el hecho de no estar inscrito me descalificaba como becario, pero después de un par de meses de intentar fue que logre una entrevista que fructificaría en mi primer empleo, en el proceso tuve que presentar algunas pruebas, la prueba de conocimientos incluía mucha normatividad de la que no tenía ni la menor idea pero en la parte teórica me fue mejor pues se me preguntó acerca de bombas, HVAC (heating ventilating and air conditioning) y un poco de mecánica de fluidos, entre otros. Yo hice lo que fue mi mejor esfuerzo para esa prueba y es aquí donde empiezan a contar los conocimientos adquiridos durante mi formación como ingeniero.

Una vez contratado podría decir que casi paso un mes en el que me la pasaba leyendo documentos y aplicando formatos, podría parecer que es tiempo perdido pero en realidad me sirvió para aprender la manera en la que se trabajaba y enterarme sobre el proyecto, después de un tiempo se me empezaron a asignar tareas de diseñador, la mayoría era para corregir planos o elaborar algún detalle. En el momento que se me asignan tareas de diseño surge la necesidad de manejar AutoCAD, que es un software que como alumno de ingeniería mecánica no lo ocupé en ninguna materia obligatoria sin embargo el hecho de haber tomado dibujo y posteriormente mi empleo como Ayudante de Profesor de Asignatura me deja preparado para esta tarea, además al sumarse lo aprendido en dibujo y reforzado en dibujo mecánico hace que sea una tarea realmente sencilla, pero no es trivial, mi formación me apoya para la elaboración de cada trazo hasta la distribución de cotas y elementos en todo el espacio del plano. Esta además decir que para esta tarea se necesita bases sólidas de geometría y capacidad para manejar las escalas de dibujo.

Al pasar el tiempo aumenta la dificultad en la elaboración de plano hasta el punto donde tengo que elaborar un plano completo desde cero, en esta parte ya entendía la simbología de soldadura, conocía todos los elementos de los tanques y empezaba a conocer la normas de diseño, a esta altura de mi aprendizaje es que empiezo a ser capaz de detectar anomalías de diseño, generalmente dimensiones fuera de norma y conflictos en la distribución de algunos elementos que ya están o que se agregarían después pero presentando problemas para funcionar, por ejemplo tuberías y sus válvulas o equipo interno que es responsabilidad de “otros” pero donde debe quedar la preparación para después.

En el desarrollo de todo mi trabajo termino haciéndome de una versión del AMETank a la que tengo acceso en mi computadora personal y empiezo por mi cuenta a elaborar modelos virtuales de tanques que ya se habían modelado en el trabajo, me apoyo también de las hojas de datos, de los planos y de las memorias de cálculo que el software genera. En este momento es donde tiene mayor impacto mi formación como ingeniero porque con lo que tengo a la mano empiezo un autoaprendizaje para el manejo del AMETank. Surge la necesidad de entender el procedimiento de cálculo que reporta una memoria para que con esto empiece a manipular el software y llevarlo a generar resultados coherentes.

Mi desarrollo profesional aunque a pasos pequeños sigue avanzando pues bajo la guía del especialista surge la necesidad de que sea yo quien genere las memorias de cálculo tanto en AMETank como en PVElite, pues el especialista aunque es un experto en tanques no maneja con soltura estas 2 herramientas, estas circunstancias me son sumamente favorables pues tengo la oportunidad de empezar el diseño de tanques en proyectos reales y cuento con alguien con muchos años de experiencia sobre todo en fabricación, que además es una persona que quizá debido a su edad no tiene problema en enseñar lo que sabe, además de revisar y corregir, dado estas circunstancias empiezo a sentirme a gusto con mi trabajo, porque a decir verdad ya estaba aburrido de las otras tareas.

El hecho de comenzar con el diseño de los tanques es una tarea que en principio me orilla a buscar entender el análisis que se hace en el método de cálculo por ejemplo de los espesores, tener siempre presente las propiedades de los materiales y sus geometrías, pues por ejemplo para la orientación de la geometría de un sección de un perfil que busca “atiezar” el cuerpo, es importante tener en cuenta el momento de inercia, para las condiciones de operación es necesario considerar el material, incluso para identificar los elementos y sus características vuelve a resaltar la importancia de mi formación en la facultad tanto en la teoría como en la práctica, los problemas de menor dificultad pero más frecuentes son en la selección de boquillas, donde uno se apoya de tablas y gráficas para sustentar la selección y lo mismo sucede para su ubicación, otro problema frecuente es comprobar las distancias y magnitudes que llega a determinar el programa pues para este momento las memorias que yo genero sirven a un dibujante como apoyo para su trabajo, de manera que algún error de mi parte no solo perjudica mi trabajo sino también el de alguien más y yo soy responsable de ese error, porque aunque tengo un supervisor que debido a sus otras actividades le puede pasar inadvertido mi error, en el momento que alguien lo detecte yo soy el primero en rendir cuentas al respecto, pues como ya lo mencione es mi responsabilidad.

Conclusiones

Aunque este no es mi primer empleo, si es el primero en actividades de ingeniería y como tal en todo el tiempo que llevo desempeñándolo, llego a diferentes conclusiones sobre todo lo que fue mi proceso de formación en la Facultad de Ingeniería en un aspecto académico y personal, dentro de todas, las que considero más importantes son:

Mi formación como ingeniero no está enfocada únicamente a un aspecto técnico o científico, al estar en contacto con diferentes carreras de la misma facultad e incluso de toda la universidad, así como compañeros con maneras de pensar tan variadas, diferentes estilos de vida y con la facultad consciente de la necesidad de una formación integral y la importancia del sentido humanístico han logrado hacer de mí una persona capaz de alcanzar las metas que el empleo demande, mantener canales de comunicación con las disciplinas y todo el personal que está a mi alrededor, de expresar mis puntos de vista y aclarar mis dudas incluso la capacidad para ser tolerante y controlar mis emociones en momentos críticos.

El aprendizaje más importante que me dejó la Facultad de Ingeniería y aunque a veces lo digo como una broma, es que aprendí a aprender, es decir, en la Facultad no pude haber hecho ejercicios para todos los problemas que me depare la vida profesional, por ejemplo, nunca había diseñado ningún tipo de tanque o manejado ningún software de diseño de tanques y mucho menos tenía conocimiento de su normatividad, pero estoy convencido que yo y todos mis compañeros somos capaces de enfrentar cualquier problema y encontrarle solución.

Al menos en las actividades que he desempeñado, todas están dentro del marco de una normatividad que establece claramente cómo se deben llevar a cabo, esto en un principio puede parecer limitativo e incluso lo es, en el sentido de no admitir alguna idea nueva, pero es gracias a mi formación que puedo entender la metodología y llevarla a cabo, incluso sentir una curiosidad que me motiva a no aceptar la imposición de una fórmula intentando encontrar sus orígenes.

Otra conclusión que tengo que resaltar, es el hecho de tener una base gracias a las enseñanzas de todos mis profesores que me permiten establecer criterios tanto en la manera de trabajar como en el momento de tomar alguna decisión en lo que al diseño y selección se refiere.

Por último me gustaría hacer énfasis en la necesidad de alcanzar un nivel bilingüe en el idioma inglés, pues estoy completamente convencido que marca una diferencia entre encontrar un trabajo y un buen trabajo, es por eso que creo que la facultad debería tomar en sus manos este asunto.

Referencias

American Petroleum Institute. (Marzo 2013). Welded Tanks for Oil Storage.

American Petroleum Institute. (Octubre 2013). Design and Construction of Large, Welded, Low-pressure Storage Tanks.

Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios. (2010). NRF-113-PEMEX-2007.

The American Society of Mechanical Engineers. (2013). Rules for Construction of Pressure Vessels.

Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios. (2010). NRF-028-PEMEX-2010.