



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**El Ingeniero Mecánico en el diseño,
venta y control de calidad en el
giro de los recipientes a presión**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de

Ingeniero Mecánico

P R E S E N T A

Luis Mario Meneses Ruíz

ASESOR DE INFORME

M.I. Antonio Zepeda Sánchez



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2022

Índice

Capítulos	Página
1. Introducción	3
2. Objetivo	5
3. Descripción de la empresa	5
4. Antecedentes	6
5. Contexto de la participación profesional	8
6. Metodología utilizada	21
7. Resultados	29
8. Conclusiones	31
9. Bibliografía	33

1. Introducción

El presente informe que para obtener el título de Ingeniero Mecánico describe mis actividades profesionales relacionadas directamente con la carrera de Ingeniería Mecánica realizadas en el año 2019 en la empresa IEFSA, S.A. DE C.V. (Ingeniería y Equipos de Filtración Ingefisa S.A. de C.V.) dedicada al diseño, manufactura y venta de los recipientes a presión para la industria del gas y aceite de manera nacional e internacional.

Hablando sobre los recipientes a presión, estos son recipientes cerrados, diseñados y construidos de acero ya sea al carbón o acero inoxidable para soportar fluidos a una presión sustancialmente diferente de la presión atmosférica ya sea por presión interna o presión externa independientemente de su forma y dimensiones. Se considera “recipiente a presión”, cuando el contenedor excede 15 psig/1.035 bar.

Los recipientes a presión manufacturados por la empresa IEFSA, S.A. de C.V. son equipos de filtración y equipos de coalescencia que incluyen un contenedor (housing) y sus respectivos elementos filtrantes o separadores. Los materiales de fabricación son acero al carbón, acero inoxidable y aleaciones especiales de estos dos mencionados anteriormente que son empleados principalmente para garantizar la calidad del producto, la protección necesaria al equipo e instrumentación para su proceso correspondiente.

La empresa IEFSA, S.A. de C.V. cuenta con las siguientes líneas de productos:

Separadores ciclónicos, bifásicos y trifásicos, tanques colectores, rectificadores, depuradores para gas, filtros y coalescedores de alta eficiencia para gas, filtros coalescedores liquido-liquido, filtros tipo canasta simplex (strainers simplex), filtros tipo canasta dúplex (strainers dúplex), cónicos, filtros tipo canasta y tipo 'y' de fundición, bolsas filtrantes, elementos filtrantes para líquidos, gases, aire comprimido, gas natural y gas amargo, mallas coalescedoras, placas tipo vanes, manómetros de presión diferencial y transmisores inteligentes.



Imagen 1. Productos IEFSA, S.A. DE C.V. presentes en las industrias más importantes.

La empresa IEFSA, S.A. de C.V. participa en los siguientes mercados:

Industria química, petroquímica, electrónica, farmacéutica, alimenticia, de bebidas, pinturas, recubrimientos, manufactureras, de generación eléctrica, de estaciones de gas natural comprimido, de fibras sintéticas entre otros.

Las actividades descritas en el presente informe realizadas durante mi periodo laboral se desempeñaron inicialmente como becario en el puesto de *Auxiliar de Ventas* realizando las propuestas técnicas comerciales que atendían a las solicitudes de los clientes que requerían algunos de los recipientes a presión de IEFSA S.A. de C.V. para sus proyectos. Algunas otras actividades fueron la cotización de materiales y apoyar en la modernización de la página web de la empresa en la parte de actualizar el contenido media con imágenes renderizadas mediante el software de computadora KeyShot 8 junto con algunas imágenes estilo *blue print* de los productos de la empresa mediante la herramienta Photoshop. Esto para ofrecer a la página el mejor ambiente estético y de ingeniería, referente al giro de la empresa. Posteriormente fui promovido por un contrato de tiempo completo en la posición como Ingeniero de Control de Calidad donde las actividades realizadas fueron la inspección, rastreabilidad de materiales/componentes como bridas, válvulas y placas de acero principalmente, midiendo sus espesores y registrando los números de colada de cada material/componente para comprobar bajo los datos de tablas indicadas en las normas que fueran los correctos para evitar irregularidades. Otras actividades desempeñadas como Ingeniero de Control de Calidad fueron los levantamientos de las *estampas* de soldador para llevar a cabo el registro de las líneas de soldaduras de cada pailero de la planta que realizaba para la construcción de los recipientes a presión, así como también los análisis de las pruebas hidrostáticas y neumáticas. Las pruebas no destructivas como la de líquidos penetrantes, inspección visual, dimensional y pruebas de adherencia de pintura. Finalmente, la realización del dossier de calidad solicitado por el código ASME y la realización de los planos de manufactura de los recipientes a presión mediante el software de dibujo asistido por computadora AutoCAD.

Los conocimientos de la carrera de Ingeniería Mecánica que se emplearon en las actividades profesionales dentro de la empresa IEFSA, S.A. DE C.V. tanto teóricos como prácticos fueron de gran importancia, así como las habilidades suaves para uso de una manera profesional y social. Las habilidades en el uso de herramientas computacionales que fueron las que resultaron mejor desarrolladas gracias a la presencia de estas en la en el desarrollo de las actividades que se describen más adelante en este reporte.

IEFSA S.A. DE C.V. al ser una empresa bien posicionada en la industria de la manufactura de los recipientes a presión, dentro del giro metalmeccánico, tiene un papel muy importante porque engloba diversas ingenierías en el campo como Ingeniería Química, Ingeniería de Materiales, Ingeniería de Fluidos, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Petrolera, etc. Llegando así a la conclusión de que haber laborado en esta empresa mientras cursaba mi último semestre de la carrera resultó enriquecedor de manera cultural, académica y profesional, lo que favoreció en mi formación final como Ingeniero Mecánico en la Facultad de Ingeniería.

El desarrollo de este reporte podría considerarse no solamente como un resumen de mis actividades profesionales en IEFSA S.A. DE C.V, sino como una pequeña demostración a los jóvenes estudiantes de lo que ofrecen las empresas a sus nuevos empleados y sobre mis experiencias laborales como estudiante de la UNAM, así como los conocimientos y habilidades que adquirí.

2. Objetivo

Transmitir mediante el resumen general de mis actividades profesionales la experiencia de la iniciación laboral como Ingeniero Mecánico en la empresa IEFSA, S.A. DE C.V. dedicada a la construcción y venta de recipientes a presión, así como compartir los conocimientos que se desarrollaron y se adquirieron en las actividades profesionales. Así mismo, compartir las enseñanzas y la importancia sobre trabajar en equipo, de manera organizada en tiempo y forma, de los conocimientos de la carrera útiles en cualquier situación y finalmente de demostrar la importancia del área de control de calidad en una empresa.

3. Descripción de la empresa

Ingeniería y Equipos de Filtración, S.A. de C.V. (IEFSA, S.A. de C.V.) es una compañía de servicio en la industria del Gas y Aceite que tiene como mayor recurso su personal altamente capacitado para desarrollar proyectos de acondicionamiento de fluidos y proveer a sus clientes con resultados que permitan obtener el mejor retorno a su inversión en sus proyectos de filtración y coalescencia con equipos tales como filtros canasta, filtros cono de bruja, filtros bolsa, ciclones, coalescedores bifásicos, trifásicos, líquido-líquido, gás-líquido, etc. Para lograrlo cuenta con un personal de más de 100 empleados y una experiencia internacional y nacional de más de 30 años de respaldo, que asegura que obtendrá tecnología de punta, optimización de sus procesos, alta calidad y tiempo exacto al mejor precio.

Historia

En julio de 1998 se funda IEFSA, S.A. de C.V. en Ciudad de México con la finalidad de atender un mercado creciente de sistemas de filtración, separación y coalescencia de una manera integral en lo que respecta a ingeniería de diseño como una parte de suma importancia en el proceso total del cliente. Suministrar equipos con tecnología de punta. Involucrarse con el cliente de tal forma que al usar cualquier producto o servicio de la empresa obtenga una relación costo-beneficio de alta rentabilidad. Personal experto que solucione cualquier problema de ingeniería, diseño u operación con un enfoque hacia el proceso específico. En julio de 2008, cumpliendo 10 años de atender este mercado y dando el mejor servicio a sus clientes, IEFSA, S.A. de C.V. obtiene la certificación ante ASME y el registro por parte de National Board of Boiler & Pressure Vessel Inspector para la fabricación de recipientes a presión en la propia planta ubicada en Xalostoc, Ecatepec, EDOMEX.

IEFSA, S.A. de C.V. también cuenta con el registro nacional de instituciones y empresas científicas y tecnológicas (reniecyt) con no. 2006/3088 que otorga Conacyt a las empresas generadoras de nuevas tecnologías. La empresa ha recibido premios, reconocimientos y estímulos fiscales de parte de Conacyt por los desarrollos tecnológicos logrados en las áreas de separación petróleo- gas natural, filtración de leche y acondicionamiento de gas natural para plantas de generación eléctrica.

Visión

Ser empresa líder en los mercados de equipo de filtración y coalescencia, respaldados por el trabajo de los equipos altamente calificados y el uso de tecnologías de nueva generación que nos permite dar respuestas a la industria nacional e internacional con altos estándares de calidad.

Misión

Mantener apegados la ingeniería y diseño de nuestros productos a las más estrictas normas de ingeniería de recipientes a presión para el dimensionamiento, cálculo de espesores, selección de materiales, selección y posición de válvulas, instrumentación, creación de planos, etc.; con base en el desarrollo de meticulosos procesos de análisis, evaluación y validación de productos que nos permitan atender puntualmente las necesidades y estándares de nuestros clientes.

4. Antecedentes

Laborar en Ingeniería y Equipos de Filtración, IEFSA, S.A. de C.V. como Ingeniero Mecánico requiere de los conocimientos más importantes y principales de diversas ramas. Tales conocimientos demandaban la rama en mecánica de fluidos como composición, densidad, viscosidad, toxicidad, diferenciales de presión permisibles, etc. En sólidos en suspensión como composición, porcentajes en peso, porcentajes en volumen, tamaño de partícula, etc. En diseño de materiales como cálculo de espesores, costos, tipos y grados de aceros, resistencia mecánica, etc. Finalmente, en procesos de manufactura como soldadura y maquinado de piezas.

El conocimiento en el uso de las herramientas computacionales juega un papel muy importante ya sea desde el uso de Microsoft Excel hasta uso de softwares de dibujo asistido por computadora (CAD) ya que con dichas herramientas se realiza el trabajo diario en la mayoría de las empresas de Ingeniería agilizando las metodologías de los procesos llevados a cabo para el desarrollo de las actividades profesionales como planos de manufactura, los análisis o programaciones que correspondan y la documentación correspondiente solicitada.

Los conocimientos adquiridos en la carrera deben representar la forma de pensar, opinar y de relacionarse durante todo momento, el estudiante recién egresado debe estar preparado mentalmente para las actividades del puesto descritas en las vacantes, se deben tener las aptitudes y habilidades suaves para llevar a cabo tareas con mayor responsabilidad como la identificación, análisis y resolución de problemas bajo cierta presión de carga de trabajo. El trabajo en equipo juega el papel más importante ya que el Ingeniero Mecánico debe saber relacionarse en cualquier entorno laboral para poder cumplir con las tareas asignadas por los jefes directos o supervisores.

Los conocimientos adquiridos en IEFSA, S.A. de C.V. complementan todos los adquiridos durante la carrera. Durante las actividades profesionales en la planta de Xalostoc, Ecatepec se adquirieron conocimientos tanto teóricos como prácticos al observar constantemente los recipientes en proceso de construcción y durante las pruebas.

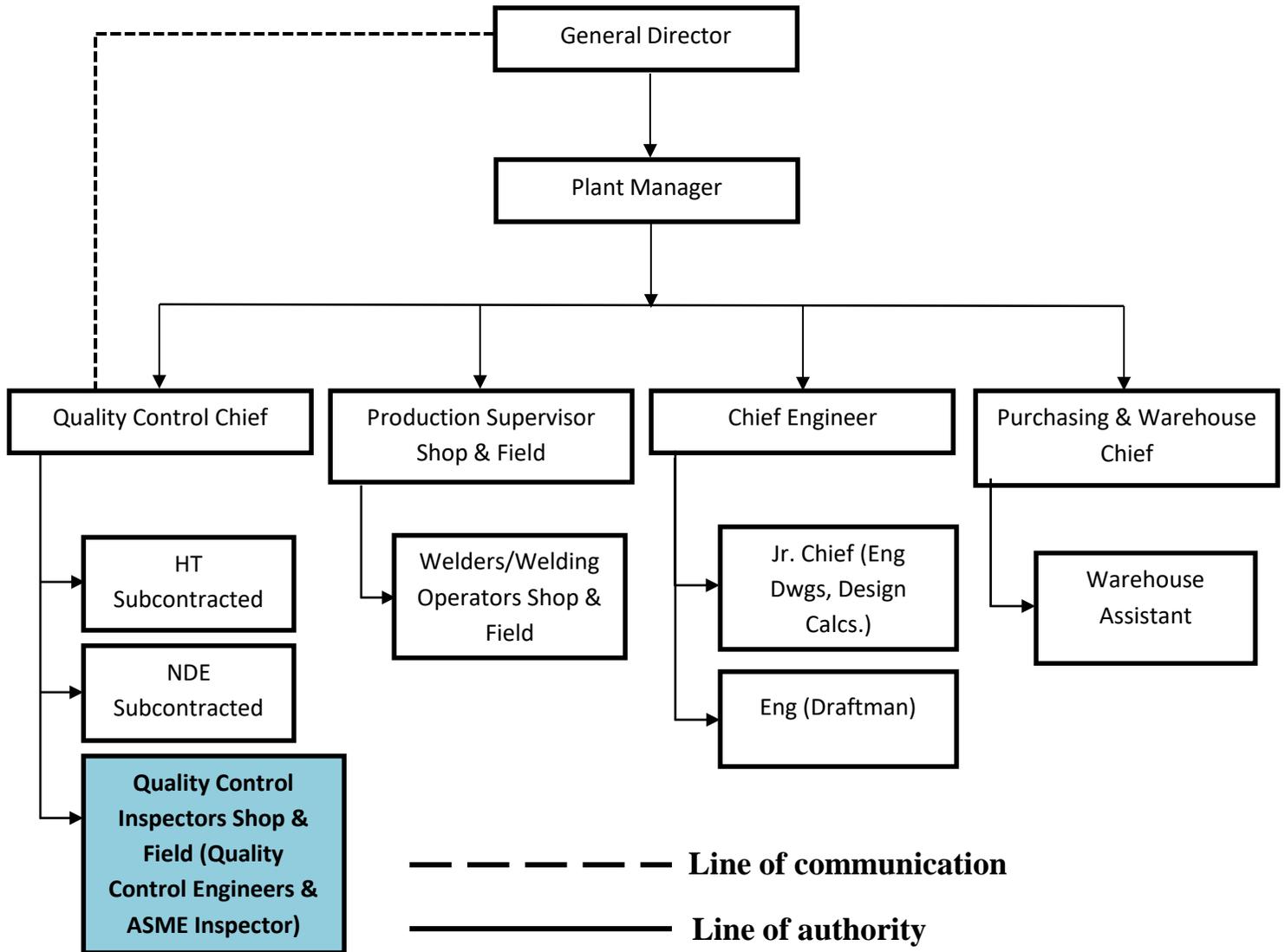
Se podría hacer una lista de las materias más importantes que influyeron en el desarrollo de las actividades profesionales, pero considero que la carrera de Ingeniería Mecánica está planificada adecuadamente y aparte completa para asegurar un desarrollo exitoso en el perfil del Ingeniero

Mecánico en cualquier área laboral que se vaya a profundizar. Dicha carrera no sólo te prepara como un profesional en ingeniería, sino también en el ámbito de desarrollo humano, relaciones personales, cultura, ética, etc., que son la otra mitad de los puntos a favor del perfil académico que debe tener el Ingeniero Mecánico para tener éxito en cualquier trabajo y situación de la vida. Los valores juegan un papel importante debido a que las empresas hoy en día fomentan filosofías de trabajo en sus empleados para evitar ilegalidades, problemas internos, conflictos de intereses, etc.

La Facultad de Ingeniería de la UNAM cumple y lleva a cabo los planes de estudios con el total aspecto científico, ético y moral que deben tener los estudiantes egresados de cualquier ingeniería, preparados completamente para una exitosa carrera laboral.

5. Contexto de la participación profesional

I. Organigrama de IEFSA, S.A. DE C.V.



II. Actividades profesionales como Auxiliar de Ventas (Becario)

Tras cursar el último semestre de la carrera de Ingeniería Mecánica a finales del año 2019, se presentó la oportunidad de laborar como becario en la empresa IEFSA, S.A. de C.V., una compañía de servicio en la industria del Gas y Aceite que diseña y manufactura recipientes a presión.

El puesto de becario consistía en asumir la responsabilidad en la posición de auxiliar de ventas que consistía en generar propuestas técnicas del producto ofertado con precios estimados dentro del contexto de la necesidad y solicitud específica de los clientes.

La industria del gas y aceite es la principal fuente de trabajo o directa de IEFSA, S.A. de C.V. y se divide en tres segmentos: el *upstream*, *midstream* y *downstream*. Las empresas *upstream* o de exploración y producción (E&P) encuentran yacimientos y perforan pozos de petróleo y gas. Las empresas *midstream* son responsables del transporte desde los pozos hasta las refinerías y las empresas *downstream* son responsables de la refinación y la venta de los productos terminados. IEFSA, S.A. de C.V. entra en la participación de los últimos dos segmentos.

Clientes como PEMEX, ICA FLUOR, Iberdrola, Kiewit, Hidrosur, entre muchas otras dedicadas al giro *midstream* y *downstream* en la industria del gas y aceite y otras empresas fuera de esta, solicitan ocasionalmente productos al mejor precio y de la mejor calidad mediante convocatorias o concursos para que diferentes empresas participen y así ganar la licitación correspondiente al proyecto del producto.

- **Propuestas técnicas o estimados comerciales**

Las solicitudes de los clientes especifican los datos que se deben analizar para preparar y realizar la propuesta técnica comercial correspondiente del producto adecuado bajo los requerimientos establecidos de diseño.

Dichos datos eran los siguientes:

1. *Condiciones de diseño: Tipo de función, tipo de fluido, cantidad de fluido a operar (m^3/h), presión de operación y caída de presión permisible (kg/cm^2), temperatura de operación ($^{\circ}C$), viscosidad (cP) y tamaño de partícula a remover (micrones).*
2. *Diseño mecánico: Tipo de recipiente, Presión de diseño (kg/cm^2), temperatura de diseño ($^{\circ}C$), corrosión permisible (mm), normativa de construcción empleada, orientación de filtración, tipo de tapa, soportes del recipiente, tipo de sandblast, tipo de primer y tipo de pintura final.*
3. *Materiales mandatorios de construcción: Cuerpo del recipiente (Shell), tapas, faldón, boquillas, internos y soportes.*
4. *Dimensiones y tipos de las boquillas del recipiente: La de entrada, salida, de ventilación, de drenaje y de la instrumentación.*
5. *Composición del fluido.*

Una vez haciendo los cálculos y análisis necesarios se realizaba y se enviaba la propuesta técnica al vendedor de IEFSA, S.A. de C.V. que hubiera solicitado el equipo y posteriormente de su revisión es enviada al cliente la cual contenía lo siguiente:

- 1) *Código de identificación de la empresa.*
- 2) *Dimensiones preliminares: Diámetro del cuerpo (pulgadas), Longitud T-T (pulgadas), espesor de cuerpo y tapas (pulgadas).*
- 3) *Peso del equipo.*
- 4) *Tipo de equipo y características.*
- 5) *Características del radiografiado incluido.*
- 6) *Pruebas incluidas.*
- 7) *Acabado.*
- 8) *Precio del equipo(s) y condiciones y cláusulas de venta.*

De manera resumida, los pasos enlistados anteriormente establecían la actividad del puesto de *Auxiliar de Ventas* en donde una vez teniendo la propuesta lista, esta era enviada al respectivo cliente y así estar preparado ante un posible seguimiento de la solicitud.

Pero para darnos una idea del conocimiento que se tenía que dominar en la posición como *Auxiliar de Ventas* al momento de realizar una propuesta técnica, a continuación, se mencionarán las descripciones generales de los productos y su funcionamiento para entender el contexto del conocimiento principal requerido para cada diferente solicitud de recipiente a presión.

Tipos de recipientes a presión por IEFSA, S.A. de C.V.

De tipo filtro:

- **Canastas (Strainers)**

Son sistemas de filtración de sólidos de un tamaño de hasta 75 micras, están formados por un contenedor o housing y el medio filtrante es una canasta de metal perforado y malla metálica. Su aplicación principal es la protección de equipos de bombeo, compresión y de instrumentación, principalmente. Los materiales de fabricación son acero al carbón, acero inoxidable y aleaciones especiales. Las presiones de diseño pueden ser 150 lb/in² a 1500 lb/in² o mayores. Algunos tipos de strainer son:

1. *Strainer duplex.*
2. *Strainer cónico.*
3. *Strainer "Y"*
4. *Strainer cartucho*
5. *Strainer bolsa*
6. *Strainer carbón*

De esta manera, previamente a un filtrado más complejo, las canastas ayudan a remover los sólidos o impurezas del fluido más grandes y así a evitar en la continuidad del proceso del fluido daños en bombas, compresores y los otros recipientes a presión de la planta donde circule el fluido en proceso.



Imagen 2. Filtros Strainers en arreglo dúplex.

- **Filtro Cartucho**

Los filtros cartucho se ocupan cuando se requiere garantizar la especificación y calidad de un fluido en aplicaciones farmacéuticas, agua y productos industriales. Las retenciones de sólidos van de 0.2 a 125 micras. Son de diferentes eficiencias, retenciones y materiales de fabricación de acuerdo con los requerimientos del proceso que van desde acero al carbón, acero inoxidable y aleaciones especiales. Los cartuchos filtrantes se fabrican en polipropileno, poliéster, celulosa, fibra de vidrio y acero inoxidable.

- **Filtro bolsa**

Los filtros bolsa se conforman por un contenedor o housing, y una canasta para soportar las bolsas que son de polipropileno, poliéster, nylon, etc. Cubren prácticamente las mismas aplicaciones que los filtros de cartucho y se recomiendan en aplicaciones con un mayor contenido de sólidos en suspensión.

Datos del cliente necesarios para realizar propuesta técnica de un filtro strainer, cartucho y bolsa:

- 1) *Flujo máximo (Mbd/m³/h)*
- 2) *Presión máxima (kg/cm²)*
- 3) *Presión de diseño (kg/cm²)*
- 4) *Tamaño de partícula a remover (in, mm, micrones)*
- 5) *Densidad específica del fluido (cP)*
- 6) *Tamaño de conexiones requeridas en el recipiente*

De tipo separadores:

- **Separador Bifásico y Trifásico**

En la industria petrolera, la separación de fluidos de lo extracto (aceite, agua y gas) con la eficiencia adecuada es de suma importancia, para ello se tienen los separadores bifásicos y trifásicos. El diseño de estos equipos es de acuerdo con el código API 12 J. La función de estos equipos es la separación de fases en las mezclas bifásicas (Líquido-Gas) o trifásicas (Aceite-Agua-Gas) provenientes de pozos productores.

Esta separación está dada en las siguientes etapas:

1. **Separación inicial:** Se genera con el cambio de dirección en el fluido, esto provoca la separación líquido-vapor.
2. **Sedimentación por gravedad:** Está dada por la diferencia del tamaño de partícula entre las fases, las gotas más pequeñas son arrastradas hacia la fase gas y las de mayor tamaño se quedan en la interfase líquido-gas, finalmente, las gotas que fueron arrastradas coalescen y caen.
3. **Separación por densidad:** En los separadores trifásicos, hay una etapa en la cual, por diferencia de densidades, se da una separación líquido-líquido en donde la fase liviana es el aceite y la fase pesada es el agua, separándose éstas por gravedad en diferentes secciones del separador.



Imagen 3. Separador trifásico.

- **K.O. Drums (Knockout Drums)**

Son utilizados en la industria para la remoción de partículas líquidas suspendidas en el gas. Estas son separadas del fluido por medio de un mecanismo de expansión y fuerza centrífuga para, posteriormente, caer por gravedad. Es adecuado para una separación de partículas líquidas de tamaño mayor a 10 micras y cuando la fracción de volumen del líquido es alta. Su eficiencia en partículas líquidas es de 99% en 10 micras y mayores.

- **Separador Ciclónico**

Un separador ciclónico es un equipo similar al K.O. Drum, pero al cual se le colocan unos internos que incrementan el mecanismo de separación por la fuerza centrífuga, incrementado la velocidad con la cual las partículas de líquido se impactan en las paredes del recipiente, evitando la reentrada de los líquidos separados a la corriente de salida del gas.



Imagen 4. Separador Ciclónico.

En este tipo de separador la eficiencia de separación, con respecto a las partículas líquidas, puede llegar a 99% de 5-10 micras y mayores. En los casos en los que se requiere de mayor eficiencia se puede añadir un *demister pad de vanes* o *malla demister* pudiendo separar el 99% de partículas de 3 micras y mayores.

- **Tanque de condensados**

Recipientes hechos para almacenar líquidos que ya fueron drenados de otros equipos de filtración, esto se debe a que los líquidos se utilizan para otros procesos en donde se requiera para el funcionamiento del proceso.

Datos del cliente necesarios para realizar propuesta técnica de un separador:

- 1) *Flujo máximo (Mbd, m³/h, ft³/min)*
- 2) *Presión mínima & máxima (kg/cm²)*
- 3) *Presión de diseño (kg/cm²)*
- 4) *Temperatura de operación (°C)*

- 5) *Viscosidad (cP)*
- 6) *Factor de compresibilidad*
- 7) *Tamaño de conexiones requeridas en el recipiente*



Imagen 5. Tanque de condensados.

Coalescedores:

Los filtros coalescedores sirven para separar distintas sustancias químicas en un líquido. Son comúnmente usados para el petróleo, en refinerías e industrias químicas.

- **Coalescedor Líquido-Líquido**

Son comúnmente utilizados en la filtración de combustible para aviones (turbosina). También pueden ser utilizados con otros tipos de combustibles, corrientes de proceso en refinerías y plantas petroquímicas. También se puede dar la separación de otros líquidos si estos son inmiscibles y las gravedades específicas son diferentes.

Este equipo utiliza dos tipos de elementos:

- **Elemento coalescedor:** Aquí las gotas de agua altamente dispersas y emulsificadas forman gotas más grandes. Estas gotas se van a la superficie exterior del cartucho y caen por gravedad.
- **Elemento separador:** Aquí se aglutinan las pequeñas gotas que no pudieron ser depositadas por gravedad en la primera etapa para finalmente caer por su propio peso.

- **Coalescedor Gas-Líquido**

Los coalescedores líquido-gas son utilizados para remover líquidos y condensados indeseables en una corriente de gas. Tienen diferentes aplicaciones en la industria y son de alta eficiencia.

Para separar los elementos no deseados se filtran de la siguiente manera: el fluido ingresa al equipo y pasa a través del medio filtrante, desde el interior al exterior. Después, el líquido y el elemento coalescedor se aglutinan (coalescen), a través de este proceso las gotas de líquido en suspensión se depositan en el fondo del recipiente para posteriormente ser drenado. Así el gas queda entonces dentro de especificaciones normativas en cuanto a líquidos y sólidos en suspensión.

Datos del cliente necesarios para realizar propuesta técnica de un coalescedor:

- 1) *Flujo máximo (Mbpd, m³/h, ft³/min)*
- 2) *Presión mínima & máxima (kg/cm²)*
- 3) *Presión de diseño (kg/cm²)*
- 4) *Temperatura de operación (°C)*
- 5) *Eficiencia de filtración (@% en partículas sólidas de # micras)*
- 6) *Eficiencia de coalescencia (@%)*
- 7) *Tamaño de conexiones requeridas en el recipiente*



Imagen 6. Filtro coalescedor.

Dentro de toda la información dicha anteriormente surgían las actividades relacionadas directamente con las responsabilidades del *Auxiliar de ventas* para atender las necesidades del cliente. De manera indirecta, con el motivo de apoyar a lograr una mejora en la difusión de la imagen de la empresa, se planteó un proyecto para la modernización de la página web, ya que la versión anterior era escasa de contenido y seguimiento. Dicho esto, al contar con los conocimientos en el uso de la herramienta Keyshot 8 para renderización de imágenes en alta calidad, propuse que en la nueva página web se tuvieran este tipo de imágenes para mostrar los productos a la venta de manera formal y digitalizada con el objetivo de darle calidad y presentación al catálogo de productos.

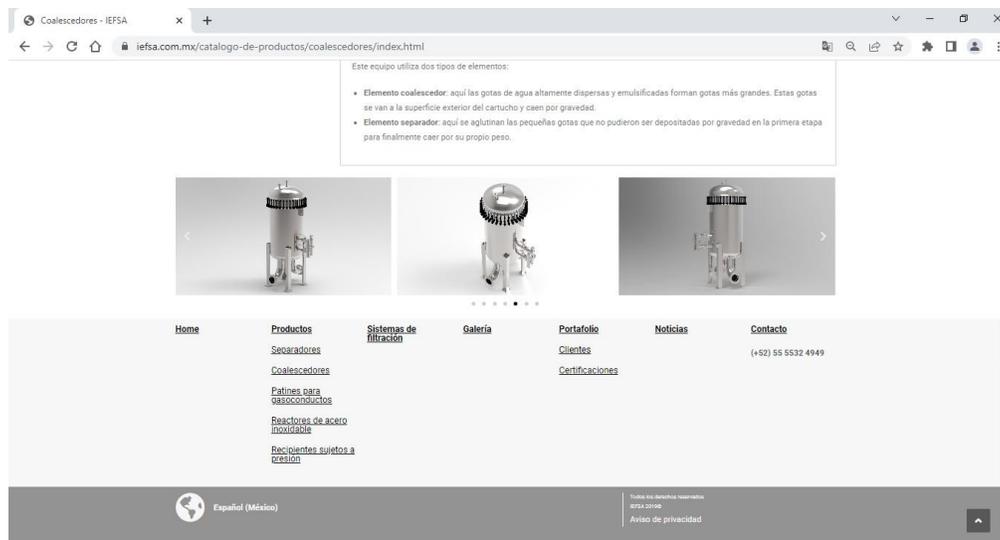


Imagen 7. Página web de IEFSA con imágenes renderizadas.

Al estar de acuerdo con la idea los directivos de la empresa, se fueron trabajando más ideas para la página web como por ejemplo las imágenes en estilo *blue print* que contemplan un diseño de bocetos en fondo color azul con los trazos del dibujo en color blanco para darle una visión a la página de manera innovadora.

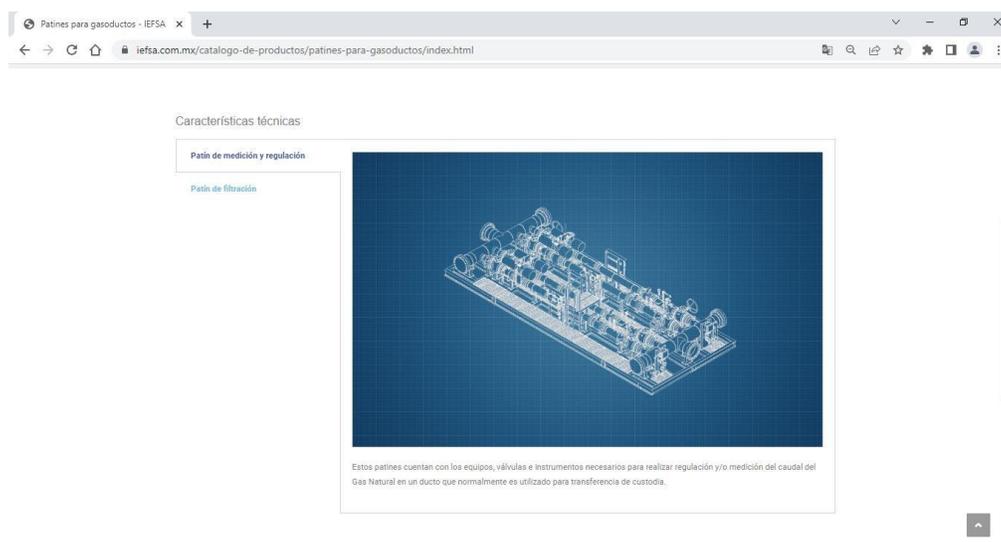


Imagen 8. Página web de IEFSA con imágenes en blue print.

Finalmente, se realizaron herramientas computacionales para el cálculo automático de elementos filtrantes y coalescedores en Excel logrando así una realización de las propuestas de manera rápida y eficiente. A continuación, se destacarán las actividades como Ingeniero de Calidad.

III. Actividades profesionales como Ingeniero de Control de Calidad (contrato de planta)

Tras haber finalizado mi periodo laboral por un tiempo de seis meses como becario en IEFSA, S.A. de C.V. bajo la función de auxiliar de ventas, fui contratado por tiempo completo para el puesto de Ingeniero de Control de Calidad, puesto que se debía desempeñar en la planta de manufactura ubicada en Xalostoc, Ecatepec. Oficialmente fui promovido como Ingeniero de planta.

Como Ingeniero recién egresado tuve que poner todos los conocimientos adquiridos de la carrera en marcha para lograr los mejores resultados posibles ya que las actividades laborales en una planta de manufactura dentro de las áreas de calidad son un desafío técnico, teórico, normativo y económico.

Los líderes de las empresas buscan en el personal nuevo o recién egresado de cualquier universidad perfiles para mejorar y hacer eficientes las metodologías de trabajo que en ese momento se encuentren en funcionamiento ya sea desde la generación de documentos en computadora o hasta un proceso de manufactura. En IEFSA, S.A. de C.V. se busca en todo momento la manufactura en tiempos rápidos con la misma calidad en construcción cumpliendo con normativa. Este objetivo en el área de calidad se ve obligado a mejorar año tras año, ya que aumentaba la cartera de clientes y solicitudes, pero no siempre el personal de trabajo.

Durante los 4 meses laborados en IEFSA S.A. DE C.V. bajo el puesto de Ingeniero de Control de Calidad en la planta, realicé distintos trabajos y actividades las cuales fueron los siguientes:

- **Rastreabilidad de materiales/componentes.**

Realizar la inspección y recepción de materiales como bridas, placas de acero, válvulas, tornillos, tuercas, etc. Comparativa de los datos mecánicos como dimensiones, propiedades mecánicas y de composición química de los certificados contra lo establecido de las normas.

- **Realización del dossier de calidad solicitado por ASME.**

Realizar el dossier de calidad solicitado por el código ASME de recipientes a presión de los diferentes proyectos en construcción el cual contenía la siguiente información:

- 1) *Lista de conformidades*
- 2) *Croquis o planos de los arreglos generales*
- 3) *Procedimientos y pruebas de laboratorio de soldadura que aplican*
- 4) *Calificaciones de soldadores que aplican*
- 5) *Certificados de instrumentos de medición calibrados*
- 6) *Certificados de materiales y trazabilidad*
- 7) *Procedimientos de fabricación*
- 8) *Procedimientos, certificados e informes de Ensayos No Destructivos*
- 9) *Certificados del personal de ensayos no destructivos*

- 10) Procedimiento y reportes de radiografía
- 11) Certificados del personal de radiografía
- 12) Procedimiento y reportes de Líquidos Penetrantes
- 13) Certificados del personal de líquidos penetrantes
- 14) Procedimiento y reportes de Prueba Hidrostática
- 15) Certificados del personal de prueba hidrostática
- 16) Procedimiento y reportes de Prueba Neumática
- 17) Certificados del personal de prueba neumática
- 18) Procedimiento y reportes de Pintura
- 19) Certificados del personal de pintura
- 20) Certificado del estampado de ASME
- 21) Certificado del inspector oficial de ASME.

- **Examinación de ensayos y pruebas.**

Ensayo no destructivo por el método de líquidos penetrantes

El método por líquidos penetrantes permite detectar discontinuidades abiertas a la superficie de un material que haya sido afectado por soldadura. Se basa en las propiedades físicas de capilaridad, tensión superficial y viscosidad. Este método se puede aplicar sobre cualquier tipo de material sólido no poroso.



Imagen 9. Tapa semielíptica con boquillas en prueba de líquidos penetrantes.

Ensayo radiográfico a las líneas de soldadura

El ensayo radiográfico permite detectar los defectos y discontinuidades en las líneas de soldadura que se realizan, en caso de no presentar ninguno de estos dos la evaluación resulta satisfactoria y se aprueba dicha soldadura. Las técnicas utilizadas se suelen llamar técnica de pared sencilla y de doble pared.

Prueba hidrostática

Consiste en realizar una prueba hidrostática al recipiente a presión correspondiente durante un periodo de tiempo determinado bajo 1.3 veces la presión máxima de trabajo. Durante la prueba no deben existir las fugas y el equipo no debe presentar deformaciones, todo acorde a la norma de PEMEX la NRF-028-PEMEX.

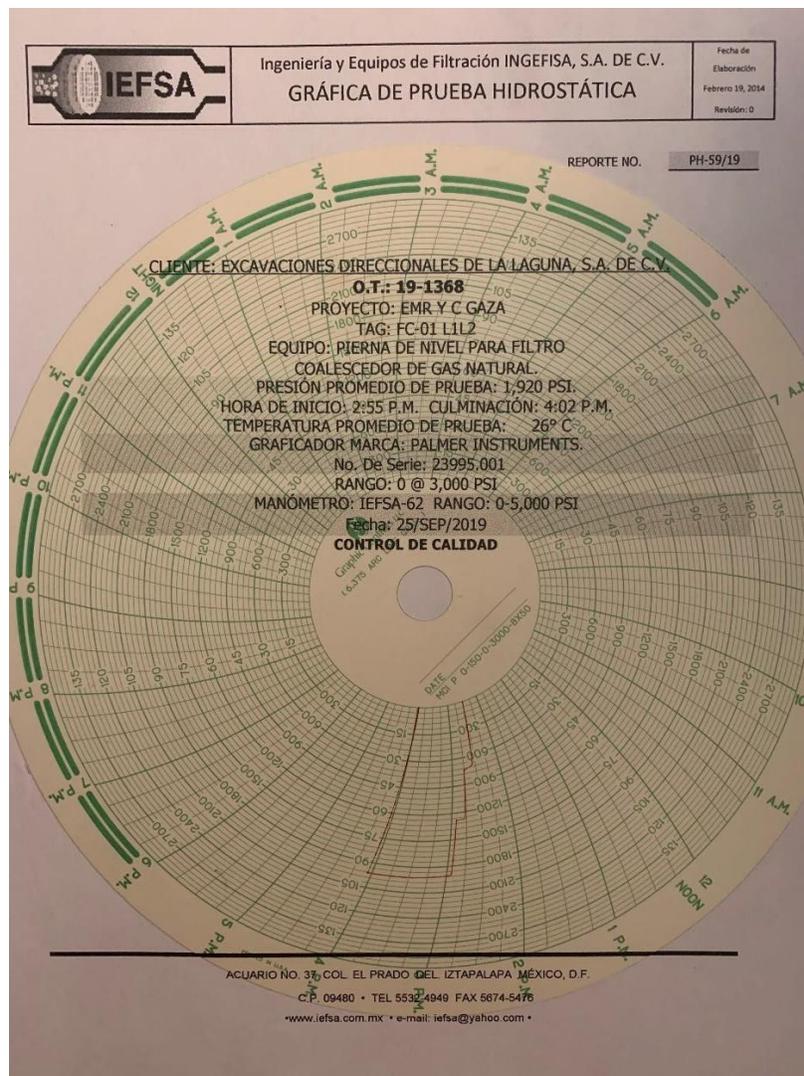


Imagen 10. Gráfica de la presión hidrostática aplicada durante una hora.

Prueba neumática

Esta prueba es utilizada para garantizar el sello de soldadura en placas de refuerzo soldadas a los recipientes sujetos a presión. En esta prueba los manómetros deben estar bien calibrados. La prueba neumática se considerará aprobada si la presión se mantiene constante a lo largo del tiempo establecido de prueba en la norma de PEMEX la NRF-028-PEMEX.



Imagen 11. Reactor siendo sometido a la prueba neumática.

Prueba de adherencia pintura

De acuerdo con la norma ASTM-D-3359 se deben tomar muestras de adherencia de pintura del recipiente pintado, las tablas de muestras de adherencia de una pintura aprobada se muestran en dicha norma y se deben comparar con las tomadas del recipiente. Las pruebas se incorporan al dossier de calidad.

- **Realización de planos de manufactura.**

Realizar los planos generales de las líneas de soldadura. Realizar los planos de la lista de materiales y componentes del recipiente. Realizar los puntos de ensayo radiográfico. Realizar los planos generales del recipiente con sus medidas finales preliminares

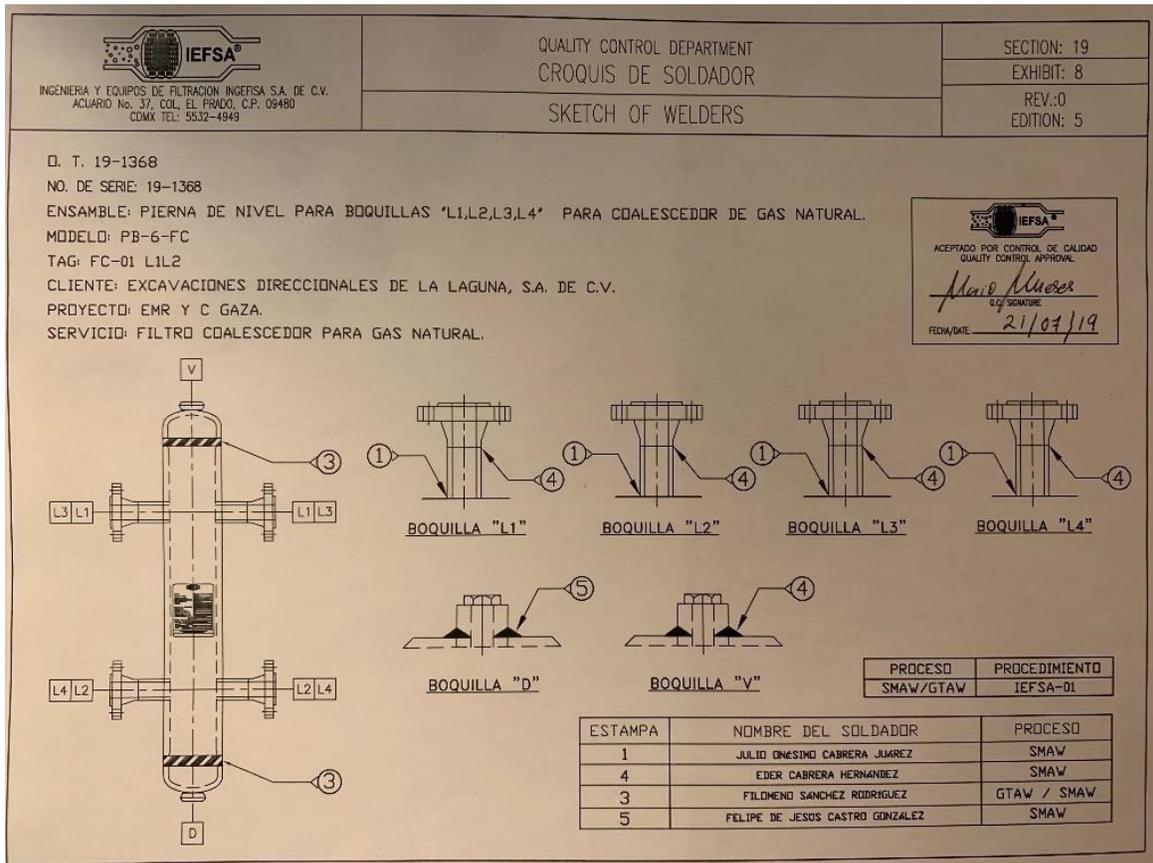


Imagen 12. Planos de las líneas de soldadura para un recipiente de filtro coalescedor.

- **Calibración de instrumentos de medición.**

Calibrar y registrar las fechas de los instrumentos de medición.

- **Registro en la nube y organización de las carpetas de proyectos.**

Escanear y registrar en Google Drive las carpetas en físico existentes

6. Metodología utilizada

6.1. Metodología en las actividades como becario (auxiliar de ventas)

De las propuestas técnicas al cliente (Filtros, separadores y coalescedores)

Para considerar un diseño preliminar adecuado de un recipiente en las propuestas técnicas es necesario tomar en cuenta los siguientes puntos:

- La energía que posee el fluido al entrar al recipiente debe ser controlada.
- Los flujos de las fases líquida y gaseosa deben ser comprendidos dentro de los parámetros de presión y temperatura adecuados que permitan su separación a través de las fuerzas gravitacionales que actúan sobre esos fluidos y se establezca el equilibrio entre las fases.
- La turbulencia que ocurre en la sección ocupada principalmente por el vapor debe ser minimizada.
- La acumulación de espuma y partículas contaminantes deben ser controladas.
- Las fases líquidas y vapor no deben ponerse en contacto una vez separadas.
- Las regiones del separador donde se puedan acumular sólidos deben, en lo posible, estar provistos de facilidades adecuadas para su remoción.

Identificar la velocidad de decantación y de flotación

El proceso de decantación o de flotación, según sea el caso, de gotas líquidas dispersas en una fase líquida continua, puede describirse por tres mecanismos diferentes, de acuerdo con el rango de número de Reynolds de gota en el cual se esté operando así tenemos lo siguiente:

Rango del N° de Reynolds	Ley o mecanismo de decantación
< 2	<i>Stokes</i>
2 a 500	<i>Intermedia</i>
> 500	<i>Newton</i>

Sin embargo, para efectos de este proceso de dimensionamiento preliminar la velocidad de decantación que se pueda usar para diseñar un equipo dispuesto para separar dos fases líquidas: es máxima de 4.2 mm/seg ó 10 in/min. Puede probarse que, de acuerdo con este límite superior, todos los casos prácticos de decantación pueden describirse apropiadamente, para diseño, usando la ley de Stokes.

$$V_t = \frac{(F_1)(g)(D^2)(\rho_p - \rho_L)}{18(\mu)}$$

Donde:

- V_t = Velocidad terminal de decantación (m/s o ft/s)
- D_p = Diámetro de la gota (m o ft)
- F_1 = Factor cuyo valor depende de las unidades (1000 ó 1)
- g = Aceleración de la gravedad (9.81 m/s² ó 32.2 ft/s²)
- ρ_p = Densidad de la fase pesada – agua (kg/m³ o lb/ft³)
- ρ_L = Densidad de la fase liviana – crudo (kg/m³ o lb/ft³)
- μ = Viscosidad de la fase continua (Kg/m*s o slug/ft*s)

Para el número de Reynolds

$$Re = \frac{(F_{15})(D)(V_t)(\rho_c)}{(\mu)}$$

Donde:

- V_t = Velocidad terminal de decantación (m/s o ft/s)
- D = Diámetro de la gota (m o ft)
- F_{15} = Factor cuyo valor depende de las unidades (1 ó 123.871)
- ρ_c = Densidad de la fase continua – agua (kg/m³ o lb/ft³)
- μ = Viscosidad de la fase continua (Kg/m*s o slug/ft*s)
- Re = Número de Reynolds (adimensional)

Realizar el balance o equilibrio de fases

Aun cuando no es tema de este documento es recomendable tener una idea clara del estado de equilibrio de fases que se pretende obtener a lo largo del proceso de dimensionar un recipiente. El estudio de equilibrio de fases es fundamental para conocer el flujo másico que se pretende trabajar y predecir su posible comportamiento, el cálculo de este flujo es obtenido mediante el análisis de los resultados de las cromatografías de fluidos, y las propiedades individuales de los componentes de la mezcla.

Identificación de los niveles en un recipiente

A continuación, se definirán los niveles y nomenclatura a usarse a lo largo del diseño de un recipiente a presión, es de vital importancia comprender cada uno de ellos a fin de evitar cualquier tipo de confusión o error durante el desarrollo conceptual de un equipo.

Siglas típicas en español	Descripción	Siglas típicas en inglés
NAAL	Nivel alto-alto de líquido	HHLL
NAL	Nivel alto de líquido	HLL
NNL	Nivel normal de líquido	NLL
NBL	Nivel bajo de líquido	LLL
NBBL	Nivel bajo-bajo de líquido	LLLL
NAI	Nivel alto de interface	HIL
NBI	Nivel bajo de interface	LIL

Calcular la longitud efectiva de operación (Leff)

La longitud efectiva es la longitud del recipiente requerida para que suceda la separación, filtración o coalescencia y donde se puedan tener los volúmenes requeridos de trabajo ideal del fluido. Esta es la longitud que normalmente se obtiene por cálculos de proceso. En el caso de recipientes horizontales de una sola boquilla de alimentación, corresponde a la distancia entre la boquilla de entrada y la de salida de gas, la cual es la distancia horizontal que viaja una gota de líquido desde la boquilla de entrada, hasta que se decanta totalmente y se une al líquido retenido en el recipiente, sin ser arrastrada por la fase vapor que sale por la boquilla de salida de gas. Sin embargo, para obtener la longitud tangente-tangente del recipiente horizontal, es necesario sumar los tamaños de las boquillas antes mencionadas, las tolerancias de construcción necesarias para soldar dichas boquillas, soldar los cabezales o extremos del recipiente y cualquier otra cosa que obligue a aumentar la longitud del recipiente.

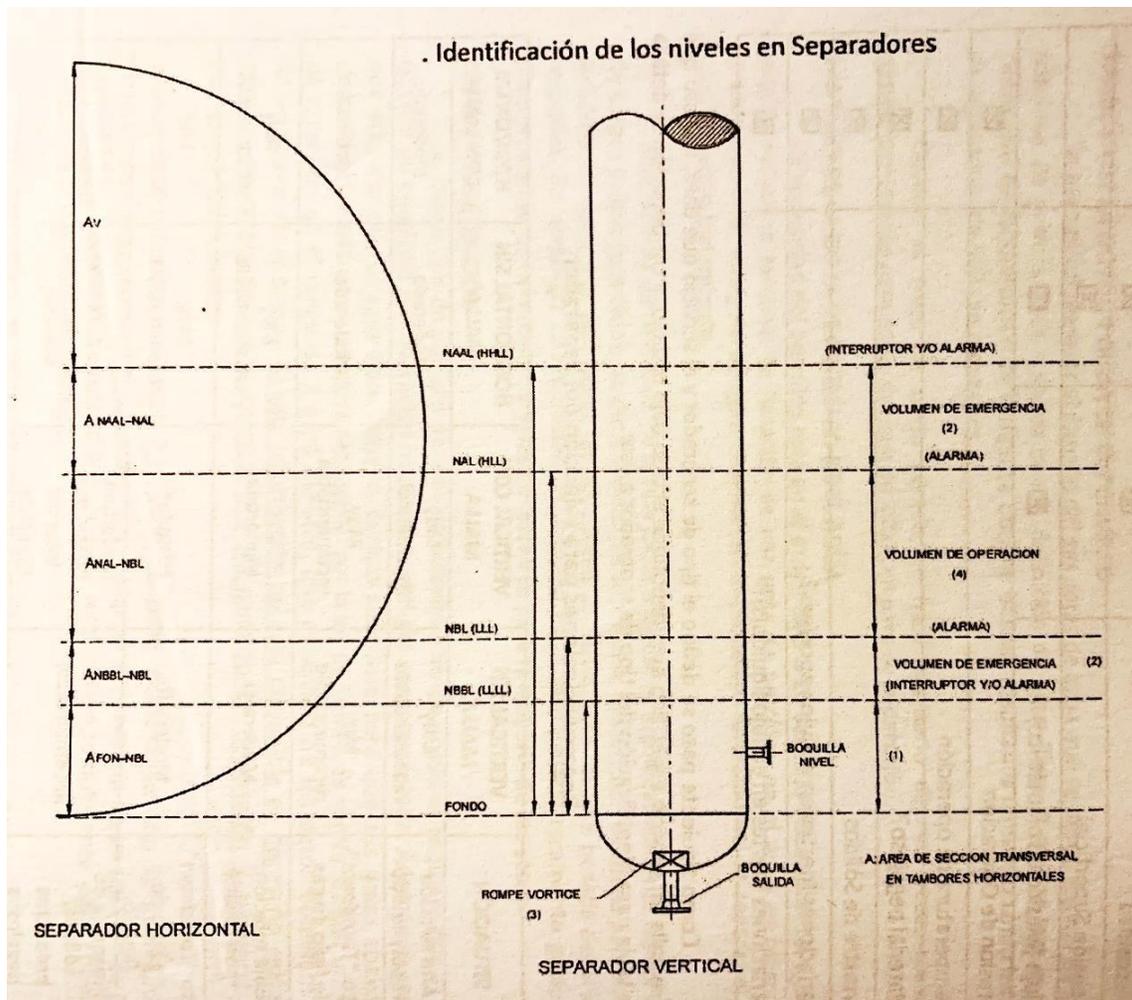


Imagen 13. Niveles de un recipiente a presión

Considerar los requerimientos del cliente.

- a) *Temperatura de operación.*
- b) *Presión de operación.*
- c) *Flujo de gas*
- d) *Flujo de crudo*
- e) *Tamaño de la gota de agua en el petróleo*
- f) *Tamaño de la gota de petróleo en el agua*
- g) *Tiempo de retención*

Procedimiento.

1. *Cálculo de densidades y viscosidades (realizado en software de la empresa)*
2. *Cálculo de factor de arrastre de Newton (realizado en software de la empresa)*
3. *Cálculo de la restricción por gas (realizado en software de la empresa)*

4. *Cálculo de la restricción por capacidad de líquido (realizado en software de la empresa)*
5. *Cálculo de diámetro efectivo (realizado en software de la empresa)*
6. *Cálculo de longitud efectiva (realizado en software de la empresa)*
7. *Cálculo de boquillas (realizado junto con catálogos comerciales)*
8. *Definición de material de la envolvente.*
9. *Definición de internos (realizado con información interna)*
10. *Definición de tapas (realizado con catálogos comerciales)*
11. *Envío a dirección a general para generación de estimado.*

Esta metodología utilizada en cada solicitud o propuesta durante el periodo laborado como auxiliar de ventas ayudó en mi formación profesional como Ingeniero Mecánico al adquirir el conocimiento de la caracterización de los fluidos en los recipientes a presión. De igual manera se logró mejorar el conocimiento en la interpretación de materiales como los aceros al carbón y aceros inoxidable. Finalmente se adquirió y mejoró el conocimiento en componentes tanto de medición, instrumentación y mecánicos para los diferentes tipos de recipientes a presión.

Es importante puntualizar que esta metodología sólo es útil para calcular precios estimados de los equipos y sólo cuando el cliente acepta la oferta propuesta, se realiza el análisis completo de todos los componentes del equipo.

A continuación, se destacará la metodología utilizada en las actividades como Ingeniero de Calidad.

6.2. Metodología utilizada en las actividades como Ingeniero de Calidad

Metodología en la rastreabilidad de materiales/componentes.

La rastreabilidad de materiales es de las actividades más importantes a cargo del área de calidad, puesto que los siguientes pasos que se indican a continuación son suficientes para detectar en el inicio del proceso de construcción de un recipiente a presión alguna anomalía o irregularidad en los materiales que se emplean en la construcción de los recipientes. El proceso para una rastreabilidad efectiva es el siguiente:

1. *Recibo de materiales junto con su hoja de especificación de material, número de colada y orden de compra para aprobación de pedido.*
2. *Toma de longitudes, espesores y diámetros del componente o material para comparación con tablas de medidas del código ASME para aprobación final de pedido.*

Metodología en la realización del dossier de calidad solicitado por ASME.

El área de calidad es responsable de registrar todo el proceso de manufactura en un Dossier de calidad para cada uno de los proyectos de los recipientes a presión ofertados, dicho requerimiento es mandatorio por la normativa ASME. La siguiente metodología resume la estructura del Dossier de calidad el cual es el documento que se debe preparar para presentarlo al Ingeniero responsable de ASME que liberará y aprobará la construcción de los recipientes a presión.

La estructura correcta para un Dossier de calidad acorde a ASME, es la siguiente:

1. Realización del archivo *Manufacturer's Data Reports* y del *Partial Data Reports*.
2. Realización de la lista de materiales.
3. Orden de compra.
4. Certificados de materiales.
5. Realización de la hoja viajera y de la hoja de No Conformidades.
6. Cálculos de diseño.
7. Planos de manufactura, soldador y de lista de materiales.
8. Calificaciones del soldador.
9. Reportes de pruebas destructivas y no destructivas.
10. Certificados de ASME.

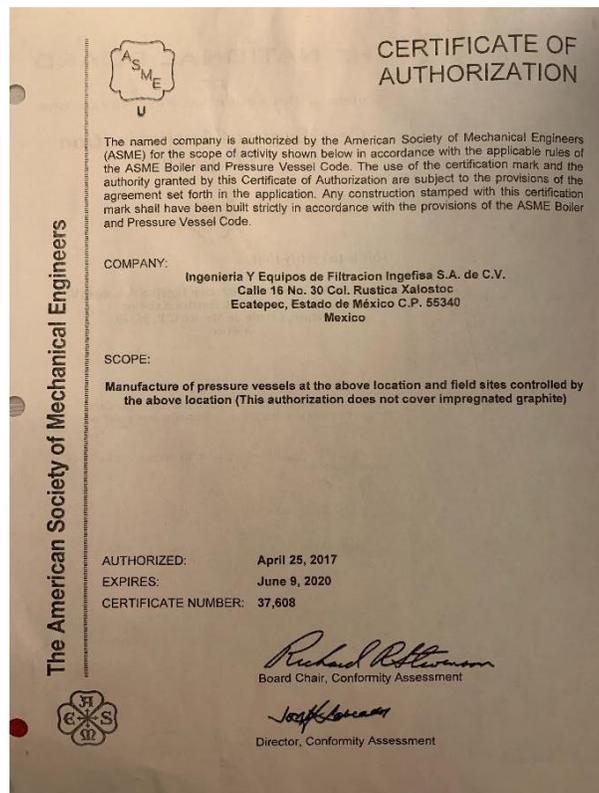


Imagen 14. Certificado que aprueba la construcción bajo el código ASME.

Examinación de pruebas destructivas y no destructivas.

Las pruebas destructivas y no destructivas se realizan conforme a la etapa de construcción del recipiente a presión, la siguiente metodología se muestra en el orden del proceso de inicio a fin de un recipiente a presión:

- 1. Realizar el ensayo no destructivo por el método de líquidos penetrantes.*
- 2. Realizar el ensayo de radiografiado industrial.*
- 3. Realizar la inspección visual y de dimensionamiento.*
- 4. Realizar la prueba hidrostática por un tiempo predeterminado.*
- 5. Realizar la prueba neumática por un tiempo predeterminado.*
- 6. Realizar la prueba de pintura final.*



Imagen 15. Recipiente a presión recién pintado.

Realización de planos de manufactura.

Desde los procesos de trabajo internos de la empresa, por medio del área de Ingeniería de diseño se definía la siguiente metodología para la realización de los planos de manufactura:

1. Solicitar a Ingeniería de diseño los archivos DWG del cliente del recipiente considerado en el diseño de su futura instalación.
2. Escalar dibujo.
3. Generar las vistas necesarias del dibujo por parte del cliente.
4. Realizar el plano de detalle de la lista de materiales.
5. Realizar el plano de detalle de líneas de soldadura.
6. Realizar el plano de detalle de inspección radiográfica.
7. Realizar el plano de detalle de boquillas.
8. Realizar el plano de dimensionamiento final.

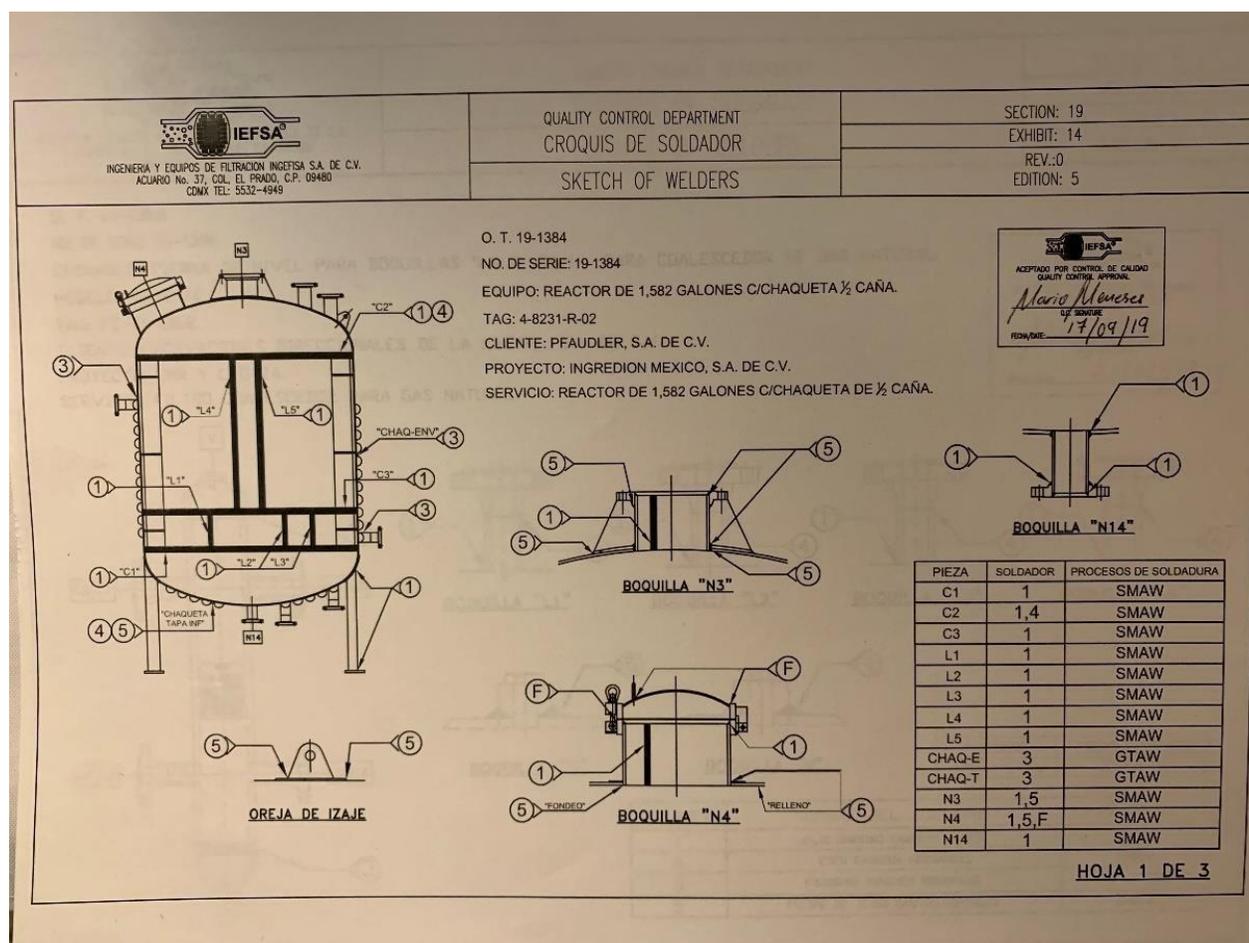


Imagen 16. Plano de las líneas de soldadura para reactor.

De acuerdo con los conocimientos adquiridos y habilidades generadas en la posición como Ingeniero de Calidad se logró incrementar el aprendizaje en cada uno de los procesos de manufactura como lo el de soldadura, principalmente. También se logró identificar y analizar cada tipo de proyecto, lo cual ayuda a la gestión interna de la empresa para calcular los mejores tiempos de manufactura lo que significa finalmente una entrega al cliente en tiempo y forma. Finalmente, el puesto de Ingeniero de Calidad amplió en mi formación como Ingeniero Mecánico el conocimiento en el área de la mecánica de fluidos y de materiales. Se adquirió un nuevo conocimiento técnico y normativo sobre el código ASME en la ingeniería de recipientes a presión puesto que la mayor responsabilidad del Ingeniero de Calidad es realizar la manufactura y pruebas estipuladas de manera correcta para así evitar un recipiente mal manufacturado.

7. Resultados

Trabajar en IEFSA S.A. DE C.V. fue una experiencia totalmente nueva en el ámbito profesional en donde logré adquirir nuevos conocimientos y también perfeccionar los aprendidos durante mi formación como Ingeniero Mecánico. Haber laborado en esta empresa mientras cursaba mi último semestre de la carrera resultó un gran reto ya que tenía el compromiso de la escuela y del trabajo al mismo tiempo, no obstante, pude cumplir con las responsabilidades en ambos aspectos. Durante mi periodo laboral en IEFSA S.A. DE C.V. pude lograr los siguientes resultados y objetivos:

- 1. Cumplir las fechas promesas de envíos de ofertas de las solicitudes de los clientes.*
- 2. Desarrollar herramientas en Excel para realizar cálculos automáticos para agilizar procesos de negociación.*
- 3. Actualizar la página de internet de la empresa junto un equipo de programadores.*
- 4. Desarrollar los renderizados de los modelos en dibujo 3D para uso comercial.*
- 5. Desarrollar nuevos conocimientos del control de calidad en una empresa de giro metalmecánico de la industria del Gas-Aceite.*
- 6. Desarrollar y perfeccionar los conocimientos de los procesos de manufactura.*
- 7. Desarrollar un nivel avanzado en el uso del software AutoCAD.*
- 8. Desarrollar ampliamente las aptitudes, fortalezas, y habilidades suaves conforme a las situaciones laborales experimentadas.*

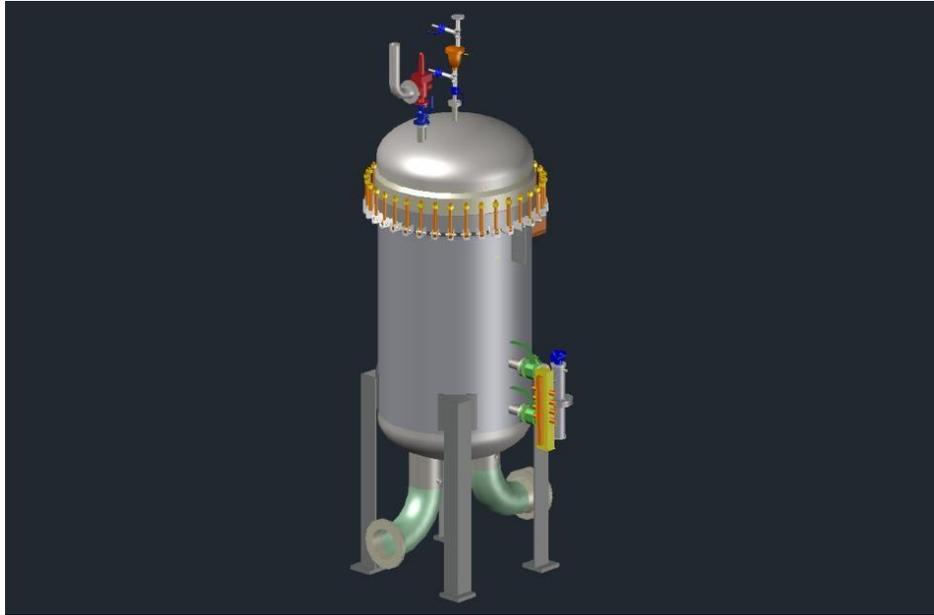


Imagen 17. Dibujo de un recipiente en sólido 3D en el software AutoCAD.

Me siento muy satisfecho de que IEFSA S.A. DE C.V. me haya dado mi primera oportunidad laboral como Ingeniero Mecánico, sin embargo, la satisfacción se obtuvo tiempo después cuando mi curva de aprendizaje me permitía realizar las actividades diarias sin realizar tantas consultas a la gente experimentada de la empresa como solía hacerlo al inicio de mi periodo laboral. Otro punto importante de la satisfacción alcanzada fue que realizaba un trabajo 100% de Ingeniería, me agradaba mucho trabajar en la planta de manufactura y ver construir los recipientes a presión, de igual manera disfrutaba mucho salir de viaje ocasionalmente a plantas filtración en diferentes estados de la República.

Por otro lado, trabajar en IEFSA S.A. DE C.V. me hizo darme cuenta de que falta mucho aprendizaje que adquirir como Ingeniero Mecánico pero que sólo la experiencia laboral te lo puede dar ya que dependen de dos factores: de situaciones donde se requiere conocimiento de un tema en específico previo a la etapa de construcción y de situaciones posteriores durante el funcionamiento en sitio en donde la mayoría de los casos es resolver problemas.

Finalmente, los conocimientos que se pueden considerar poco comunes en un Ingeniero Mecánico y que sería de gran ayuda recibir alguna clase o capacitación en la Facultad de Ingeniería sería el de composición química de gases y fluidos en el giro del Gas y Aceite, diseño de tuberías y dibujo mecánico en 3D en AutoCAD. Respecto a las habilidades falta por desarrollar de mejor manera el de la comunicación, ya que entablar conversaciones utilizando conceptos de Ingeniería resulta un poco complicado sí la otra persona no entiende a la perfección el tema ya que se tiene que recurrir a buscar las palabras adecuadas para no repetir varias veces lo que pretendes dar a entender.

8. Conclusiones

Iniciar la experiencia profesional de ejercer la carrera de Ingeniería Mecánica fue de gran ayuda debido al panorama que se adquiere de manera temprana sobre lo que verdaderamente significa trabajar como Ingeniero y de lo que a cualquier estudiante de la Facultad le puede esperar al salir en busca de trabajo. Esto significa que se logran adquirir nuevos conocimientos, en mi caso se pudieron complementar los conocimientos en mecánica de fluidos, de materiales, uso de instrumentos de medición, metodología de procesos, uso de herramientas computacionales y de procesos de manufactura entre otros aspectos.

Afortunadamente la Facultad de Ingeniería me preparó en la mayoría de los aspectos ya que hay otros que se aprenden al momento de estar trabajando. Una de las cosas que valoro de la Facultad es que me haya enseñado la importancia de comprometerse en hacer las cosas con calidad, de poner el nombre de la UNAM en alto en cualquier cosa que realicemos. También agradezco haber aprendido las habilidades necesarias para desempeñar mis actividades laborales, dichas habilidades me ayudaron mucho para ser ágil en mi trabajo y así ganarle tiempo al tiempo.

Lo que pude aprender por mi cuenta durante mi periodo en IEFSA S.A. DE C.V. consistió en la mayoría sobre temas de los recipientes a presión y sobre la industria del petróleo, a realizar precios estimados de manera mental con sólo identificar materiales de construcción, dimensiones y espesores, así como identificar problemas en etapas de construcción de los recipientes.

Finalmente, aprendí sobre aspectos de la vida que vives durante tu primera experiencia laboral como ser más organizado con tu tiempo y sobre darle importancia a ciertas cosas en momentos que se requieran por motivos del trabajo. El humor y trato con personas del trabajo son totalmente diferentes al que llevas cotidianamente con los compañeros de la Facultad, tienes que volverte más empático de lo que eres y no tomarte las cosas personales en ningún momento.

De manera general, para ser un excelente Ingeniero se requiere de una primera experiencia en cualquier trabajo relacionado con la carrera estudiada puesto que genera experiencia curricular y posteriormente ayudará al Ingeniero a la búsqueda de una mejor oportunidad para el desarrollo profesional.

Plan de estudios Ingeniería Mecánica

El plan de estudios de la carrera de Ingeniería mecánica actual cumple con los requisitos más importantes para prepararnos en la mayoría de los casos para cualquier aspecto futuro en lo profesional. Sin embargo, cabe destacar que debemos prepararnos de mejor manera en la comunicación efectiva, la transmisión de palabras es lo más importante para cualquier aspecto laboral y de la vida. También considero importante enseñar las diferentes normativas que existen en cualquier rama de la Ingeniería. Involucrar las normativas ayudarían al estudiante a comprender las cosas hechas por la Ingeniería y a la hora de tener una primera oportunidad de trabajo, el ingeniero tendrá los aspectos necesarios para desarrollarlo de la mejor manera. La parte práctica que se da en la Facultad debe actualizarse de manera constante ya que las empresas cada vez evolucionan más rápido.

Finalmente, considero efectivo el plan de estudios, nos deja preparados para cualquier aspecto laboral de ingeniería y que se puede llevar a cabo con éxito siempre y cuando comprendamos el objetivo de nuestro puesto de trabajo y sepamos identificar las herramientas que se requieren para lograrlo.

9. Bibliografía

- a) *Stewart, M. (2008). Gas-Liquid and Liquid-Liquid Separators. GPP.*
- b) *Megyesy, E. (1992). Manual de recipientes a presión, Diseño y Cálculo. Limusa*