

## INDICE

INTRODUCCIÓN.....	6
-------------------	---

### ***CAPITULO I***

EL PROBLEMA .....	10
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	10
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	12
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	13
<i>1.3.1 Objetivo General</i> .....	13
<i>1.3.2 Objetivos Específicos</i> .....	13
1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	14
1.5 LIMITACIONES.....	15

### ***CAPITULO II***

MARCO TEÓRICO .....	;ERROR!MARCADOR NO DEFINIDO.
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN;ERROR!MARCADOR NO DEFINIDO.	
2.2 AMINAS.....	;ERROR!MARCADOR NO DEFINIDO.
2.3 PROCESO DE REMOCIÓN DE AZUFRE;ERROR!MARCADOR NO DEFINIDO.	
<i>2.3.1 Variables del Proceso</i> .....	;Error!Marcador no definido.
<i>2.3.2 Consideraciones de Operación</i> .....	;Error!Marcador no definido.
2.4 SEPARACIÓN DE AGUAS ACIDAS O <i>SOUR WATER STRIPPER</i> (SWS) .....	;ERROR!MARCADOR NO DEFINIDO.
<i>2.4.1 Descripción del proceso</i> .....	;Error!Marcador no definido.
<i>2.4.2 Proceso Químico</i> .....	;Error!Marcador no definido.
<i>2.4.3 Variables del Proceso</i> .....	;Error!Marcador no definido.
<i>2.4.4 Consideraciones de Operación</i> .....	;Error!Marcador no definido.
2.5 PROCESO DE RECUPERACIÓN DE AZUFRE;ERROR!MARCADOR NO DEFINIDO.	
2.6 ESTRUCTURAS DE LAS AMINAS .....	;ERROR!MARCADOR NO DEFINIDO.
2.7 TIPOS DE AMINAS .....	;ERROR!MARCADOR NO DEFINIDO.
<i>2.7.1 Metanolamina (MEA)</i> .....	;Error!Marcador no definido.
<i>2.7.2 Dietanolamina (DEA)</i> .....	;Error!Marcador no definido.
<i>2.7.3 Trietanolamina (TEA)</i> .....	;Error!Marcador no definido.
<i>2.7.4 Diglicolamina (DGA)</i> .....	;Error!Marcador no definido.

2.7.5 <i>Disopropanolamina (DIPA)</i> .....	¡Error! Marcador no definido.
2.7.6 <i>Metildietanolamina (MDEA)</i> .....	¡Error! Marcador no definido.
2.8 CONCENTRACIONES DE LA SOLUCION;	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.9 PROCESOS MONOETANOLAMINA Y DIETANOLAMINA .....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.10 INVERSION DE CAPITAL.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.10.1 <i>Gastos de Operación</i> .....	¡Error! Marcador no definido.
2.11 SUMARIO DEL PROCESO DE AMINA;	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.12 INGENIERIA DE CONSULTA.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.13 PDS .....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.13.1 <i>Configuración del Sistema PDS</i> .....	¡Error! Marcador no definido.
2.13.2 <i>Datos de Referencia</i> .....	¡Error! Marcador no definido.
2.14 MAQUETAS DE DISEÑO .....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

### CAPITULO III

METODOLOGÍA .....	75
3.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	75
3.1.1 <i>Organización de los Proyectos</i> .....	76
3.2 EL PROCESO DE INGENIERÍA .....	78
3.2.1 <i>Ingeniería Conceptual</i> .....	79
3.2.2 <i>Ingeniería Básica</i> .....	80
3.2.3 <i>Ingeniería de Detalle</i> .....	81
3.3 PLANIFICACIÓN DE LAS ACTIVIDADES.....	82
3.4 FASES DE DISEÑO .....	86
3.5 DOCUMENTOS O PRODUCTOS GENERADOS POR LA DISCIPLINA DE TUBERIAS .....	97
3.5.1 <i>Plano de Sitio o Site Plan</i> .....	99
3.5.2 <i>Plano de Implantación o Plot Plan</i> .....	99
3.5.3 <i>Plano Clave o Key Plan</i> .....	102
3.5.4 <i>Plano Maestro</i> .....	104
3.5.5 <i>Plano de Vendedores</i> .....	109
3.5.6 <i>Esquemas, Planos de Arreglos de Tuberías y Elevaciones</i> .....	112
3.5.7 <i>Isometricos de Líneas</i> .....	117
3.5.8 <i>Especificaciones de Materiales o Piping Class</i> .....	120
3.5.9 <i>Listas de Líneas, Equipos e Interconexiones de Tuberías</i> .....	121
3.5.10 <i>Soportes de Tuberías</i> .....	126
3.5.11 <i>Elementos o Accesorios Especiales</i> .....	127
3.5.12 <i>Requisiciones de Materiales ó RFQ</i> .....	128

<b>3.5.13</b>	<b><i>Análisis de Esfuerzo y Flexibilidad</i></b>	129
<b>3.5.14</b>	<b><i>Trazas de Vapor</i></b>	131
<b>3.5.15</b>	<b><i>Sistemas Contra Incendios</i></b>	135
<b>3.5.16</b>	<b><i>Filosofía de Mantenimiento</i></b>	136
<b>3.6</b>	<b>DOCUMENTOS O PRODUCTOS GENERADOS POR OTRAS DISCIPLINAS</b>	137
<b>3.6.1</b>	<b><i>Diagrama de Flujo de Procesos o PFD</i></b>	138
<b>3.6.2</b>	<b><i>Diagrama de Tuberías e Instrumentación o P&amp;ID</i></b>	138
<b>3.6.3</b>	<b><i>Hojas de Datos o Data Sheet</i></b>	140
<b>3.7</b>	<b>ELEMENTOS DE DISEÑO</b>	140
<b>3.7.1</b>	<b><i>Listas de Chequeo</i></b>	141
<b>3.7.2</b>	<b><i>Detalles Típicos</i></b>	142
<b>3.7.3</b>	<b><i>Tablas, Normas y Estándares de Diseño</i></b>	143
<b>3.7.4</b>	<b><i>Hojas para Bocetos o Sketch y Conteo Preliminar de Materiales</i></b>	144
<b>3.8</b>	<b>ANÁLISIS DE RIESGOS (HAZOP)</b>	145
<b>3.9</b>	<b>CRITERIOS DE DISEÑO</b>	146
<b>3.10</b>	<b>MODELO ELÉCTRICO DE LA PLANTA DE AMINA</b>	149
	<b>CONCLUSIONES</b>	151
	<b>RECOMENDACIONES</b>	153
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	156
	<b>GLOSARIO</b>	159

## INDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 2.1</b>	22
<b>FIGURA 2.2</b>	23
<b>FIGURA 2.3</b>	31
<b>FIGURA 2.4</b>	36
<b>FIGURA 2.5</b>	44
<b>FIGURA 2.6</b>	59
<b>FIGURA 2.7</b>	61
<b>FIGURA 2.8</b>	62
<b>FIGURA 2.9</b>	64
<b>FIGURA 2.10</b>	65
<b>FIGURA 2.11</b>	68
<b>FIGURA 2.12</b>	69
<b>FIGURA 2.13</b>	70

FIGURA 2.14.....	71
FIGURA 3.1.....	82
FIGURA 3.2.....	84
FIGURA 3.3.....	90
FIGURA 3.4.....	95
FIGURA 3.5.....	100
FIGURA 3.6.....	102
FIGURA 3.7.....	105
FIGURA 3.8.....	107
FIGURA 3.9.....	107
FIGURA 3.10.....	110
FIGURA 3.11.....	112
FIGURA 3.12.....	114
FIGURA 3.13.....	115
FIGURA 3.14.....	118
FIGURA 3.15.....	122
FIGURA 3.16.....	124
FIGURA 3.17.....	132
FIGURA 3.18.....	133
FIGURA 3.19.....	135
FIGURA 3.20.....	147

### INDICE DE TABLAS

TABLA 2.1.....	49
----------------	----

### INDICE DE ANEXOS

ANEXO # 1 ESPECIFICACIONES DE MATERIALES: AA1.....	165
ANEXO # 2 ESPECIFICACIONES DE MATERIALES: 1C01A.....	167
ANEXO # 3 ESTANDAR DE SOPORTES.....	169
ANEXO # 4 ELEMENTOS ESPECIALES.....	171
ANEXO # 5 REQUISICIONES DE MATERIALES DE TUBERÍAS.....	173
ANEXO # 6 ANALISIS DE FEXIBILIDAD.....	175
ANEXO # 7 FILOSOFÍA DE MANTENIMIENTO.....	177
ANEXO # 8 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCEOS PFD.....	179
ANEXO # 9 DIAGRAMA DE TUBERÍAS E INSTRUMENTACIÓN P&ID.....	181
ANEXO # 10 HOJA DE DATOS.....	183
ANEXO # 11 LISTA DE CHEQUEO.....	185
ANEXO # 12 DETALLES TÍPICOS DE TUBERÍAS.....	188
ANEXO # 13 CÓDIGOS Y ESTÁNDARES DE TUBERÍAS.....	190
ANEXO # 14 HOJAS PARA SKETCH Y CONTEO DE MATERIALES.....	193

ANEXO # 15 VISTA DEL MÓDELO ELECTRÓNICO.....	200
--	-----

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad no existe mucha información sobre las actividades relacionadas con el estudio de ingeniería de detalle para un proyecto determinado y especialmente en proyectos de sistemas de tuberías para la industria petrolera. En la carrera de ingeniería mecánica no se contempla este tipo de información, la cual únicamente es manejada por empresas encargadas de realizar los proyectos de diseño en ingeniería. Vemos entonces como en el campo laboral se presenta una situación al profesional de la ingeniería de contar con poca información y con material idóneo que le sirva de guía para su trabajo, teniendo que improvisar y aprender en la medida que obtiene experiencia profesional. Los profesionales que trabajan específicamente en proyectos para la industria de hidrocarburos y derivados en empresas de ingeniería de consulta, observan como existe muy poca información sobre conceptos y actividades relacionadas con su trabajo. La mayor parte de los ingenieros que realizan los proyectos de sistemas de tuberías son ingenieros mecánicos y se ven obligados en gastar mucho tiempo para aprender nuevos conceptos, aplicaciones y conocimientos en esta área, ya que la misma no se contempla como parte de aprendizaje y desarrollo universitario.

No se pretende con esta obra alcanzar un nivel académico ni científico. Simplemente se desea, que la misma sea una herramienta útil para

proyectistas, técnicos e ingenieros, que desarrollen a diario proyectos de ingeniería y específicamente de ingeniería de detalle, pudiendo precisar los mismos con sentido práctico, realista y sobre todo simple.

El lector podrá obtener de este trabajo, información general acerca de los aspectos más relevantes en el área de tuberías, la aplicación de ejemplos prácticos, formatos y tablas extraídas de catálogos y proyectos efectuados por varias empresas consultoras.

Usando como modelo una planta de regeneración de amina y su unidad separadora de aguas ácidas, se realizará el estudio de ingeniería de detalle de los sistemas de tuberías, donde se presentarán y serán analizados los conceptos que intervienen en esa etapa concerniente, a las actividades que desarrolla un ingeniero mecánico. Todos estos conceptos serán manejados de manera clara y didáctica, lo cual permitirá obtener una mejor comprensión del proyecto y al mismo tiempo poder adquirir los conocimientos necesarios que servirán como una base para la realización de proyectos similares.

La realización de este trabajo se basa en la formación del ingeniero, con relación al tópico en estudio y en especial a la especialización: “Diseños de Sistemas de Tuberías”, dictada en la Universidad Central de Venezuela. En virtud de que la información presentada resulta nueva en algunos casos para el lector, y por tanto debe hacerse una búsqueda selectiva del tema con el objeto de recolectar y seleccionar la información necesaria a objeto de

cubrir los aspectos más utilizados en esta etapa de la ingeniería. Finalmente se complementará el estudio con el aporte propio y la colaboración de algunos colegas ingenieros, diseñadores y proyectistas, expertos en diseños de sistemas de tuberías, teniendo un contenido práctico y sencillo que puede ser manejado fácilmente en el trabajo de diseño.

CAPITULO I  
EL PROBLEMA

# **CAPITULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En Venezuela, al igual que en los demás países de América Latina, el diseño de sistemas de tuberías ha sufrido un crecimiento extraordinario como consecuencia del desarrollo industrial y tecnológico en esta última década. Actualmente Venezuela, es uno de los principales países exportadores de crudo en el mundo y vemos que existe un mayor crecimiento en la demanda petrolera y por lo tanto de los sistemas de tuberías lo que representa el elemento más importante de las plantas de proceso. Por esto, que se quiere compartir conocimientos en el área de diseño de sistemas de tuberías y su aplicación para el desarrollo de proyectos multidisciplinares.

La experiencia ha demostrado que en la realización de un proyecto multidisciplinario, los sistemas de tuberías representan entre el 40 y 55 % del costo total del mismo y debido al desarrollo de la industria petrolera, la demanda de personal capacitado en el área de diseño de sistema de tuberías se ha incrementado y seguirá en ascenso. Actualmente están en desarrollo nuevos proyectos de envergadura para la extracción de crudos pesados y extrapesados tales como: Petrozuata, Sincor, Cerro Negro, Lasmo, Hamaca y Valcor entre otros; Los cuales debido a su complejidad y

enorme capacidad de producción requieren de gran cantidad de personal especializado en el área de tuberías, es decir “Ingenieros de Tuberías”, que en la mayoría de los casos por no conseguir en el país profesional con este perfil, son contratados desde el exterior por las empresas encargadas de realizar el proyecto. Adicionalmente a esto se presenta la demanda en los sectores: industrial, agroindustrial, tecnológico, naval, académico, etc. contando solamente con muy poco personal realmente capacitado para cubrir las necesidades en el mercado nacional.

Podríamos citar en lo referente a la enseñanza en nuestro medio, que la mayor parte de las universidades del país y de acuerdo con los pensúm de estudio establecidos en Venezuela para el área de la Ingeniería Mecánica no existe una materia (electiva) que proporcione los conocimientos para el estudio del diseño de los sistemas de tuberías. Esta situación incide directamente en el profesional egresado, ya que los conocimientos e información impartidos están dirigidos a formar Ingenieros más en el área de diseño, estudios de calor, mecanismos, procesos de ingeniería, mantenimiento de equipos, etc. y muy poco en el diseño de sistemas de tuberías.

En algunos casos el profesional de la ingeniería es formado directamente por las empresas encargadas de desarrollar tales proyectos, resultando para ellas muy su formación y en la mayoría de los casos no representa rentabilidad para las empresas ofrecer una formación completa al

profesional sobre esta materia, prefiriéndose entonces contratar a personas con experiencia en proyectos realizados por empresas de la competencia.

Esta necesidad de conocer mas sobre el t3pico adquiere a3n caracter3sticas m3s relevantes con relaci3n a la ense3anza en nivel superior, partiendo por la especializaci3n de dise3o de sistemas de tuber3as, en donde se puede apreciar esta inquietud. De all3 surge la idea de realizar una tesis de grado que permita ofrecer informaci3n adicional, en donde usando como ejemplo una planta de regeneraci3n de amina y su unidad de separaci3n de aguas 3cidas, explicaremos los aspectos en materia de tuber3as relacionados con el desarrollo de la planta, en donde el planteamiento y la metodolog3a a seguir servir3n como herramienta de estudio para la compresi3n de conceptos y adquisici3n de criterios y practicas de ingenier3a en el 3rea de tuber3as; ofreciendo adem3s una completa informaci3n actualizada del proyecto, la cual pueda servir como base para el desarrollo de otros proyectos similares por la industria, basado todo esto en una estructura de conceptos, tablas, modelos, etc. complementados tambi3n con aspectos propios y puntos de vista por parte del autor.

## **1.2 FORMULACI3N DEL PROBLEMA**

Se quiere desarrollar un trabajo que permita proporcionar informaci3n complementaria acerca de los aspectos y elementos que conforman la

realización de la ingeniería de detalle y el diseño de los sistemas de tuberías presentes en un determinado proyecto, con el propósito de que pueda ser analizado y utilizado como referencia para posteriores trabajos, para lo cual empleamos como estudio una planta de regeneración de amina y la unidad de separación de aguas ácidas.

### **1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Desarrollo de la Ingeniería de Detalle de los Sistemas de Tuberías presentes en una Planta de Regeneración de Amina [*Amine Regeneration Unit*] y su Unidad Separadora de aguas Ácidas [*Sour Water Stripper Unit*].

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

1. Establecer los principales conceptos y componentes empleados para el diseño de los sistemas de tuberías en la etapa de ingeniería de detalle.
2. Analizar el proceso de una planta de regeneración de amina (ARU) y su unidad separadora de aguas ácidas (SWS).
3. Compilar los documentos ó productos que deben ser generados en la fase de ingeniería de detalle.

4. Proporcionar criterios de diseño para la selección, ubicación, montaje y mantenimiento de los elementos y componentes de tuberías empleados en la planta.

#### **1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

Esta investigación nace de la necesidad de contar con un trabajo que permita de manera práctica y completa ofrecer información acerca de las actividades que se emplean en el desarrollo del diseño de sistemas de tuberías presentes en la etapa de ingeniería de detalle; donde una planta de regeneración de amina y su unidad separadora de aguas ácidas, servirá como modelo de trabajo para presentar la información manejada en el proyecto, a objeto de proporcionar una mejor comprensión de su contexto, ofreciendo un amplio contenido de información actualizada con relación al tema, el que serviría como aporte al ser utilizado como soporte de trabajo en la realización de proyectos similares para la industria petrolera en empresas de ingeniería de consulta (consultoras).

Es importante resaltar también el aporte que se le brinda a la Universidad Central de Venezuela, al realizar un trabajo de esta índole en la especialización de: Diseño de Sistema de Tuberías; ya que por lo general este tipo de información únicamente es desarrollado por empresas especializadas y no forma parte de los pensúm de la carrera de ingeniería

mecánica en nuestro país, haciendo con esto que el profesional en el campo laboral cuente con un material que le servirá como guía para su trabajo, el cual reviste gran importancia para aquellas personas que quieran incursionar en esta especialización dictada en la Universidad Central de Venezuela. Por otra parte se encuentra también presente la satisfacción personal al poder desarrollar y ofrecer un trabajo de esta índole, aportando experiencia y conocimientos en esta materia.

### **1.5 LIMITACIONES**

Como se ha dicho la idea es desarrollar un contexto en donde estén presentes todos los aspectos que intervienen en el diseño de sistemas de tuberías en una planta de regeneración de amina y separación de aguas ácidas. Para esto se presenta como modelo el trabajo realizado en las unidades 33 y 34 del proyecto Petrozuata VEHOP *Downstream* en la etapa de ingeniería de detalle, donde como es de esperarse, la información bibliográfica que existe acerca del tema es limitada, ya que esta es originada y manejada exclusivamente por empresas consultoras encargadas de desarrollar proyectos multidisciplinarios para la industria petrolera y por lo general su uso se mantiene reservado.

También existe la limitante de no contar con apoyo de personal especializado en cuanto a consultas sobre el tema de estudio, dado que la

disposición de tiempo de estas personas es muy limitada y la mayor parte del tiempo se encuentran ocupadas en sus labores de trabajo.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

Entre los mucho solventes disponibles utilizados para la remoción del azufre y el CO<sub>2</sub> en las corrientes de gas natural, las alcanolaminas son las más corrientemente usadas y aceptadas. Su uso data desde 1930 cuando se logró una patente que cubre su uso para el endulzamiento del gas natural. Debido a su reactividad y disponibilidad a bajo costo, las aminas, especialmente la monoetanolamina y dietanolamina han alcanzado una posición de prominencia en la industria del endulzamiento del gas natural.

Las alcanolaminas utilizadas en el proceso de endulzamiento del gas natural incluyen la monoetanolamina, la dietanolamina, la trietanolamina, la diglicolamina, la diisopropanolamina y la metildietanolamina; todos estos compuestos deben ser clasificados como reactivos químicos. Esto es lo que se toma en cuenta para la popularidad y el uso de las etanolaminas en el endulzamiento del gas natural. Hay diferencias entre las reacciones químicas que varias etanolaminas causan a ciertas sustancias ácidas constituyentes de los gases.

Las plantas de regeneración de amina se han desarrollado como parte integral en el proceso de procesamiento de crudos, ya que debido a su

elevado costo de producción se recicla la amina utilizada en el proceso de mejoramiento. Esto se hace extrayendo el Sulfuro de Hidrogeno ( $H_2S$ ) presente en el petróleo; este  $H_2S$  es retirado en la unidad de regeneración volviendo a obtener amina limpia para completar nuevamente el proceso. Existen varias plantas de regeneración de amina, entre esas se encuentran la unidad 33 ARU y la unidad 34 SRW del proyecto Petrozuata VEHOP Downstream, en donde se presenta con detalle el estudio del diseño y trazado de los distintos sistemas de tuberías presentes en la etapa de ingeniería de detalle, las cuales serán el modelo de estudio de este trabajo.

Con el descubrimiento del petróleo y su expansión a escala mundial se ha visto la necesidad de desarrollar estándares para el diseño de plantas industriales; es entonces cuando se comienza a manejar una cantidad de información sobre proyectos industriales en cuanto a su elaboración y diseño de los sistemas de tuberías involucradas. Esto se lleva a cabo a través de la recopilación de información y experiencias de empresas y profesionales que han trabajado en el área y que son las encargadas de diseñar los primeros proyectos petroleros, las cuales con su aporte de experiencia, capacidad y conocimiento pudieron desarrollar tales proyectos contando con los escasos recursos presentes en la época. Posteriormente con el paso de los años estas experiencias fueron plasmadas como base para la elaboración de los estándares y manuales de diseño de tuberías que servirán como base para el desarrollo de otros proyectos similares. Sin embargo no se contaba

entonces con la unificación de criterios por lo que se debía diseñar de manera aislada y con todo ese gran problema al momento de su construcción, ensamblar diseños realizados en distintos lugares del mundo. Surge entonces la necesidad de unificar criterios y crear códigos, estándares y normas de diseño universales las cuales puedan ser utilizadas en todo el mundo; es entonces cuando aparecen los primeros códigos o estándares de diseño y se establecen las normas (ANSI, ASME, API, ASTM, SAE, DIN, UL, PFI, NACE, AWWA, JIS, etc.) permitiendo poder unificar criterios y así desarrollar de manera sencilla y practica los diseños de ingeniería para plantas de procesos, tuberías y sus accesorios, así como también su trazado e interconexión con otras plantas o equipos.

Las plantas de regeneración de amina se han desarrollado como parte integral en el procesamiento de crudos, ya que debido a su elevado costo de producción se recicla la amina utilizada en el proceso de mejoramiento, extrayendo el Sulfuro de Hidrogeno ( $H_2S$ ), el Dióxido de Carbono ( $CO_2$ ) y los gases ácidos presentes en el petróleo. Estos gases son retirados en la unidad de regeneración, volviéndose a obtener una amina limpia para completar nuevamente el proceso.

En Venezuela a mediados de los años 1960 y 1970 los trabajos de ingeniería eran principalmente realizados por empresas extranjeras, en su mayoría norteamericanas, que eran las encargadas de desarrollar tales proyectos. Para ese entonces el trabajo del personal profesional venezolano

se limitaba a simples montajes en obras civiles y los demás trabajos, incluyendo el diseño y montaje de tuberías era realizado por empresas extranjeras. Es entonces, cuando un grupo de profesionales con amplio estudios en la materia se reúnen y forman las primeras empresas consultoras en la ciudad de Caracas, con el objeto de licitar y participar en los trabajos de ingeniería. Luego de la nacionalización del petróleo estas empresas comenzaron a realizar proyectos y al mismo tiempo a formar profesionales en distintas áreas específicas de la ingeniería de consulta, (procesos, equipos, etc., y entre ellas tuberías) con el propósito de competir con las empresas extranjeras radicadas en nuestro país.

Actualmente existen varias empresas consultoras de gran prestigio y trayectoria mundial, asociadas estratégicamente con empresas extranjeras, las cuales comparten responsabilidades, compromisos laborales y ganancias generadas por la puesta en marcha de los distintos proyectos petroleros.

## **2.2 AMINAS**

Se denomina *Amina*, al nombre que se le da a aquellos compuestos que ocurren a menudo por la descomposición de materia orgánica, donde la amina es producida por la sustitución de uno o varios átomos de hidrógeno del amoniaco presente, por grupos orgánicos.

El número de grupos orgánicos unidos al átomo de nitrógeno determina que la molécula sea clasificada como amina primaria (un grupo orgánico), secundaria (dos grupos) o terciaria (tres grupos). La mayoría de las aminas tienen un olor desagradable y son solubles en agua. Sus puntos de ebullición son superiores a los hidrocarburos de análoga masa molecular e inferiores a los correspondientes alcoholes. Las aminas tienen un carácter básico, es decir en general son bases más fuertes que el agua y que el Amoniacó ( $\text{NH}_3$ ). El principal método de obtención de estos compuestos es la reacción entre el amoniacó y un halogenuro de alquilo. Una de las aminas más importantes es la anilina, que es la amina aromática más sencilla.

En todos los procesos de producción petrolera, la utilización de la amina juega un papel de gran importancia en la mayoría de esos procesos, ya que con ella se hace posible realizar la extracción de todo el azufre y alguna de las impurezas que contiene el petróleo desde que se retira de su pozo. El azufre presente en el crudo se convierte en Sulfuro de Hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ) durante el proceso y este es removido por la amina. Dos grandes clasificaciones en aplicaciones de amina son muy utilizadas en las refinerías: el tratamiento de gas reciclado y la recuperación del gas licuado (LPG).

En el reciclaje de gas, el petróleo producido en la unidad de procesamiento de hidrocarburos tiene un límite superior en el volumen de producción de azufre de acuerdo a las normas de producción. El azufre del crudo presente en el reactor se alimenta con  $\text{H}_2$  a una presión elevada

(típicamente entre 35 a 150 bar), transformando todo en  $H_2S$ . El crudo entra al reactor, se enciende y luego se recicla con la corriente de gas que contiene  $H_2$ ,  $H_2S$  y algunos otros hidrocarburos. Posteriormente esta mezcla se envía a un absorbedor de amina en dónde el  $H_2S$  es removido por la corriente de amina circulante. En las unidades de recuperación de LPG, el gas combustible y los gases que escapan en lo alto del estabilizador de descomposición térmica, son reformados y enviados a las unidades de recuperación de gas. El gas combustible agrio contiene  $H_2S$ , el cual es eliminado a una presión baja (entre 3.5 a 14 bar) por la amina circulante. La corriente de LPG contiene  $H_2S$  a granel el cual es eliminado por la amina a una presión que varía entre 14 y 21 bar; entonces el  $H_2S$  restante más los mercaptanos se tratan con una solución cáustica y un lavado con solvente que convierte al mercaptan en mercapticidos. En la figura 2.1 se muestra un típico diagrama de bloque en donde se ilustra el proceso.

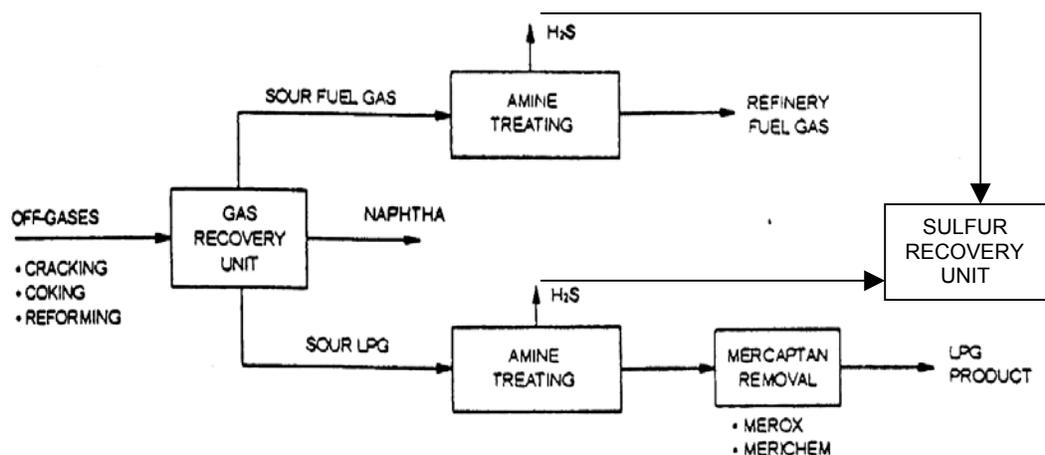


Figura 2.1 Tratamiento de amina fuel gas/LPG

### 2.3 PROCESO DE REMOCIÓN DE AZUFRE

Muchas refinerías tienen múltiples absorbedores de amina servidos por una unidad común de regeneración. Otras refinerías tienen dos sistemas de regeneración de amina separados, un sistema típico es utilizado para la amina limpia o amina rica [*Rich Amine*] con el uso de los hidrotratadores [*Hydrotreaters*] y otro sistema especializado para la amina sucia o amina pobre [*Lean Amine*] los cuales son las unidades de FCC o de estrangulación [*Cokers*]. En la figura 2.2 se presenta un diagrama de flujo de una unidad de tratamiento de amina rica.

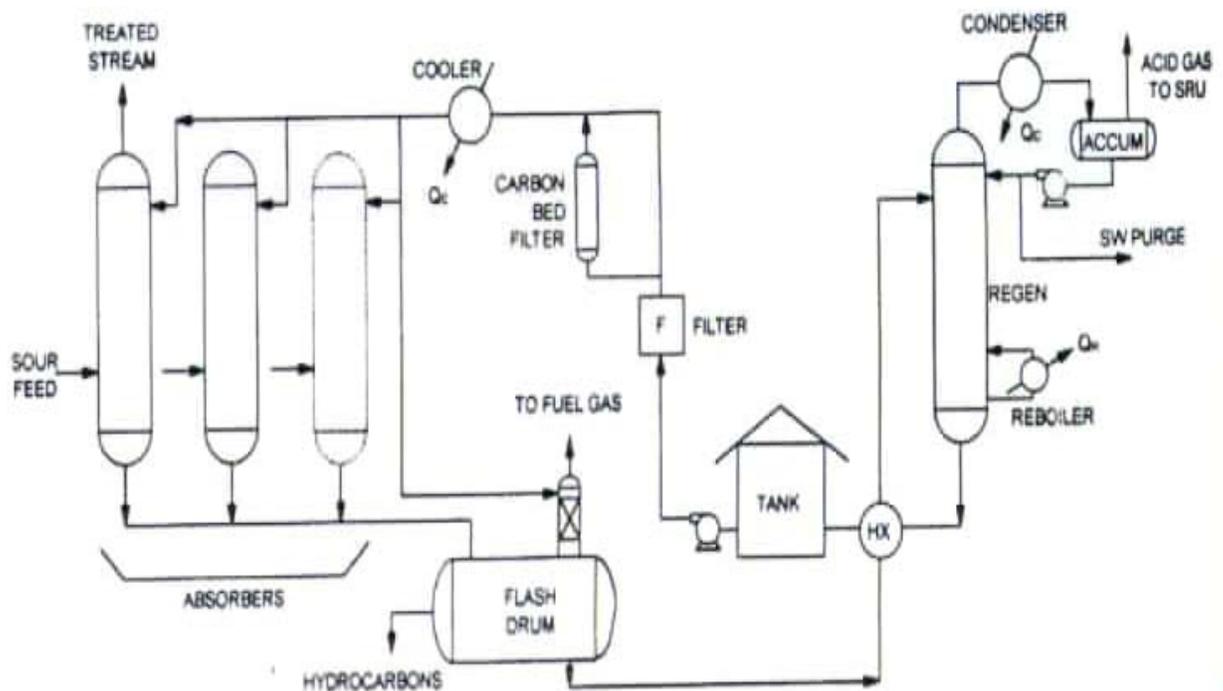


Figura 2.2 Unidad de tratamiento de amina rica [*rich amine unit*]

El manejo de azufre dentro de una refinería está definido en cuatro procesos básicos:

- 1) La Unidad de tratamiento de Amina (ATU), la cual elimina el  $H_2S$  al reciclar los vapores de gas presentes en el proceso de operación de los hidrocarburos tales como gas combustible y el gas licuado (LPG).
- 2) La unidad de recuperación, en donde la amina se regenera en una o más etapas de regeneración de amina (ARU).
- 3) La unidad separadora de aguas ácidas (SWSU), la cual elimina el  $H_2S$  y  $NH_3$  de la corriente de agua. El agua ácida es el resultado del funcionamiento de operación de la refinería, el cual utiliza el vapor en la destilación para reducir la presión parcial en el hidrocarburo, en donde el agua inyectada es usada para combatir la creciente corrosión o aumento de sal.
- 4) La unidad de recuperación de azufre (SRU), es en donde se logra entre un 92 a 96 % de recuperación del azufre global con un 99.9 % de pureza. La mayoría de las refinerías ahora desgasifican el azufre fundido producido.

La amina se vierte a los absorbedores combinándose y luego son enviados al tambor de llamarada de amina rica en donde se encienden los hidrocarburos más ligeros, separando a estos de la corriente de arrastre de

amina. Para ello es necesario minimizar el remanente de hidrocarburo en el *Claus Burner*, en la unidad recuperadora de azufre (SRU).

El gas encendido es tratado con las corrientes de amina delgada que se desprenden por la llamarada en el tambor de gas, limpiando el sistema de gas combustible. El tambor de llama opera a menudo entre 50 a 75 lb/in<sup>2</sup> para que las aminas encendidas puedan elevarse al tope del regenerador sin necesidad de utilizar una bomba.

Los recalentadores o *Reboilers* utilizan una presión de 50 lb/in<sup>2</sup> de vapor saturado de gas ácido (H<sub>2</sub>S y CO<sub>2</sub>) de la amina. En la parte superior se refresca en el condensador a una temperatura entre 38 a 49 °C, para minimizar el remanente de agua del gas que se dirige a la unidad recuperadora de azufre (SRU). La provisión se debe hacer respectivamente en el acumulador del reflujo para que en el fondo del regenerador queden los hidrocarburos pesados, permitiendo que la amina regenerada se filtre y se refresque, para luego ser distribuida a los absorbedores.

### **2.3.1 Variables del Proceso**

La selección de amina normalmente está definida entre la monoetanolamina (MEA) con 15 a 20 % en peso, la dietanolamina (DEA) con 25 a 33 % en peso y el metildietanolamina (MDEA) con 45 a 50 % en peso.

MEA es una amina primaria, muy reactiva pero degrada los compuestos COS, CS<sub>2</sub> al igual que el CO<sub>2</sub>. Para estos productos de

degradación no regenerables se requieren unidades de MEA donde se emplea un recuperador de coladas.

DEA, no es tan reactivo como MEA, pero logra fácilmente la especificación del producto tratado. Comparado a MEA, DEA es más resistente a la degradación de COS, CS<sub>2</sub>, y CO<sub>2</sub>, pero DEA presenta la desventaja que no puede ser obtenido fácilmente. En las refinerías, la DEA que se usa más a menudo tiene entre 25 y 33 % en peso de solución en agua.

La reactividad genérica de MDEA es baja y no puede encontrarse la especificación del producto tratada a presiones bajas. Su creciente utilización es el resultado de su selectividad para H<sub>2</sub>S muy por encima del CO<sub>2</sub> con un bajo requisito de energía. La formulación de MDEA puede lograr una mayor reactividad pudiendo bajar los requisitos de energía, pero su costo es alto.

La alimentación ácida de los estranguladores [*Cokers*] y las bandejas catalizadoras contienen ácido acético, ácido fórmico y oxígeno. Estos contaminantes reaccionan con la amina para darle a la sal un calor estable (HSS), aumentando el espumando y el potencial de corrosión de la solución de amina. Un lavado de agua antes de entrar al absorbedor de amina es recomendable para minimizar el remanente de ácido presente en la alimentación ácida. En casos extremos si la concentración del H<sub>2</sub>S excede al 10 % de la concentración de amina, entonces la estela de amina necesitará ser salvada.

El Amonio (obtenido del nitrógeno en el crudo) puede concentrarse allí en la cima del regenerador y su presencia causa una corrosión severa. Una purga en la línea de retorno de reflujo al SWS permite tener el  $\text{NH}_3$  en niveles más tolerables. Por economía, en la mayoría de las refinerías se emplea una regeneración común para la amina que se encuentra asociada con las principales unidades de la refinería.

Las unidades de reciclaje de gas TGPU utilizan una amina selectiva típicamente como MDEA. El tamaño y funcionamiento de la unidad de MDEA son tales que se mantiene alejado casi siempre separado de las otras unidades de regeneración de amina.

El requerimiento de gas ácido de amina pobre requerida es función de las especificaciones para los productos tratados. Comúnmente el  $\text{H}_2\text{S}$  del gas reciclado es tratado hasta casi 10 PPM del volumen; el  $\text{H}_2\text{S}$  debe estar a 160 PPM del volumen o menor y para el gas licuado, el  $\text{H}_2\text{S}$  tratado no debe exceder 50 PPM del peso. Desde el momento en que la amina pobre se pone en equilibrio con el producto tratado en el tope del absorbedor, el residuo requerido a las condiciones de presión y temperatura pueden ser calculados.

La carga de amina rica aceptable (moles de gas ácido por moles de amina) varía con la amina escogida siendo más alto el  $\text{H}_2\text{S}$  que el  $\text{CO}_2$ . En altas presiones pueden emplearse cargas altas sin exceder un acercamiento del 70 % al equilibrio en el fondo del absorbedor. Sin embargo, las cargas

altas necesitan ser pesadas para evitar la corrosión, aumentado la solución de amina rica cuando es despresurizada en el tambor de separación y más allá. Las cargas de gas ácido pueden variar desde 0.2 a 0.5 mol/mol. En el tratamiento de líquidos en los procesos de gas licuado (LPG), pueden ser necesarias cargas menores debido al aumento en el contacto entre el LPG de amina y las torres hidráulicas. En uno de los documentos denominados diagramas de flujo de procesos PFD, generados en el desarrollo de diseño de ingeniería, se pueden observar todas esas variables que intervienen en el proceso de regeneración de amina.

### **2.3.2 Consideraciones de Operación**

Las mayores consideración de operación para las unidades de amina radica en mantener la condición de operación estable en la solución, mientras se minimizan las pérdidas y previniendo el arrastre del hidrocarburo a la planta de azufre.

La limpieza de la solución es lograda por una filtración del 100 por ciento de las partículas y una filtración 10 a 20 por ciento del arrastre de la corriente de amina a través de una cama de carbón absorbente para remover los hidrocarburos, la espuma y los residuos de sal. La temperatura de la amina en el fondo del regenerador no debe exceder de los 126 ° C. Si esto se hace difícil por la alta presión en la parte de posterior del *Claus Burner* y de la unidad de tratamiento de separación de gas (TGSU), se tiene que

estudiar la posibilidad de disminuir la concentración de amina o de utilizar un sistema de enfriamiento por bombeo en el regenerador. Mientras la cama de carbón absorbente puede quitar algunos de los precursores que llevan a la formación de sal, el  $H_2S$  en la solución de amina no debe permitirse exceder en 10 por ciento de la concentración de misma. El agua que limpia la cima de los absorbentes es una manera eficaz de reducir las pérdidas de amina, y el agua de exceso puede sangrarse fuera de la purga del reflujo al SWS. El tambor separador de amina rica es un separador de tres fases que se utiliza para separar los hidrocarburos en un tiempo de 20 a 30 minutos. El hidrocarburo adicional que se desnata también puede proporcionarse al acumulador del reflujo y en la cámara o en el fondo de la torre del regenerador.

En los trabajos de diseño de ingeniería de detalle se generan entre otros de los documentos que se manejan, los llamados diagramas de tuberías e instrumentación P&ID, donde aparece de manera esquemática el proceso en este caso, el de regeneración de aminas y separación de aguas ácidas, donde se presentan a través de un diagrama todas las condiciones de operación de cada una de las partes y equipos, así como el recorrido e interconexión de tuberías e instrumentos de un sector determinado de la planta. En el próximo capítulo se discutirá con más detalle cada uno de estos documentos de ingeniería.

## **2.4 SEPARACIÓN DE AGUAS ACIDA O *SOUR WATER STRIPPER* (SWS)**

Las aguas ácidas en una refinería se originan al usar el vapor como medio de despojo de la acidez producida en el tratamiento de amina en la etapa de destilación o al reducir la presión parcial del hidrocarburo en el catalizador.

También algunas unidades de la refinería inyectan agua de lavado para absorber los compuestos corrosivos o sales que podrían causar taponado; este vapor o agua entra en contacto con los hidrocarburos que contiene el H<sub>2</sub>S. El NH<sub>3</sub> presente en el agua ácida viene del nitrógeno en el crudo o del amoníaco inyectado en el fraccionador de crudo para combatir la corrosión. Además de la adición de H<sub>2</sub>S y NH<sub>3</sub>, el agua ácida puede contener fenoles, cianida, CO<sub>2</sub>, e incluso sal y ácidos.

### **2.4.1 Descripción del proceso**

El paso del agua ácida a través del tambor y/o tanque de separación rápida sirve para quitar los aceites sólidos del hidrocarburo y al mismo tiempo eliminar los gases disueltos enviándolos fuera para su encendido. La alimentación del separador de aguas ácidas es entonces calentada por el intercambio térmico con el agua en el fondo del separador. Si el *Reboiler* se encuentra fuera de servicio, se proporciona entonces vapor al fondo del separador a través de un recalentador o por la inyección directa de vapor.

El  $H_2S$  despojado y vapor de  $NH_3$ , atraviesa una sección de enfriamiento y deshumidificación en el tope del separador de aguas ácidas o *Stripper*. Un circuito de enfriamiento cerrado elimina el calor remanente en el separador. Los gases ácidos, más el vapor no condensado fluye a la planta de azufre a una temperatura de 82 a 93 ° C.

El agua separada es enfriada por un intercambio térmico con el alimento y luego se termina de enfriar con aire o agua si es necesario, antes de ser reutilizada o enviada a la unidad de tratamiento biológico. Un diseño convencional de SWS se ilustra en la figura 2.3.

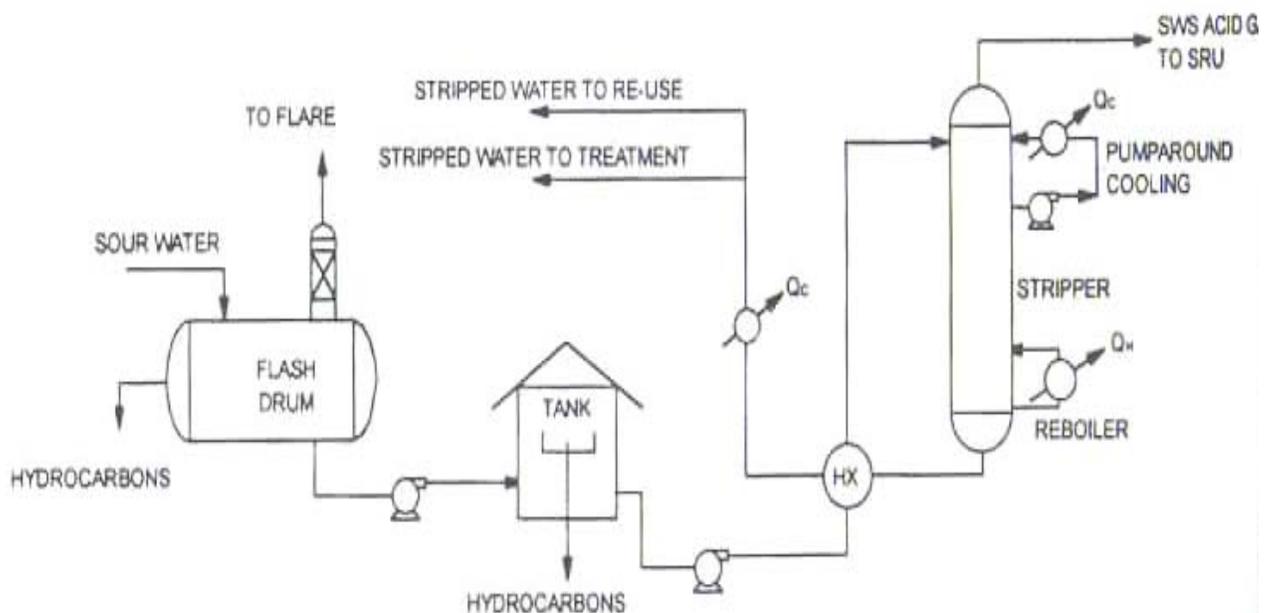


Figura 2.3 Unidad separadora de aguas ácidas (SWS)

### 2.4.2 Proceso Químico

La química asume que el  $\text{NH}_3$  y  $\text{H}_2\text{S}$  están presentes en la solución acuosa como el Hidrosulfuro de Amonio ( $\text{NH}_4\text{HS}$ ), el cual es la sal de un ácido débil ( $\text{H}_2\text{S}$ ) y una base débil ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ). La sal hidroliza en el agua para formar  $\text{NH}_3$  libre y  $\text{H}_2\text{S}$ , lo cual entonces ejerce una presión parcial y pueden separarse.

El equilibrio de la fase acuosa es:



Con un aumento de la temperatura cambia el equilibrio y la ecuación cambia a la derecha, siendo más fácil separar el  $\text{H}_2\text{S}$  y  $\text{NH}_3$ . El  $\text{H}_2\text{S}$  es mucho menos soluble y en consecuencia se separa más fácilmente. Cuando los componentes agrios como  $\text{CO}_2$  o  $\text{CN}^-$  están presentes, ellos reemplazan  $\text{HS}^{++}$  en las ecuaciones anteriores y el  $\text{NH}_3$  se limita en la solución como la sal  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ . El  $\text{NH}_3$  libre formado por la hidrólisis es pequeño, entonces la remoción de  $\text{H}_2\text{S}$  es mucho más alta que la precedida, mientras que la remoción de  $\text{NH}_3$  es menor.

### 2.4.3 Variables del Proceso

El vapor, gas combustible y aire son utilizados para separar las aguas ácidas. Para cumplir con las especificaciones del agua separada, se exige normalmente el vapor y este se usa casi exclusivamente en la refinería en el tratamiento de agua ácidas.

Una característica técnica típica de las aguas separadas, es que limitan la cantidad de  $H_2S$  de 1 a 10 ppm del peso y  $NH_3$  de 30 a 200 ppm del peso. Normalmente es la especificación del  $NH_3$  la que gobierna el diseño del separador, ya que es mucho más difícil de separar que el  $H_2S$ .

Algunos diseños de separadores utilizan soda cáustica para librar el límite de amoníaco, particularmente sucede esto cuando el compuesto tiene cantidades apreciables de  $CO_2$  o cianuros.

La presencia de fenoles y cianuros en el agua ácida también pueden tener un impacto en el número de separadores. El proceso de separación de compuestos no fenólicos sólo procesan el agua ácida con  $H_2S$  y  $NH_3$ . El agua separada es normalmente apropiadas para ser reciclada en las unidades de proceso como inyección para agua de lavado. Las aguas ácidas fenólicas contienen fenoles y otros contaminantes provenientes del alambique desintegrador catalítico [*Catalytic Cracker*] y del coke. Las aguas ácidas fenólicas separadas son corrosivas y pueden envenenar los catalizadores si son usada para inyección de agua de lavado.

En los separadores convencionales de una etapa, es producido un gas ácido que contiene  $H_2S$  y  $NH_3$ . Esto significa que las unidades de recuperación de azufre (SRU) deben diseñarse de acuerdo a la cantidad de  $NH_3$  que se va a quemar. Una alternativa es usar una unidad de separación de dos etapas (como es el WWT de Chevron), que produce corrientes separadas de  $NH_3$  y  $H_2S$ .

Es deseable reciclar tanta agua separada como sea posible. El agua del separador puede ser reutilizada en el desalador de crudo, como el agua de composición para las unidades de coke, y también como el agua del lavado para los hidrotratadores y ocasionalmente como el agua de composición para las torre de enfriamiento. El uso de separadores de segregados y las especificaciones del agua separada determinan en que magnitud puede ser reutilizada la misma agua.

#### **2.4.4 Consideraciones de Operación**

Las mayores consideraciones de operación para los separadores de aguas ácidas son el servicio sucio y el ambiente corrosivo. Algunos *Reboilers* pueden durar sólo de 6 meses a un año sin limpiarse y la provisión para la inyección de vapor directo es viable. El uso de circuitos cerrados de enfriamiento de bombeo [*Pumparound Cooling*], en lugar de condensar por encima del tope reduce la corrosión. Un cuidado extremo es necesario en la selección metalurgia.

### **2.5 PROCESO DE RECUPERACIÓN DE AZUFRE**

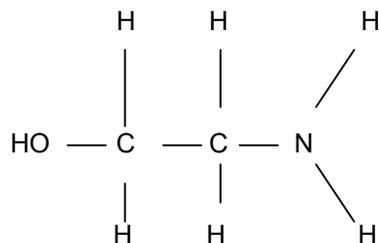
Las unidades de recuperación de azufre (SRUs) convierten el  $H_2S$  en azufre de las corrientes de gas ácido provenientes de la regeneración de amina y las unidades de SWS en azufre fundido. Típicamente un *Claus Burner* de dos o tres etapas de proceso directo, recupera más de 92 % del

H<sub>2</sub>S como azufre elemental. La mayoría de las refinerías requieren que las recuperaciones de azufre sean mayores a 98.5 %, entonces la tercera etapa del *Claus* es operada por debajo del punto de rocío del azufre. Esto se reemplaza con un catalizador de oxidación selectivo, como el *Superclaus* o un TGPU a continuación de la unidad *Claus*.

Se está haciendo cada vez más popular el degasificar el azufre fundido producido. Empresas como Shell, Elf, Aquitaine y otras ofrecen propiedades del proceso en que la degasificación del azufre fundido este entre 10 a 20 ppm del peso del H<sub>2</sub>S.

## 2.6 ESTRUCTURAS DE LAS AMINAS

Los prefijo mono, di y tri se refieren al grado del radical sustitución en la amina nitrógeno. La metanolamina por ejemplo tiene la siguiente estructura:



El grupo OH es la parte de la estructura que causa que los compuestos sean olaminas, a diferencias de simples aminas. El nitrógeno es el llamado “amino” nitrógeno, estudios de la estructura química han

demostrado que el primer miembro de la serie homologa de las aminas sería el amoníaco o  $\text{NH}_3$ .

El amoniaco puede ser usado para la remoción de ácidos de corrientes de gas natural, pero es volátil y otros problemas causan dificultades operativas. Las estructuras químicas de las aminas restantes son mostradas en la figura 2.4.

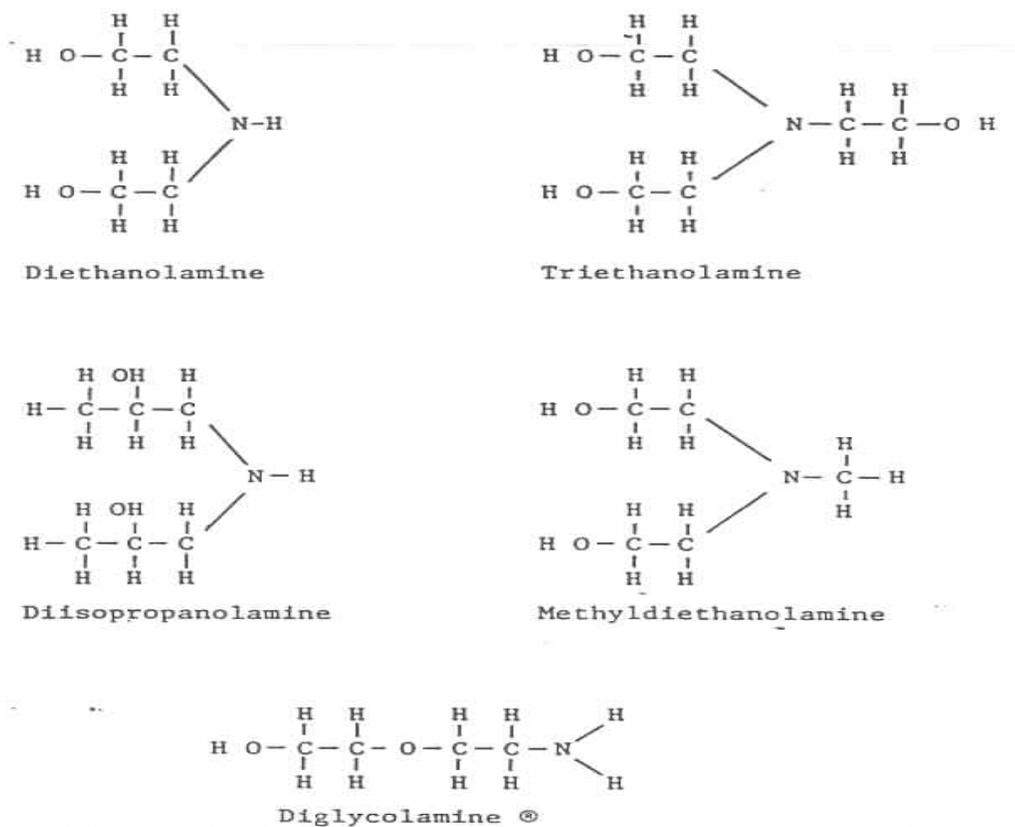


Figura 2.4 Estructura química de las aminas utilizadas en el endulzamiento de gas.

Las etanolaminas son líquidos transparentes e incoloros que tienen un orden ligeramente fuerte en su organización. Todas las aminas excepto la trietanolamina son consideradas materiales o compuestos químicos estables, porque ellos pueden ser calentados hasta su temperatura de ebullición sin descomponerse. La trietanolamina se descompone por debajo de su temperatura normal de ebullición que es 680 °F.

## **2.7 TIPOS DE AMINAS**

Existen seis importantes tipos de aminas principalmente utilizadas en las unidades de regeneración y endulzamiento de gases ácidos. Estas son:

- a) Metanolamina
- b) Dietanolamina
- c) Trietanolamina
- d) Diglicolamina
- e) Disopropanolamina
- f) Metildietanolamina

### **2.7.1 Metanolamina (MEA)**

La metanolamina o MEA es la base más fuerte de las diferentes aminas y por lo tanto reaccionan más rápidamente con los gases ácidos. MEA, removerá tanto al Sulfuro de Hidrogeno  $H_2S$ , como al Dióxido de

Carbono  $\text{CO}_2$  y generalmente es considerado no selectivo entre estos dos tipos de ácidos. Con el más bajo peso molecular de las aminas comunes, este tiene la mayor capacidad de arrastre para gases ácidos por unidad de peso en una base de volumen, esto generalmente significa menos circulación de solución para remover una cantidad dada de gas ácido, además MEA es químicamente estable lo que minimiza la degradación de esta solución y puede ser separada fácilmente de los constituyentes del gas ácido usando el proceso de separación por vapor.

La MEA reacciona de manera irreversible con el Sulfato Carbonílico y con el Disulfato de Carbono esto resulta en la pérdida de solución de MEA y la creación de sólidos provenientes de la reacción en dicha solución.

La metanolamina o MEA tiene la más alta presión de vaporización en comparación con las otras aminas, esto puede resultar en altas pérdidas de solución a través del proceso de vaporización. El problema puede ser usualmente resuelto por un simple lavado con agua en la corriente de gas que ya ha sido endulzada.

La proporción de reacción del  $\text{CO}_2$  en la metanolamina o MEA es más baja que la proporción de reacción que ocurre entre el  $\text{H}_2\text{S}$  y el MEA. El proceso no es considerado selectivo, sin embargo a consecuencia de que el  $\text{CO}_2$  es absorbido y será esencialmente removido por completo de la corriente de gas natural que se está tratando para la separación del  $\text{H}_2\text{S}$  no existe ningún problema. La MEA o metanolamina fácilmente reducirá las

concentraciones de gas ácido a las especificaciones de tuberías, generalmente menos de 0.25 granos por cada 100 Pies<sup>3</sup>. Por diseño y operación el contenido de gas ácido puede ser reducido a una porción tan baja como 0.05 granos por cada 100 Pies<sup>3</sup>.

### **2.7.2 Dietanolamina (DEA)**

El proceso acuoso de la dietanolamina o DEA es similar al principio de operación de la metanolamina. La diferencia primordial es que la reacción de la DEA con el Sulfato y Disulfato de Carbono es distinta, ya que las reacciones de la DEA con estas dos sustancias son mucho más lentas que la que tiene el MEA con estas sustancias, en consecuencia se originan diferentes productos y por lo tanto existe una pequeña pérdida de DEA causada por las reacciones con estos componentes del Sulfuro. Como resultado la dietanolamina es especialmente favorable para refinerías de endulzamiento y producción de corrientes de gas natural, donde estos contaminantes son prevaletentes. La DEA es no selectiva y removerá a ambos, el H<sub>2</sub>S y el CO<sub>2</sub>.

Algunas veces ocurren dificultades con el uso del proceso de la DEA para la reducción de Sulfuro de Hidrogeno o para llevar las concentraciones de sulfuro de hidrogeno a las especificaciones de tuberías requeridas.

Existe una modificación del proceso DEA llamado SNPA y este reporta una capacidad para la remoción de H<sub>2</sub>S a los niveles de

aproximadamente 0.1 granos por cada 100 Pies<sup>3</sup>. La dietanolamina o DEA es mucho menos volátil que la metanolamina, dando esto como resultado mucho menos pérdidas a consecuencia de la vaporización de la solución de amina. Luego el proceso de regeneración la solución de dietanolamina tendrá mucho más bajas concentraciones de gas ácido residual que la solución de metanolamina o MEA; esto es soportado por el equilibrio básico de las relaciones entre la dietanolamina y los gases ácidos, lo que provee la base para una de las ventajas en el uso de DEA es decir, la dietanolamina es más versátil que la metanolamina.

### **2.7.3 Trietanolamina (TEA)**

A pesar de que la trietanolamina acuosa fue la amina que comercialmente se uso por primera vez para el proceso de endulzamiento del gas, esta ha sido ampliamente desplazada por cualquiera de las restantes aminas es decir, ha sido desplazada por estas tres específicamente la metanolamina MEA, la dietanolamina DEA y la diglicolamina DGA.

Las aminas terciarias aparentemente son menos reactivas con el H<sub>2</sub>S y CO<sub>2</sub>, como consecuencia de sus problemas tradicionales en el tratamiento del gas natural hacia los niveles especificados para tuberías. Por lo tanto, La trietanolamina es muy poco usada comercialmente para el proceso de endulzamiento del gas natural.

#### **2.7.4 Diglicolamina (DGA)**

La diglicolamina es una de las adiciones más recientes de la lista de etanolamina usada para el endulzamiento del gas natural. Esta es una amina primaria y tiene todas las ventajas potenciales de alta reactividad, baja presiones de equilibrio coaxial, etc., que son características de las etanolaminas primarias. La diglicolamina puede cumplir satisfactoriamente con las especificaciones de H<sub>2</sub>S para que las tuberías trabajen a presiones bastante bajas. A pesar de que la diglicolamina es una etanolamina primaria, esto mantiene las mismas ventajas de baja concentración de gas residual ácido en la solución regenerada, tal como lo hace la dietanolamina.

#### **2.7.5 Disopropanolamina (DIPA)**

Es el ingrediente radioactivo patentado por el proceso de Sulfinol de la Shell. Esta es también usada en el proceso ADIP que designa la remoción de Sulfato Carbonil. Debido a que la data del proceso de Sulfinol es propiedad de Shell, su uso está normalmente restringido a plantas de proceso donde las condiciones de diseño y proceso hayan sido realizadas por los ingenieros de Shell.

#### **2.7.6 Metildietanolamina (MDEA)**

Este es otro de los nuevos productos que se une al grupo de la etanolaminas usadas para el endulzamiento de gas. Ha recibido gran

atención y aceptación recientemente debido a su capacidad de ser selectiva reaccionado con el  $H_2S$ , en presencia del  $CO_2$ . La metildietanolamina se empezó a escuchar por primera vez como un agente endulzante en principio de los años cincuenta, pero ha recibido atención reciente debido a su potencial para el ahorro de energía. La metildietanolamina es capaz de tratar gas nuevo y ajustarlo a las nuevas especificaciones de  $H_2S$  para gas.

## **2.8 CONCENTRACIONES DE LA SOLUCION**

Las diferencias primordiales en los esquemas de los procesos de MDA y DEA para el endulzamiento se encuentran en las concentraciones de la solución. La MEA es ordinariamente utilizada en un porcentaje que varía desde 10 hasta 20 % por peso de solución acuosa. Por costumbre la concentración más común de MEA utilizada es de un 15 % por peso de solución acuosa de MEA.

La dietanolamina o DEA es igualmente utilizada entre un 10 y 20 % por concentración de peso. La modificación del proceso de DEA que es utilizada por la SNPA, goza de una mayor concentración de dietanolamina o DEA. La unidad o cantidad de flujo del esquema del proceso es la convencional es decir, es la misma que el proceso de dietanolamina pero la concentración de la solución alcanzará un rango por encima del 30 % o más por peso de DEA. Esta alta concentración de DEA va cerca de la misma

relación molar de aminas y agua que es de 15 a 20 % de la solución de MEA o metanolamina; Esto es debido al mayor peso molecular de la DEA.

La DIGA, DGA y MGA son utilizados también en concentraciones más altas. Una concentración típica del DIPA o el MEA están en rango del 30 al 50 % por peso en solución acuosa, mientras que el DGA tiene concentraciones cuyos rangos están entre el 40 y 70 % en peso aproximadamente.

El uso de aminas en soluciones acuosas por su puesto satura al gas endulzado de vapor de agua independientemente si este viene de su fuente seco o húmedo. Para la mayoría de los procesos de aminas esto significa que la deshidratación es un paso necesario.

Como se dijo anteriormente uno de los procesos que soluciona este problema es el uso de la metanolamina MEA o dietanolamina DEA en combinación con etileno o dietilenoglicol. La combinación de amina y glicol generalmente hará un excelente trabajo de remoción de los constituyentes de gas ácido, pero generalmente no deshidrata tan bien como lo hace la instalación del glicol.

Severos problemas de corrosión son generalmente encontrados cuando se usan la combinación de glicol y amina, así que estos procesos no se han generalizado su uso. El diagrama de flujo de proceso generalmente usado para una planta de endulzamiento es mostrado en la figura 2.5.

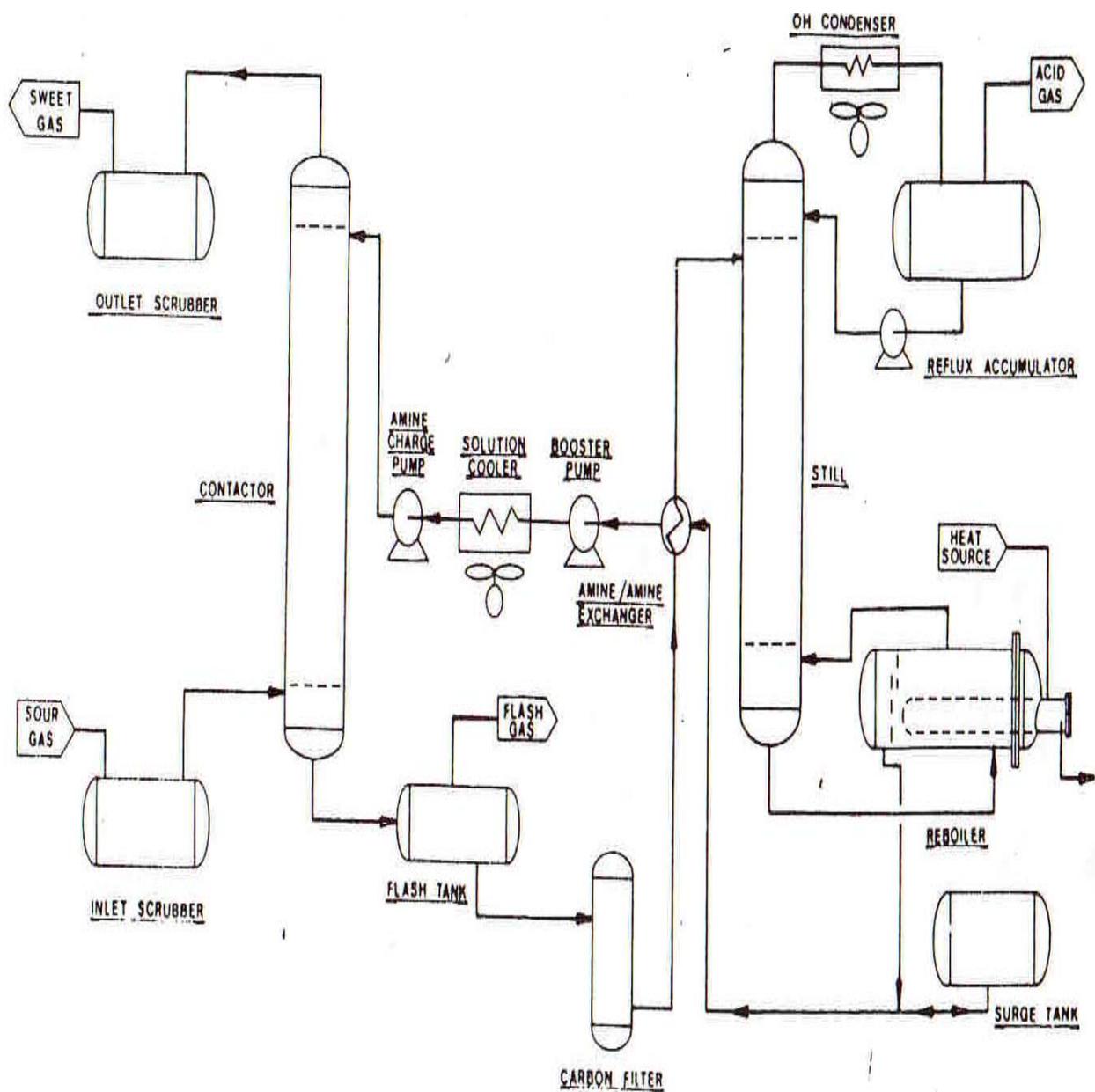


Figura 2.5 Proceso de flujo de una unidad de endulzamiento de Etanolamina

El diagrama de flujo del proceso varía muy poco a pesar del uso de la solución acuosa de amina como agente endulzante.

Las piezas primordiales de equipos que conciernen a este proceso son:

- 1) El contactor.
- 2) La columna de separación, junto con las tuberías asociadas.
- 3) El intercambiador de calor.
- 4) El equipo de separación.

## **2.9 PROCESOS MONOETANOLAMINA Y DIETANOLAMINA**

El proceso de endulzamiento por aminas ha sido ampliamente aceptado para la remoción de  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{S}$  de las corrientes de gas natural. La monoetanolamina ha sido usada por muchos años y últimamente la dietanolamina ha venido para favorecer a la industria de tratamiento de gas. Como ambos procesos usan esencialmente los mismos equipos, entonces se indicará el proceso y luego indicaremos la diferencia para los cálculos de diseño entre los dos procesos. La monoetanolamina es un proceso que fue aplicado comercialmente por primera vez, con el nombre de proceso "Girbitol" en el año de 1930.

Refiriéndonos a la figura 2.2, el gas natural contentivo de  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{S}$  hace contacto con un proceso de absorción en contracorriente con el gas

líquido en una torre con bandejas para proveer un íntimo contacto para la reacción química entre el gas ácido contenido de  $H_2S$ ,  $CO_2$  y la amina.

Una buena práctica de diseño dicta que un separador en la entrada del gas removerá los líquidos incluyendo destilados y agua de la corriente de gas antes de que esta entre al contactor. Igualmente se usará un separador o removedor a la salida del gas para recuperar o recobrar cualquier solución de amina que haya sido arrastrada desde el contactor por el gas hacia la salida; este tipo de separadores también debe ser usado en un proceso de amina. La solución rica de amina en el fondo del contactor es alimentada a una presión reducida para remover los gases de entrada incluyendo parte del gas ácido y luego es calentada en un intercambiador de aminas ricas y aminas pobres. Luego esta solución es alimentada a la columna o torre de separación donde la solución es regenerada y liberada del gas ácido a través de un proceso de separación de estos ácidos por vapor.

Los gases ácidos son concentrados en el acumulador superior y se desasan de ellos por quema en un *Flare* o mechero, en un recalentador o en otro aparato que los incinere. En casos donde el sulfuro excede de 2 a 5 toneladas por día, los gases ácidos deben ser procesados para recuperar el sulfuro. Las soluciones pobres de amina de la parte de abajo del recalentador o *Reboiler* es intercambiada con la amina rica en los intercambiadores de solución y luego es bombeada de vuelta al contactor por bombas multietapas para completar el proceso. Debido a que una solución

limpia es la clave para el éxito de un sistema de tratamiento, donde un buen proceso de filtración es esencial.

Se ha encontrado que los filtros de carbón activado proveen la mejor y más económica filtración; además las soluciones de monoetanolaminas deben ser recuperadas en un recuperador de corriente paralela. Las soluciones de dietanolaminas no pueden ser recuperadas debido a su alto punto de ebullición y nuestra experiencia nos ha indicado que la recuperación no es necesaria para las soluciones de dietanolaminas o DEA.

## **2.10 INVERSION DE CAPITAL**

La inversión de capital para plantas en donde se utilicen cualquiera de las dos aminas, es decir MEA o DEA, puede ser separada en dos segmentos. El primero que es la inversión para el contactor, es una función de la presión y el tamaño, la cual ofrece el costo de la unidad de regeneración como una función de la circulación de amina. En estas curvas se asume que el equipo, el regenerador será un “*Skid*” o patín montado y ensamblado en almacén en lugar de una construcción en campo esta figura para los costos no incluye el transporte del *Skid*, las fundaciones o el equipo de tubería requerido en el sitio.

### **2.10.1 Gastos de Operación**

El costo de una ARU es fuertemente dependiente de la circulación y a un grado menor de los requerimientos de vapor despojando (se clasifican según tamaño de los recalentadores). La filtración de partículas de flujo y el uso de cama de carbón absorbente de carbono aumentan el costo de manera importante, pero este costo se justifica significativamente cuando la unidad queda fuera de servicio por el tiempo requerido para la limpieza.

El costo de los separadores de aguas ácidas depende en gran medida del flujo de agua ácida. Como es de esperarse, las especificaciones del agua separada y la capacidad instalada del depósito afectan los costos de manera importante.

Los gastos de operación para una unidad de aminas serán más que todo a la labor requerida para su operación y en gran parte también al consumo de potencia. Los gastos operativos típicos para una unidad de tratamiento de amina se presentan en la tabla 2.1

### TABLA 2.1 COSTOS DE OPERACIÓN DE UNA UNIDAD DE AMINA

Unidad básica: Planta de Tratamiento con una circulación de 200 GPM; tratamiento 20 MMcfd de gas con 8% de gas ácido. Índice de costo Enero de 1976

DESCRIPCION	¢/Mcf	\$/Year
Labores de Operación (de 5 a 15.000 horas)	1.03	75.000
Supervisión (de 1 a 18.000 horas)	0.25	18.000
Beneficio de los Empleados (35% de la nomina)	0.44	32.550
Utilidades	0.74	54.000
Químicos y Suministros	0.33	24.000
Materiales de Reparación y labores (3% de la inversión)	0.41	30.000
Alta Dirección (5% de la Inversión)	0.68	50.000
Personal Corporativo (3.5% de la inversión)	0.48	35.000
Depreciación (10 años continuos)	1.37	100.000
Intereses (12%, el primer año)	1.64	120.000
Seguros e Impuestos (2% de la inversión)	0.27	20.000
<b>Total</b>	<b>7.64</b>	<b>558.550</b>

Plan de Inversión Estimado: \$ 1.000.000

### **2.11 SUMARIO DEL PROCESO DE AMINA**

Seis diferentes tipos de aminas pueden ser utilizados para el proceso de endulzamiento del gas natural, estas son las siguientes:

- 1) Tenemos el proceso de la monoetanolamina acuosa, el cual ha sido ampliamente utilizado para el endulzamiento de las corrientes de gas natural pero que ha sido reemplazado por el proceso de la dietanolamina o DEA.
- 2) Tenemos el proceso de la dietanolamina acuosa, este ha sido tradicionalmente usado para refinamiento o para tratamiento de gas ya endulzado, pero actualmente esta encontrando muchas más aplicaciones para el proceso de endulzamiento como tal.
- 3) Tenemos también el proceso de diglicolamina acuosa o el proceso DGA que es comúnmente utilizado para la remoción tanto de H<sub>2</sub>S como de CO<sub>2</sub>.
- 4) Tenemos el proceso de glicolamina, el cual utiliza indistintamente la metanolamina o dietanolamina en combinación con glicol para deshidratar y endulzar simultáneamente las corrientes de gas natural.
- 5) Tenemos el proceso de trietanolamina acuosa los cuales han sido usados generalmente para desplazar al proceso del MEA o DEA, es decir metanolamina y dietanolamina.
- 6) Por último tenemos el proceso de la metildietanolamina, que es una amina terciaria tal como lo es la trietanolamina y que también es recomendada en ciertos casos.

De los seis sistemas listados anteriormente el de la metanolamina MEA y dietanolamina DEA son los que han encontrado aplicaciones más generales y mejores para el proceso de endulzamiento de gas natural.

## **2.12 INGENIERIA DE CONSULTA**

Llamada así por la relación directa entre diversas carreras de la ingeniería, donde un grupo de profesionales ingenieros, técnicos y personal administrativo y directivo trabajan juntos en la elaboración de un objetivo común, siendo los encargados de realizar y desarrollar proyectos de ingeniería de diversa índole a través de grupo de compañías llamadas empresas de Ingeniería de consulta o “consultoras” encargadas de manejar toda la operación, organización, logística y planificación del proyecto. Estas empresas son las encargadas de desarrollar proyectos de ingeniería y particularmente los relacionados con la industria petrolera, en donde se observa que la demanda de personal capacitado en esta área es elevada. Otras de las operaciones que desarrollan estas empresas, son todas aquellas actividades que van desde la concepción de una oportunidad de inversión hasta que dicha oportunidad queda plasmada en una instalación, lista para ser utilizada o puesta en marcha; en otras palabras cubre todas las actividades de diseño, procura, gerencia de construcción y construcción de proyectos de ingeniería.

Cada empresa consultora posee su propio sistema de operación de proyecto que mejor se adapta a sus necesidades a objeto de ofrecerles a sus clientes una alta gerencia, eficiencia y calidad del proyecto con el logro de metas y objetivos propuestos.

La organización de una empresa consultora viene dada por los siguientes aspectos:

- Organización típica de una empresa consultora.
- Organización del grupo de empresas de ingeniería, procura y gerencia de construcción.
- Misión, Visión.
- Areas de enfoque de los departamentos de operaciones del grupo de empresas de I.P.G.C de una consultora.
- Otras unidades de soporte a operaciones de proyectos.

La misión de una empresa consultora debe estar siempre dirigida y orientada a:

- ❑ Proveer servicio de calidad en ingeniería, procura y gerencia de construcción.
- ❑ Satisfacer plenamente las expectativas y necesidades de los clientes.
- ❑ Lograr el bienestar de sus empleados.
- ❑ Conseguir los objetivos de los accionistas.
- ❑ Consolidarse como una prestigiosa empresa de ingeniería, procura y gerencia de construcción.

- Aplicar estándares internacionales de calidad.
- Dar valor agregado como aporte a los proyectos.

Entre los alcances que representan este tipo de empresa se encuentran:

- Investigaciones preliminares y asesorías.
- Estudios técnicos y económicos (preliminares y/o definitivos)
- Ingeniería conceptual y básica.
- Ingeniería de detalle (ID)
- Servicios de procura, materiales y equipos ( compra, expeditación, inspección y tráfico)
- Servicios de ingeniería, procura y gerencia de construcción [supervisión, inspección (IPGC)]
- Ingeniería, Procura y Construcción.
- (Ejecución completa hasta el arranque de la planta, excluyendo el valor de las compras)
- Llave en mano (LLEM) donde el contratista asume todos los costos y riesgos del proyecto.

Dentro de estas empresas existen profesionales de la ingeniería, técnicos y personal administrativo encargados de realizar los proyectos.

En el área de tuberías por lo general la figura del ingeniero mecánico está asociada con el ingeniero de tuberías, ya que no existe en nuestro país

la carrera de ingeniero de tuberías. Actualmente un ingeniero o un diseñador de tuberías cuenta con una gama de información donde puede especificar sus diseños a través del uso de normas establecidas, utilizando para su trabajo manuales, estándares, códigos y métodos que le permiten desarrollar el trabajo con cualquier tipo de condiciones de operación que se presente, dando libertad de selección y flexibilidad en su diseño de acuerdo con las condiciones del proyecto, así como también conseguir la selección del mejor y más económico elemento que pueda ser combinado y utilizado uniformemente dentro de un solo sistema.

En las empresas consultoras, el desarrollo de proyectos de ingeniería comprende tres etapas de trabajo conocidas como: Ingeniería Conceptual, Ingeniería Básica, e Ingeniería de Detalle. El proceso de trabajo se efectúa a continuación una de la otra y el desarrollo de cada una de ellas representan el objeto único de definir el diseño del proyecto para su posterior fabricación, construcción y puesta en marcha.

La ingeniería de detalle viene a ser la etapa más laboriosa del proceso, ya que en ella se plasma toda la información desarrollada en las etapas anteriores y esta traduce de manera específica para cada uno de los proyectos que deben ser realizados. En nuestro caso la información se obtuvo a través de datos provenientes de un proyecto realizado en nuestro país, el cual permite presentar toda la información acerca de los aspectos relacionados con el desarrollo de la ingeniería de detalle para el área de

diseño de los sistemas de tuberías y en nuestro caso particular, utilizamos una planta de regeneración de amina y su unidad de separación de aguas ácidas, como modelo a objeto de realizar un análisis completo de su desarrollo. Como ya sabemos el diseño de ésta investigación es de tipo documental, en el cual se encuentran presentes implícita o explícitamente los siguientes aspectos que deben ser contemplados:

- a) Estudios de trabajos anteriores referidos al mismo tema.
- b) Revisión y síntesis de proyectos similares.
- c) Descripción y manejo de los productos que deben generarse.
- d) Obtener una guía sumaria de los materiales referentes al problema.
- e) Eliminar la posibilidad de repetir innecesariamente el contexto de cada producto o documento, aplicando únicamente un modelo para cada actividad a desarrollar.
- f) Evaluar los datos acerca del problema que quiere resolver.

Como se mencionó anteriormente la información utilizada como modelo de desarrollo está basada específicamente en solo dos de las unidades plantas del proyecto aguas abajo llamado: "PETROZUATA VEHOP DOWNSTREAM", [*Venezuela Extra Heavy Oil Project*], el cual viene a ser en nuestro país pionero en el área de extracción y procesamiento de crudo extra pesado, siendo el primer proyecto de envergadura efectuado en Venezuela con el acuerdo entre PDVSA y la empresa CONOCO, con una inversión de 5000 Millones de Dólares y casi 3 años de desarrollo de ingeniería con la

participación de varias empresas consultoras de Venezuela Proyecta, Tecnoconsult, Dit Harris, junto a la empresa Norteamericana Parsons y la empresa Francesa Tecnif, encargadas de realizar a cada una de ellas un parte del proyecto. Es importante destacar la total y efectiva identificación lograda entre los socios del consorcio, y muy específicamente en el área de ingeniería, en la cual lograron conformar desde un comienzo un sólido e integrado equipo de profesionales y de recursos aportados por ambas empresas, lo cual ha hecho posible el óptimo desarrollo del proyecto y el logro de las metas y objetivos estipulados en el contrato suscrito entre PDVSA de Venezuela y CONOCO de los EEUU.

Este trabajo brinda la oportunidad de conocer sobre el desarrollo del trabajo por parte del ingeniero de un proyecto de ingeniería de esta magnitud, y a la vez compartir la filosofía del trabajo con personas de otros países que formaban parte del equipo de trabajo.

El propósito es mostrar el trabajo que debe ser realizado por el profesional en materia de ingeniería de detalle, en donde están presentes la estructuración de los proyectos, utilización y manejo de tablas, manuales, etc., desarrollo de productos y documentos que deben ser generados, permitiendo con esto tener los conocimientos que se emplean y que sirva como patrón de trabajo para la realización de proyectos similares. Conjuntamente toda la información presentada está complementada con el

aporte personal basado en mi experiencia realizada dentro del proyecto Petrozuata VEHOP Downstream.

### 2.13 PDS

PDS [*Plan Design System*] es un sistema para el diseño de cualquier tipo de planta industrial desarrollado por la compañía Intergraph, en el cual se integran varios módulos de las diferentes disciplinas para generar un módulo o maqueta electrónica inteligente.

El proceso de diseño dentro de PDS está dividido en dos partes independientes, que pueden ser interconectados de acuerdo a los requerimientos. Estos grupos son denominados 2D y 3D que a su vez están formados por módulos.

Los módulos de 2D tienen por finalidad la creación de diagramas esquemáticos, generando los reportes asociados incluyendo materiales y la definición de todos los equipos, instrumentos y tubería y demás elementos necesarios para construir la planta.

Los módulos actuales son:

- *Process Flow Diagram* (PFD): Diagrama de Flujo de Procesos.
- *Piping & Instrumentation Diagram* (P&ID): Diagrama de Tuberías e Instrumentación.

- *Instrument Data Manager* (IDM): Manejador de Información de los Instrumentos.

Los módulos 3D son usados para crear modelos de plantas en tres dimensiones y extraer dibujos, isometricos, planos de planta, realizar chequeo de interferencia y generar reportes de materiales. Entre los módulos se pueden mencionar:

- *Equipment Modeling* (PD\_EQP): Modelaje de Equipos.
- *Piping Design Graphics* (PD\_DESIGN): Modelaje de Tuberías en 3 Dimensiones.
- *Frame Work Plus* (FW+): Modelaje de estructuras.
- *Reference Data Manager* (PD\_DATA): Manejador de Información de Referencia (ej. Especificaciones).
- *Drawing Manager* (PD\_DRAW): Módulo para crear Planos Ortográficos.
- *Interference Checker/Manager* (PD\_CLASH): Módulo para detectar la existencia de Interferencias.
- *PDS Isometric Interface* (PD\_ISO, PD\_ISOGEN): Interfase para emisión de Isometricos.
- *Report Manager* (PD\_REPORT): Manejador de Reportes.
- *PDS Stress Analysis Interface* (PD\_Stress): Interfase para el análisis de Flexibilidad.

En la figura 2.6 se indica un esquema donde se muestra estas aplicaciones, las cuales están clasificadas por módulos para 2D y 3D.

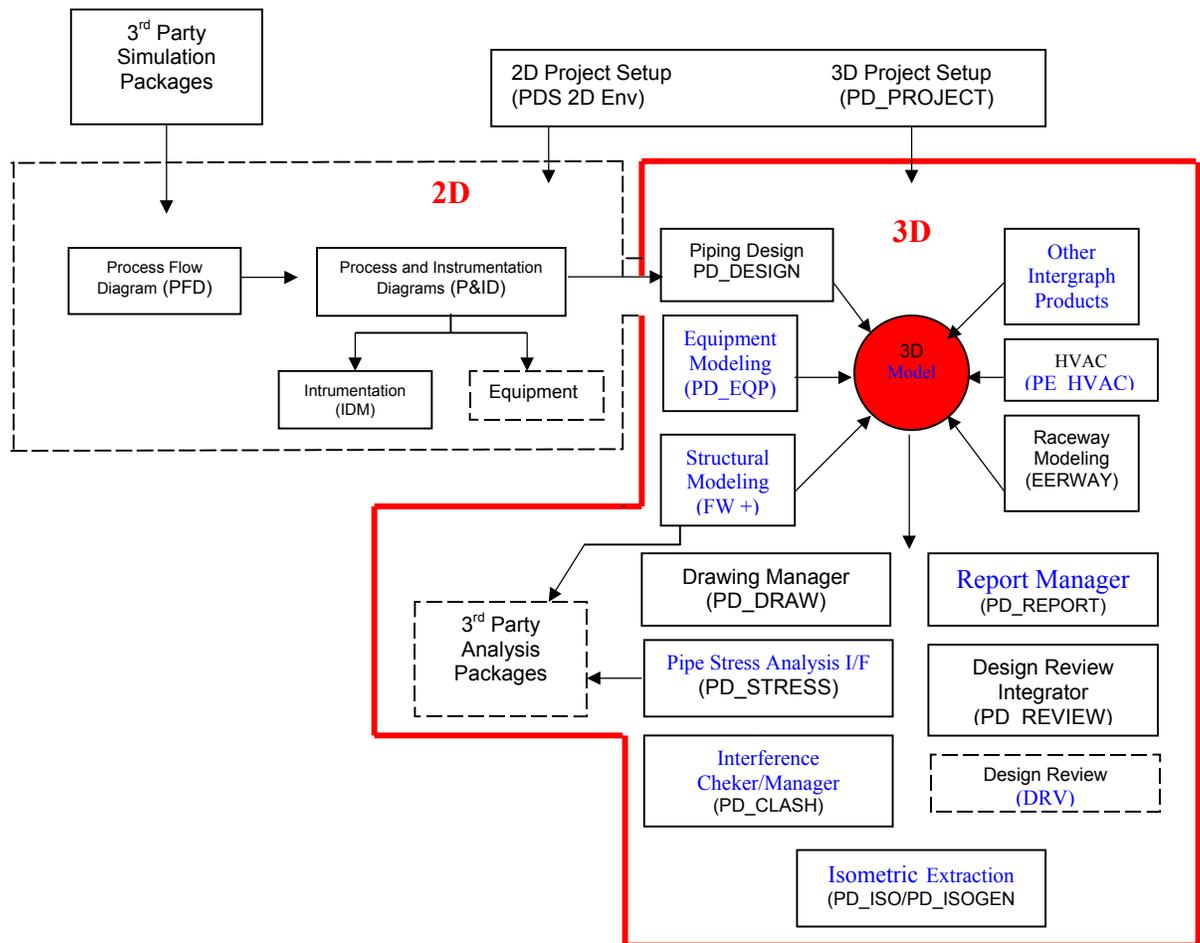


Figura 2.6 Módulos para aplicaciones 2D y 3D

PDS utiliza base de datos relacionados para almacenar prácticamente todos los aspectos del proyecto. Éstas se basan en la información contenida en el modelo y la relación o conexión es establecida por medio de tablas formadas por filas y columnas bajo reglas predefinidas.

Un conjunto de estas tablas constituyen una base de datos, cuyo formato corresponde al de un fabricante de programas comerciales externo e independiente de PDS-Intergraph (*Oracle, Infomix, Sybase*). El sistema facilita la interfaz, denominada RIS (*Relational Interface System*) entre los programas de base de datos mencionados y la información del modelo (en forma de tablas), permitiendo su manipulación.

El módulo *Piping Designer* permite el modelaje de tuberías e instrumentos en línea en tres dimensiones según la ruta que tenga en el espacio. Las rutas de tuberías son modeladas con representación de *Centerline*, el cual es inteligente y contiene información relacionada con la línea, como la especificación de materiales, servicio, parámetros de aislamiento, temperatura y presión.

Al momento de establecer los requerimientos en PDS y realizar la creación del proyecto y el ambiente de trabajo, es necesario tener definidas las especificaciones [*Piping Material Reference Data Base*] y comenzar su manipulación tan pronto como sea posible.

Un proyecto en tres dimensiones (3D) utiliza tres bases de datos, como se aprecia en la figura 2.7. En una de ellas se almacenan todos los datos para el control del proyecto, en otro se graba la información del diseño y en la tercera se encuentran los valores y/o parámetros utilizados en los diferentes módulos.

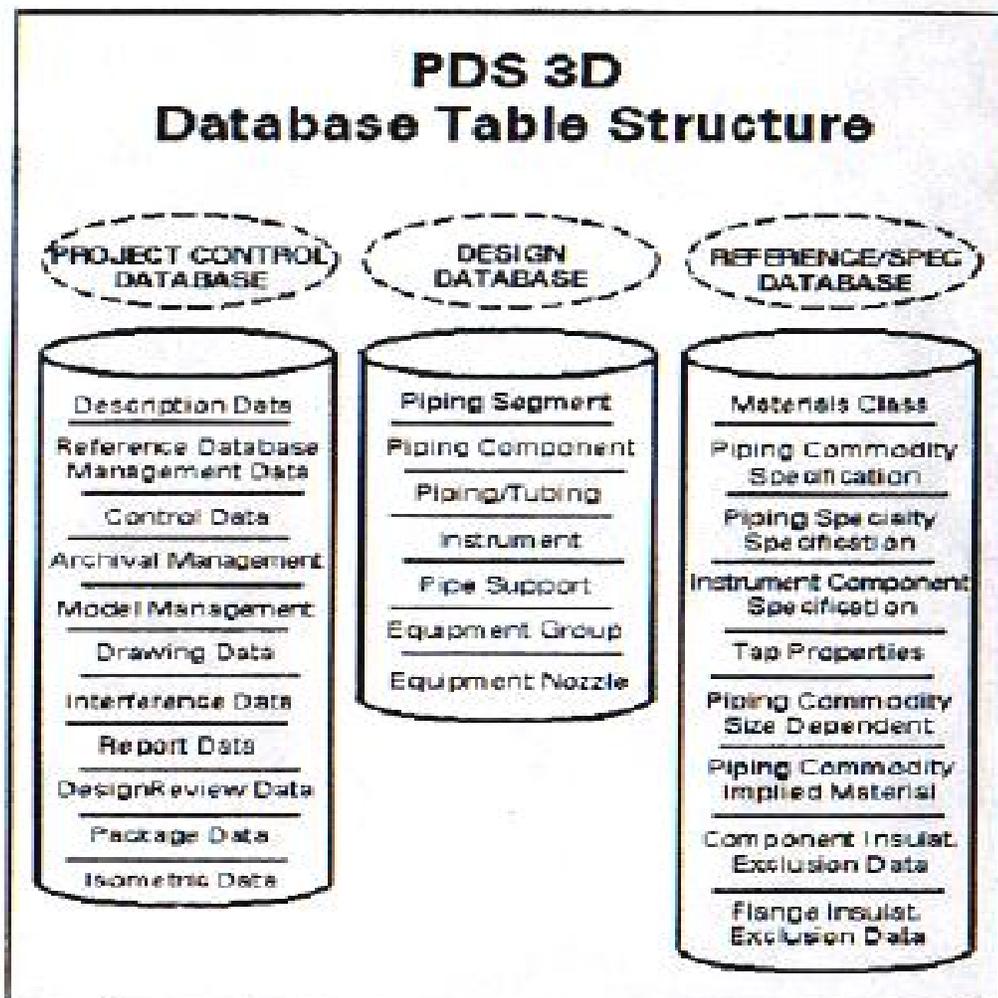


Figura 2.7 Estructura de la base de Datos en PDS

### 2.13.1 Configuración del Sistema PDS

PDS puede ser ejecutado en una sola estación de trabajo o distribuido a un determinado número de usuarios a través de nodos de servidores y un sistema de red. Un servidor es un computador en el cual se encuentran almacenados cierto tipo de archivos y mediante la interconexión

de la red, éstos son suministrados o “servidos” a las computadoras de los diferentes usuarios de acuerdo a los parámetros establecidos. Cada estación de trabajo (usuario) contiene los archivos del sistema PDS (módulos de aplicación), pero la licencia o Permisología de trabajo es indicada por el servidor. En la figura 2.8 se observa una pantalla del modelo a través de una revisión utilizando el módulo PD\_REVIEW.

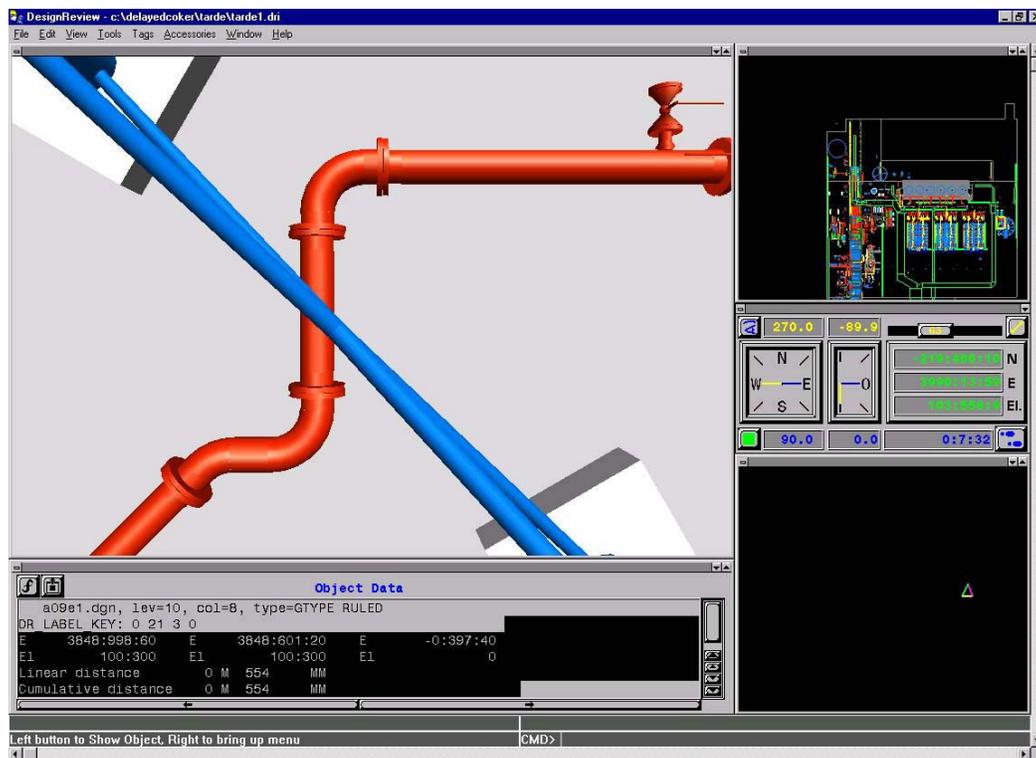


Figura 2.8 Pantalla de trabajo de un modelo a través del *Design Review*.

### 2.13.2 Datos de Referencia

Los datos de referencia son usados para asegurar la consistencia en la definición de las especificaciones de tuberías y las bibliotecas (mal llamadas librerías) de elementos, permitiendo el control y estandarización del trabajo en PDS 3D. Estos datos presentados como tablas que constituyen una base de datos, pueden ser modificados de acuerdo a los requerimientos del proyecto y/o compañía.

Los datos de referencia para PDS 3D están compuestos de los siguientes componentes básicos:

- Especificaciones de tuberías [*Piping Job Specification*].
- Datos gráficos y dimensiones físicas de elementos [*Graphic Commodity Data and Physical Dimension Data*].
- Biblioteca de Notas [*Standard Note Library*].
- Definición de Ensamblajes de Tuberías [*Piping Assembly Definitions*].

Para visualizar en PDS uno de los datos de referencia nombrados, vemos como la figura 2.9 muestra como ejemplo la tabla correspondiente a una especificación de materiales.

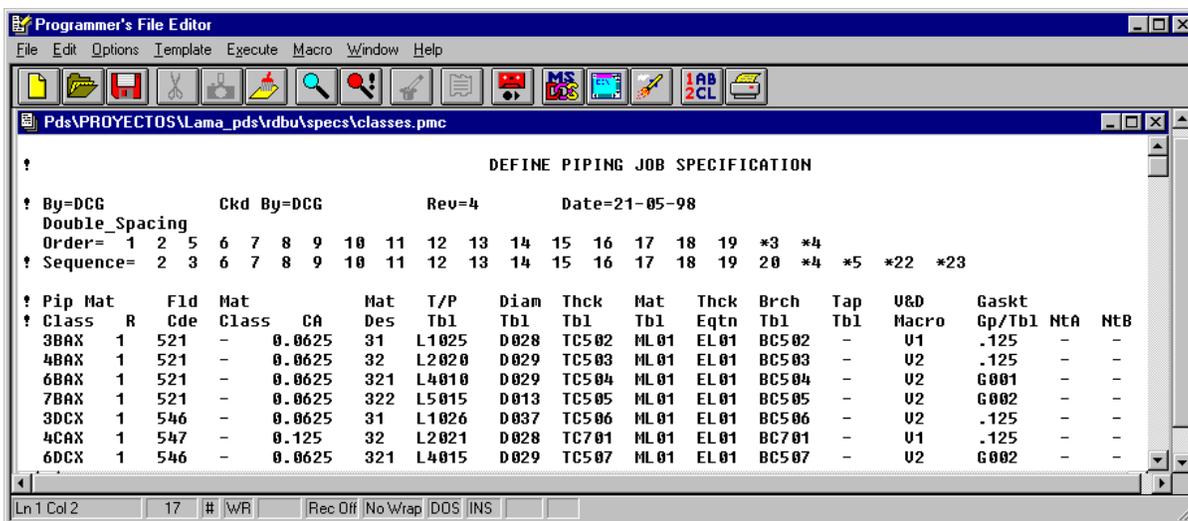


Figura 2.9 Definición de una especificación de materiales en PDS.

## 2.14 MAQUETAS DE DISEÑO

Las maquetas siempre han sido utilizadas en la ingeniería de proyectos como soporte de trabajo, prestando su ayuda a visualizar mejor su diseño cuando éste sea muy complejo. Muchas veces no se realizan estas maquetas por verse incrementado sus costos en los gastos de inversión, pero cuando se trata de proyectos de gran magnitud se diseñan y construyen maquetas plásticas de la planta como complemento de diseño. Es precisamente en la etapa de ingeniería de detalle que se construye o elaboran estas maquetas con el propósito de tener una mejor visión de los detalles, un mejor manejo y control de materiales y por ende mayor versatilidad de la totalidad del diseño en general. En la figura 2.10, se

observa una maqueta plástica; se trata de la planta de vinilos en el complejo Zulia, Pequiven S.A., destinada a producir 130.000 toneladas anuales de Vinyl Chloride Monomer (PVC).



Figura 2.10 Maqueta de diseño Plástica (planta de Vinilos)

Con el creciente avance tecnológico en materia de software de diseño, actualmente se están utilizando en grandes proyectos de ingeniería, programas como el PDS, los cuales son muy sofisticados y viene a ser la opción de remplazo a las maquetas plásticas de diseño.

Muy recientemente, Venezuela ha venido implementado nuevas tecnologías en el desarrollo de los diseños de tuberías para todos los proyectos de extracción de crudo extrapesado ubicados en la faja del Orinoco tales como: Sincor, Cerro Negro, Petrozuata y Hamaca. Para cada uno de ellos se ha utilizado como herramienta de diseño, el uso de programas de diseño integral ya que reduce enormemente la realización del diseño completo. Estos programas ayudan a observar mejor los errores cometidos e interferencias presentadas, proporciona mejor control y manejo de materiales, así como también brinda la posibilidad de detectar tempranamente circunstancias y aspectos de un mal diseño preliminar, pudiendo modificar estos errores a tiempo con un mínimo costo y sin ocasionar problemas en el resto del diseño, además se puede obtener de manera instantánea la impresión de planos, fotos, cortes, vistas, isométricos, listado de materiales, etc.

El proyecto Petrozuata VEHOP Downstream fue diseñado y desarrollado totalmente en una maqueta electrónica a través del software PDS de Intergraph, teniendo como plataforma una compleja red de

información manejada por poderosos servidores y computadoras, permitiendo también un ahorro de tiempo y dinero en el proyecto.

El diseño de todas las unidades del proyecto Petrozuata VEHOP Downstream se realizó conjuntamente en dos lugares del mundo: En Caracas, Venezuela y Texas, Huston E.U.A. en donde fue diseñada y armada la maqueta electrónica en sus distintas fases ya predeterminadas, pudiéndose así generar simultáneamente los planos, isométricos y demás documentos de manera rápida y sin error en cada una de sus etapas de diseño. Este software PDS, proporciona un ahorro sustancial en el trabajo de diseño, lo cual se traduce en ahorro de horas hombre del proyecto, disminuyendo por tanto el gasto de operación. Conviene entonces evaluar evidentemente la utilización de este componente o herramienta de diseño en el campo de la ingeniería de detalle al momento de realizar la inversión.

Toda esta información se carga en el PDS y conjuntamente comienza a visualizarse el diseño que se plasma de acuerdo a las dimensiones dadas en esta primera fase del proyecto.

Las siguientes figuras 2.11, 2.12, 2.13 y 2.14 representan en conjunto, diferentes vistas y detalles de cómo se observa un modelo o maqueta electrónica y específicamente mostrando las conexiones de tuberías y válvulas en un diseño a través del programa PDS.

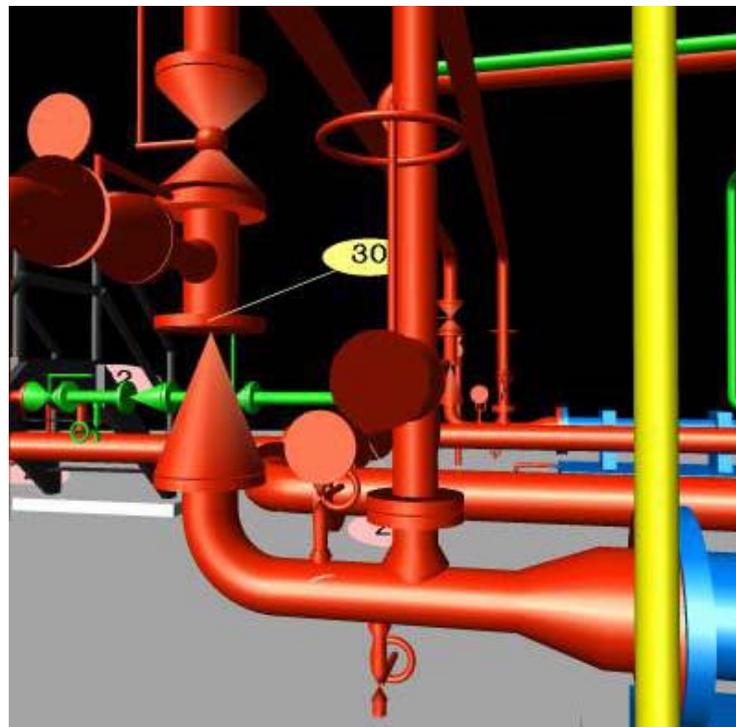
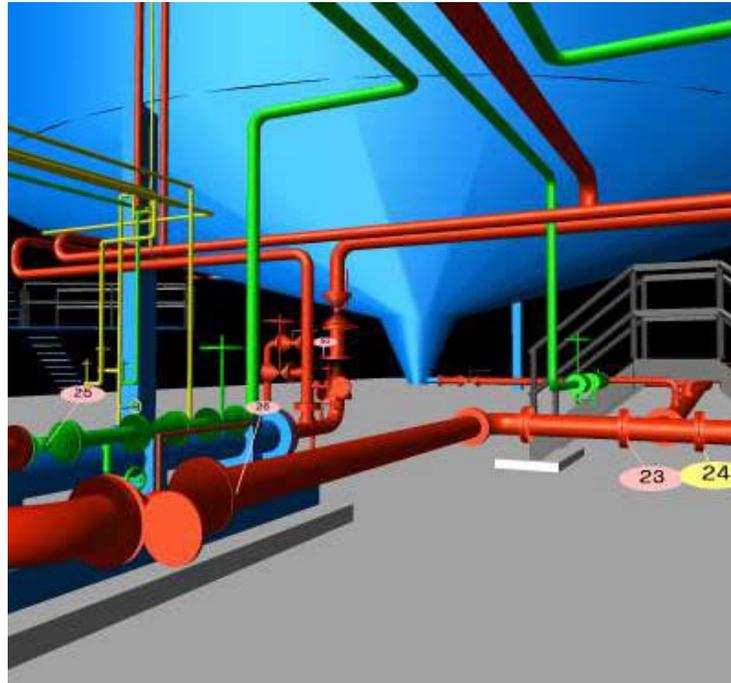


Figura 2.11 Sistema de interconexión de tuberías, válvulas y accesorios

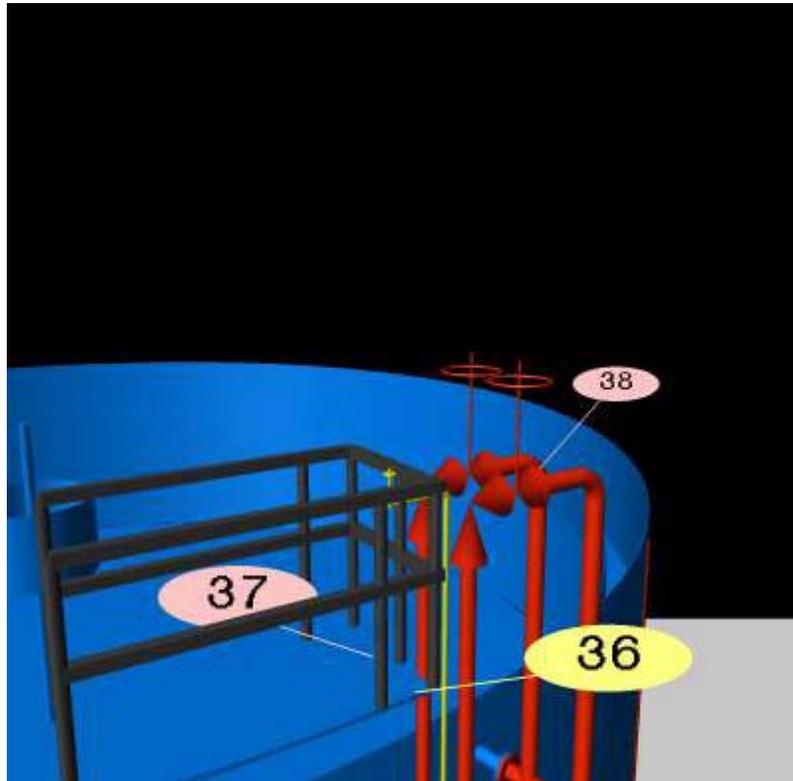


Figura 2.12 Vista de un tanque y su conexión con el *Piperack*

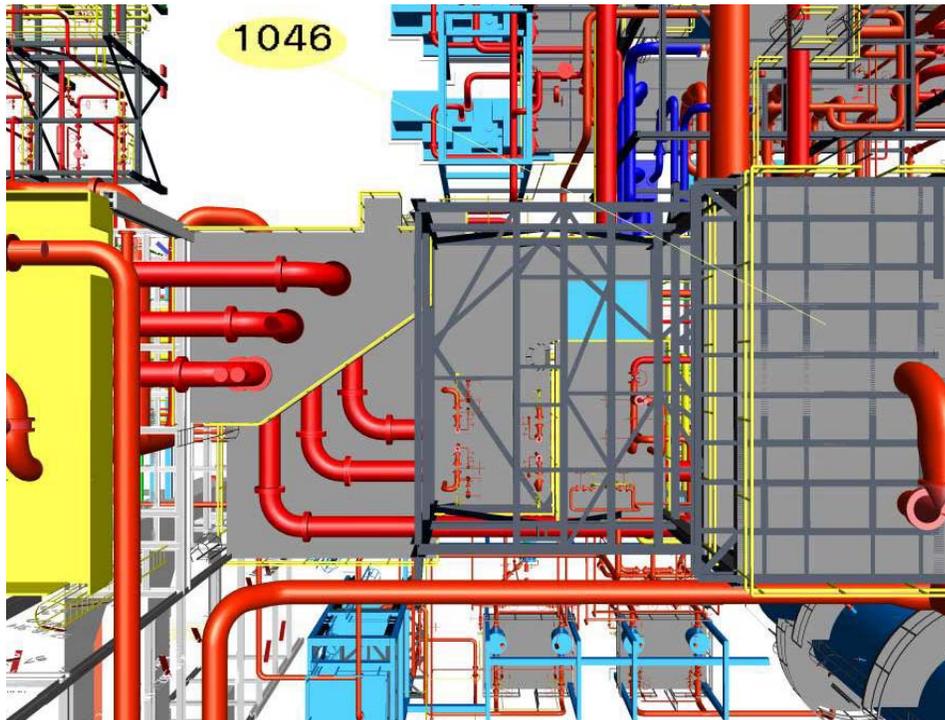
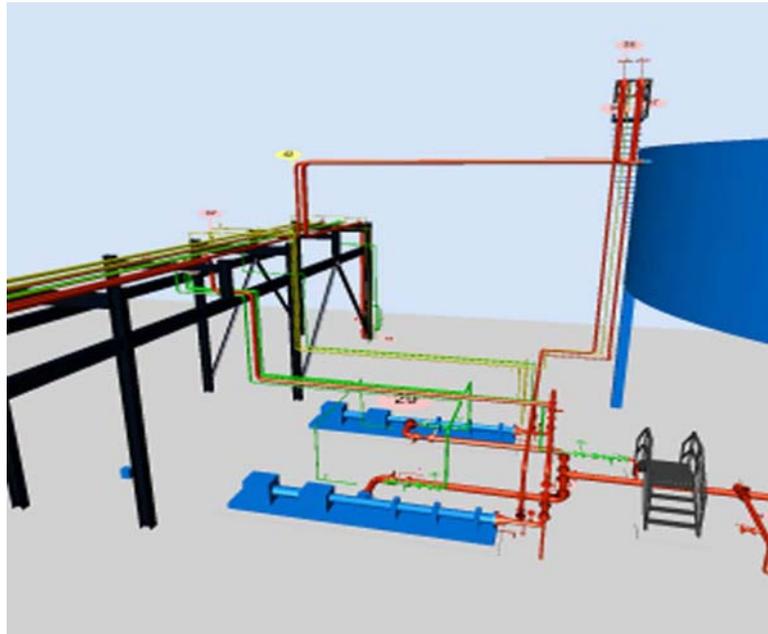


Figura 2.13 Arreglos típicos de bombas y vista en planta.

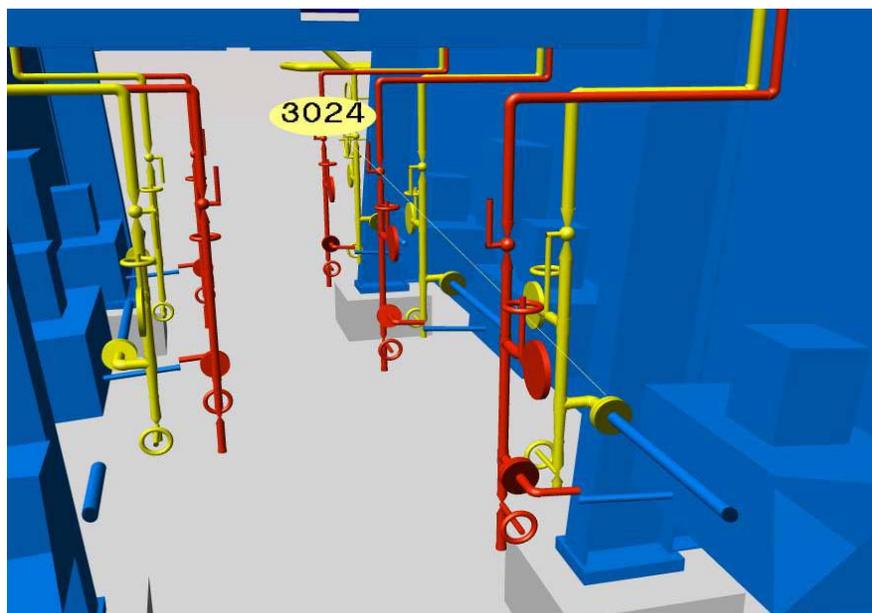
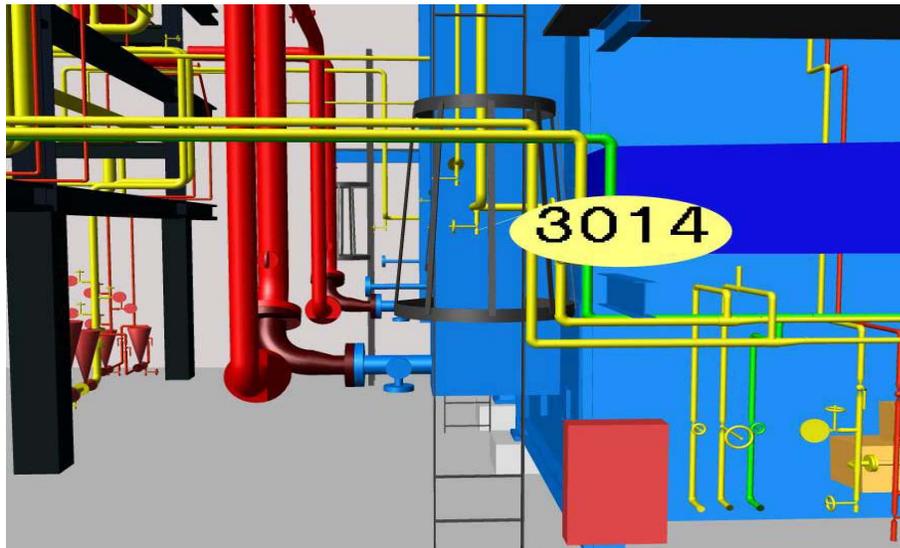


Figura 2.14 Interconexiones e instrumentos de medición *Level Gages*.

Cada diseñador plasma en el modelo toda la información suministrada por el ingeniero de área con relación a los equipos mayores en cuanto a dimensiones, ubicación, orientación de boquillas, plataformas y escaleras, ubicación de bombas, tipo de materiales a utilizar, elevaciones, entre otros aspectos; esto se hace con propósito de establecer con mejor exactitud en la ubicación de cada componente presente en el modelo electrónico.

## CAPITULO III

# METODOLOGÍA

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

Toda investigación nace por la necesidad de resolver algún problema observado y para poder hacerlo se requiere de conocimientos y habilidades por parte del ingeniero y diseñador, siendo necesario brindar toda la atención con relación al tema que se va a tratar. En función de ello, este trabajo pretende ofrecer una visión amplia sobre las actividades de trabajo que debe hacer el ingeniero mecánico a través de la disciplina de tuberías en el desarrollo de la ingeniería de detalle para el diseño de un proyecto requerido por la empresa consultora encargada de realizarlo.

Basados en conceptos y experiencia, se estudia la información para ser manejada con criterios de diseño, utilizando para ello normas y estándares de ingeniería. El estudio presenta distintas fases de diseño que deben aplicarse al proyecto, donde el diseño empieza a tomar forma a medida que avanza el proceso y al mismo tiempo se genera la información requerida de manera secuencial, obedeciendo todo esto a una planificación previamente efectuada a objeto de cuantificar y controlar su desarrollo.

La información presentada en esta tesis está relacionada con las actividades el trabajo que realiza el ingeniero mecánico líder de tuberías en

su trabajo, siendo además complementada con aspectos propios de ingeniería utilizadas por empresas consultoras en la realización de proyectos para la industria petrolera y muy específicamente en el trabajo que se realiza en la ingeniería de detalle por la disciplina de tuberías.

Los componentes principales de esta investigación son del tipo documental resultando esencial conocer todos los aspectos, conceptos y términos que se encuentran relacionado con el tema, permitiendo presentar en un contexto la información requerida en el trabajo de diseño de ingeniería de detalle, de acuerdo a un orden de relevancia establecido con respecto al tema de trabajo.

### **3.1.1 Organización de los Proyectos**

La organización de los proyectos ha sido siempre un pilar fundamental para su realización, gracias al aporte de muchos profesionales que han puesto su conocimiento en materia de gerencia de proyectos. En la organización de Proyectos intervienen tópicos claves como:

- Introducción a la organización matricial.
- Organización de una empresa de ingeniería de consulta.
- Organización de un proyecto.
- El proyecto y el líder de disciplina.
- Características, habilidades y destrezas del líder de disciplina.

En todas las organizaciones existen diferentes departamentos de ingeniería y para cada proyecto existe la figura de un Líder de Disciplina, que es la persona encargada de velar por el cumplimiento de las actividades planificadas. El cargo de un líder de disciplina es muy importante porque en él pesa la responsabilidad del cumplimiento de las actividades planificadas, tanto por el buen desempeño de su grupo del trabajo que dirige, como el de tener siempre a tiempo la información solicitada a modo mantener una buena armonía con la Gerencia del Proyecto, por lo tanto es bueno comenzar a familiarizarnos con la figura de Líder de Disciplina y para nuestro caso en la disciplina de Tuberías. Esta acotación se realiza con el propósito de mostrar la filosofía de trabajo empleada en los proyectos de ingeniería que son efectuados por empresas consultoras, así como también la tarea que tiene el ingeniero como Líder de Disciplina de solucionar los problemas planteados. Por consiguiente a continuación se indican los aspectos más importantes del proyecto que el Líder de Disciplina debe estar en conocimiento; estos son:

- ✓ Alcance del trabajo.
- ✓ Estrategia general de ejecución.
- ✓ Presupuesto de Horas Hombre.
- ✓ Hitos importantes del proyecto.
- ✓ Normativas y procedimientos a ser utilizados.
- ✓ Definición temprana de posibles cambios y riesgos futuros.
- ✓ Análisis y mitigación de riesgos identificados.

- ✓ Condiciones financieras del proyecto.
- ✓ Compromiso con el mejoramiento continuo del desempeño.
- ✓ Conceptos de constructibilidad, operatividad y mantenibilidad.
- ✓ Estructura de desagregación y codificación de actividades.
- ✓ Clasificación de las responsabilidades en el suministro de materiales.
- ✓ Planificación y control de su disciplina.

### **3.2 EL PROCESO DE INGENIERÍA**

El proceso de ingeniería se inicia con una idea acerca de un determinado proyecto que se desee realizar luego de haber sido estudiado factores de importancia como su factibilidad, rentabilidad y operatividad, se comienza entonces con el desarrollo del mismo, para lo cual será necesario implementar las etapas de la ingeniería para realizar su diseño.

Una vez evaluada la oferta técnica y comercial, la empresa ganadora se reunirá con el cliente para planificar el tiempo y los recursos para su desarrollo, conjuntamente se seleccionan las actividades que se van a realizar, iniciando con el Estudio de Factibilidad el cual define hasta que punto el proyecto es viable desde el punto de vista de ingeniería, económico y de constructibilidad, por lo cual se plantean aspectos de gran importancia

tales como: capacidad de producción, inversión a realizar, facilidad de construcción, retorno de la inversión, impacto ambiental, etc.

En las empresas consultoras el proceso de ingeniería que se realiza a un determinado proyecto, está compuesto por tres tipos de ingeniería:

- Ingeniería Conceptual
- Ingeniería Básica, e
- Ingeniería de Detalle

Cada una de ellas representa un trabajo laborioso que muchas veces acarrea el trabajo de un gran número de profesionales de la ingeniería, por lo tanto es importante conocer cada una de ellas.

### **3.2.1 Ingeniería Conceptual**

El trabajo de ingeniería conceptual representa el comienzo o inicio del desarrollo del proyecto con la definición de cálculos de ingeniería para su estudio de proceso con la elaboración de diagramas de flujos de procesos o *PFD Process Flow Diagram*, también se realizan los planos preliminares de ubicación y localización o llamados Planos Claves o *Key Plan* y se elaboran los primeros Planos de Implantación o *Plot Plan*, donde se ubican los equipos de gran tamaño o equipos mayores. Posteriormente se van colocando los demás equipos y componentes a medida que va avanzando el proyecto. En la Ingeniería Conceptual las disciplinas Civil, Mecánica (Equipos y Tuberías) y Procesos se reúnen para definir y compartir criterios con el

propósito de poder generar los primeros planos preliminares, los cuales servirán de apoyo conceptual para el desarrollo del trabajo de la siguiente etapa.

### **3.2.2 Ingeniería Básica**

La ingeniería básica viene a ser la etapa del proceso donde se realizan los cálculos con más precisión de acuerdo con lo establecido en la ingeniería conceptual, estableciendo los parámetros de diseño, presentando planos con más dimensiones, cotas e información que los anteriores. También se elaboran las transposiciones [*Transposición*] de tuberías y equipos y los bocetos o *Sketch* que contienen la ubicación y conexión de tuberías con los equipos presentes. También en la Ingeniería Básica se realiza un conteo preliminar de materiales o MTO *Materials Take Off*, se generan también especificaciones de materiales de ingeniería o llamados también *Piping Class*, se realizan diagramas de tuberías y filosofías de operación, control y mantenimiento. Todo esto requiere la interrelación y el trabajo en conjunto todas las disciplinas: Procesos, Civil, Electricidad, Instrumentación y Control y por Mecánica las disciplinas de Equipos y Tuberías, con el propósito de poder lograr configurar el conjunto total del proyecto. En la ingeniería básica se define y generan los primeros diagramas de tuberías e instrumentación o conocidos también como los P&ID *Piping & Instrumentation Diagram*, los planos de implantación o *Plot Plan*, También en

ella deben quedar contestadas todas las preguntas y quedar bien definidos todos los aspectos primordiales del proyecto, para luego realizar en la siguiente etapa de ingeniería de detalle, con un desarrollo de trabajo de diseño mucho más minucioso en todos los componentes y aspectos que contenga el proyecto.

### **3.2.3 Ingeniería de Detalle**

La ingeniería de detalle representa la última etapa en el desarrollo de ingeniería de un proyecto antes de entrar a su etapa de construcción por lo cual es indispensable tener para ese momento “congelados” todos los planos y documentos generados en la ingeniería básica, los cuales servirán de soporte en el desarrollo de su trabajo. Esta etapa viene a ser la de mayor trabajo e importancia ya que de su buen desempeño y ejecución quedará definido finalmente el proyecto de ingeniería que se realiza. Es aquí en la Ingeniería de Detalle donde se desarrollan finalmente todos los planos con todos sus detalles, se establecen las especificaciones para el montaje y construcción, se generan documentos y procedimientos de trabajo y operación, se elaboran las requisiciones de materiales para la compra desde su aspecto técnico para ser luego enviado al Departamento de Procura, se realizan los isométricos de tuberías, se establece el conteo final de materiales o *FTO Final Take Off*, se elaboran los planos de arreglos de tubería con todos sus detalles, se generan los estándares de soportes

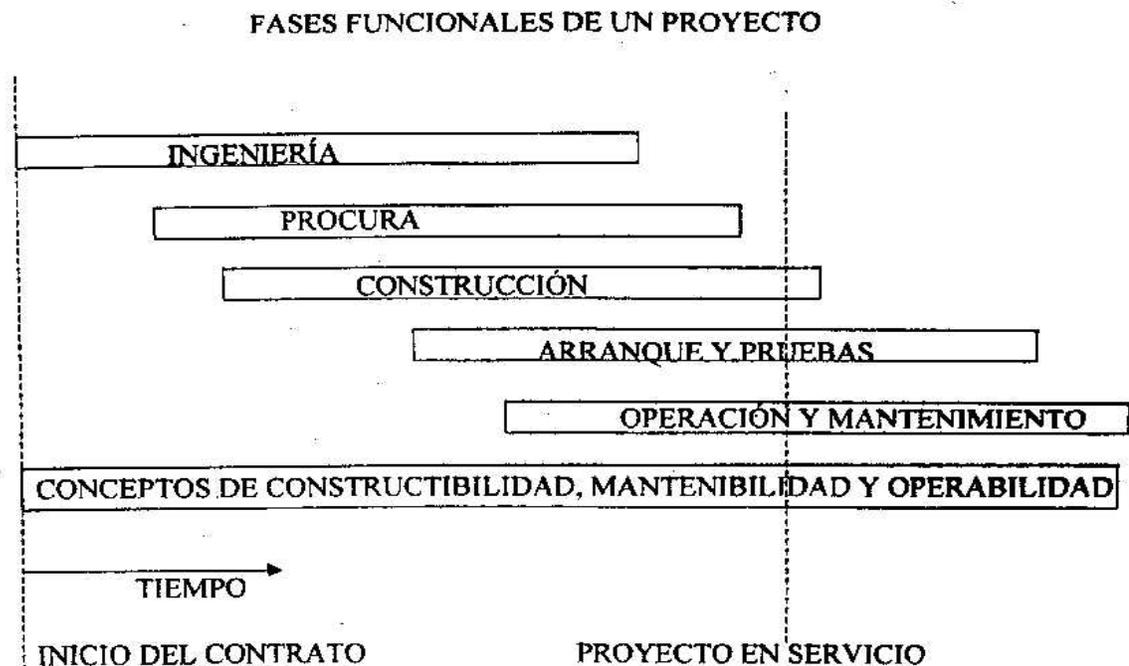
especiales, planos de trazas de vapor *Steam Tracer*, planos de sistemas contra incendios, estación de utilidad y servicio *Utility Station* con sus respectivas duchas de lavado y seguridad *Safety Shower*, ya que generalmente los proyectos petroleros involucran el manejo de sustancias tóxicas y peligrosas.

En la Ingeniería de Detalle se revisan los PI&D junto con los Planos de trazados de tuberías y los isométricos de líneas, con el objeto de hacer un "Amarillado" o [*Yellow Off*] de todas sus líneas de tuberías, utilizando como herramienta el código de colores internacional. Esta labor se realiza como verificación y constancia de un exhaustivo trabajo de chequeo junto con la documentación elaborada, verificando que no falte o sobre nada en todos los tendidos y arreglos de tuberías presentes su diseño, pudiendo tener así un mejor control y manejo de todos los materiales requeridos por el proyecto.

### **3.3 PLANIFICACIÓN DE LAS ACTIVIDADES**

Con el objeto de poder visualizar y comprender mejor la tarea a realizar, se escogió como proyecto base de estudio para esta tesis de grado, las actividades que se desarrollan en el trabajo de ingeniería de detalle de la planta de Regeneración de Amina Unidad 33 y su unidad Separadora de Aguas Acidas Unidad 34 del proyecto Petrozuata VEHOP *Downstream*, con el propósito de poder explicar el desarrollo de trabajo y las actividades que

deben realizar el ingeniero mecánico en la etapa de Ingeniería de detalle y específicamente en el área de tuberías. La figura 3.1 muestra las fases funcionales de un proyecto donde se sitúan a través de un diagrama de flujo



la preparación y ejecución de actividades.

Figura 3.1 Fases funcionales de un proyecto de ingeniería.

El proyecto Petrozuata VEHOP *Downstream* se encuentra ubicado en la refinería de Jose, Estado Anzoategui y comprende un área muy extensa para su construcción, donde deben estar ubicadas alrededor de 62 plantas de distintos procesos industriales para uso petroquímico y donde para las unidades 33 y 34 que corresponden a la Planta de Regeneración de

Amina y su unidad de Separación de Aguas Acidas, se considero un área de aproximadamente unos 13.000 m<sup>2</sup>, lo cual representa solo una pequeña parte de todo este megaproyecto.

Como sabemos el proceso de regeneración de amina no se trata de un proceso aislado, están presentes también una serie de plantas asociadas para el proceso de manejo en el mejoramiento de crudo extrapesado extraído en la faja de Zuata al sur del Estado Anzoategui. Todo el conjunto de plantas asociadas al proyecto define el objetivo principal que no es otro, sino el poder obtener un crudo más liviano de 20 a 32 grados API a partir de un crudo extrapesado extraído que se encuentra entre 6 y 8 grados API, teniendo así un crudo más liviano, manejable y por ende mejor transportable a través del conjunto de tuberías que lo conforman.

Dentro de una empresa consultora, antes de iniciar las labores de trabajo de desarrollo deben realizarse ciertas actividades, las cuales se encuentran resumidas como:

- Reunión de arranque.
- Proceso de alineamiento.
- Validación de alcances.
- Cómo se ejecutará el trabajo.
- Recursos humanos y técnicos.
- Plan de actividades.

- Cierre: narrativa, estadísticas.

Cada disciplina a través de su líder realiza de manera conjunta con las demás disciplinas que conforman el proyecto, una planificación de sus actividades que junto con el cliente firmando ambas partes un acta de compromiso. Conjuntamente debe desarrollarse un plan de actividades con el propósito controlar, preparar y ejecutar las actividades concernientes. En la figura 3.2 se indica un plan de actividades utilizado comúnmente por las empresas consultoras.

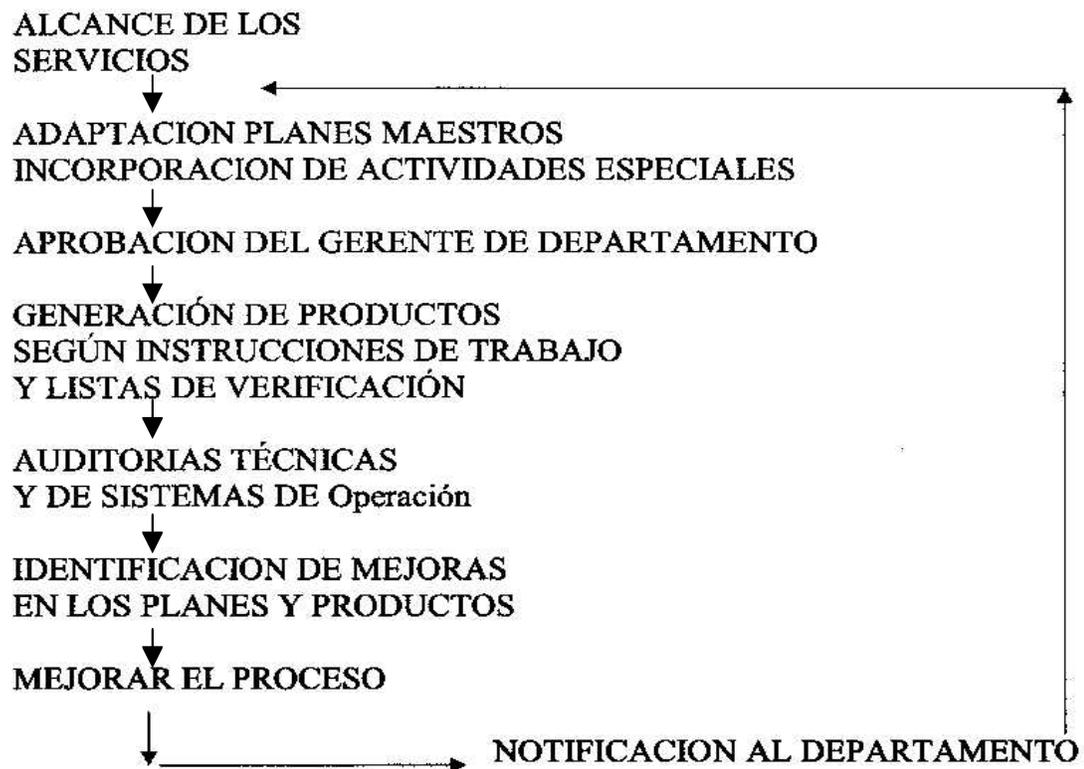


Figura 3.2 plan de actividades de un proceso de ingeniería.

### 3.4 FASES DE DISEÑO

Cuando se define un proyecto de ingeniería se establecen parámetros y responsabilidades por parte del cliente y la empresa ganadora de la licitación encargada de realizarlo, indicando las fases de trabajo para su diseño de acuerdo con la magnitud en el desarrollo del mismo. Para esto ambas partes definen el contexto de trabajo y empleo ó no de nuevas tecnologías de acuerdo a los costos que se manejen y la magnitud del mismo.

Petrozuata VEHOP *Downstream*, representa una estructura integral para los procesos de refinación de crudos extra pesados, compuesto por varias plantas industriales encargadas de realizar el proceso, el cual se encuentra ubicado en la faja del Orinoco. Como se trata de un proyecto donde el petróleo se extrae con aproximadamente 8 grados API, el proceso se encarga de sacarle el azufre presente en él, para entonces convertirlo en un crudo más liviano, manejable y transportable con aproximadamente unos 32 grados API. Las unidades 33 y 34 corresponden a la planta de regeneración de amina y su unidad de separación de aguas ácidas del proyecto Petrozuata VEHOP *Downstream*. Para este proyecto se consideraron 4 fases para el trabajo de ingeniería de detalle, con el objeto de que en cada una de ellas se obtenga la información requerida de manera

separada y ordenada, llegando a obtener así mejores resultados cuando se trabaja en fases para su diseño.

Cada una de estas fases están planificadas y programadas con el propósito de obtener una serie de productos o documentos de ingeniería establecidos para su desarrollo inicialmente entre la empresa consultora y el cliente. Para la entrega de estos productos o documentos generados se planifica su entrega para diferentes periodos de tiempo tal y como fue establecido en el documento de planificación de actividades al comienzo del trabajo de ingeniería.

Cada líder de disciplina y para nuestro caso el líder de tuberías deberá velar por el fiel cumplimiento de la programación de actividades como consecuencia del convenio establecido por las partes, considerando también la gran inversión que está siendo realizada. Es importante señalar que la información acerca del trabajo que debe realizarse en cada una de las fases que comprenden el proyecto, solo se basa en el aspecto de trabajo que debe ser realizado por la disciplina de tuberías dentro del proyecto Petrozuata VEHOP *Downstream*. La información presentada no contempla las actividades de trabajo que realizan cada una de las demás disciplinas involucradas en el proyecto, lo cual escapa del alcance de este trabajo de grado.

Por lo general el desarrollo de la ingeniería de detalle en pequeños o medianos proyectos requiere de al menos 3 fases para su desarrollo,

mientras que para grandes proyectos se recomienda hacer una fase adicional para poder cumplir con su desarrollo y generación de productos o documentos.

**Fase I:** Representa la primera etapa preliminar del trabajo de ingeniería de detalle también conocida como la etapa de arranque del proyecto, la cual está destinada a diseñar y orientar las conexiones de los equipos grandes a través de transposiciones de tuberías. Para el caso de utilizar una plataforma electrónica como herramienta de diseño como es el caso del uso del PSD se comienza a modelar, es decir a diseñar en computadora, presentando la ubicación preliminar de los equipos mayores, tanques, y estructuras para los tendidos o *Rack* de tuberías, también conocidos como *Piperack* y *Pipeway*.

En esta fase I se realiza también el estudio preliminar de ubicación y orientación de boquillas de los equipos y los planos de plataformas en recipientes verticales y horizontales presentes en la planta de regeneración de amina y su unidad de separación de aguas ácidas. Toda esta información se complementa con las producidas por las demás disciplinas, a objeto de ayudar a generar con mayor exactitud el plano de implantación de planta o *Plot Plan*, el cual servirá de base para desarrollo del diseño de tuberías y demás accesorios que deben ser agregados una vez aprobado esta fase por el cliente.

**Fase II:** La fase II comienza una vez culminado el *Plot Plan* el cual debe contener impreso las siglas IFC *Issued For Design* ó EPD Emitido para Diseño, con su firma de aprobación por ingenieros y diseñadores de la fase anterior, donde quedaron establecidos aspectos de importancia como la ubicación, alineación y dimensiones de todos los equipos mayores presentes, para luego continuar con el diseño de tuberías para diámetros mayores conocidas como *Large Bore* (espesor mayor), donde solo se trabaja con tuberías de diámetros comprendidos desde 2 hasta 24 ó 36 pulgadas según sea el caso, lo que significa que se trata de tuberías para alta presión y temperatura utilizadas normalmente en estos procesos petroleros, las cuales son fabricadas con diferentes tipos de materiales y aleaciones de acuerdo con los compuestos y sustancias que se tengan que transportar. Todo esto se realiza de acuerdo con el estudio y análisis previamente efectuado en la ingeniería básica.

Los fabricantes de grandes equipos como los tanques necesitan de planos preliminares para su análisis y factibilidad de construcción. Estos planos de estudio que solicita el fabricante contiene información relacionada con la orientación de las boquillas en los equipos, ubicación de plataformas y escaleras, lo cual es realizado por el grupo de ingeniería de la disciplina de tuberías. Esta información es revisada y aprobada previamente por el grupo de ingeniería en la disciplina de mecánica equipos. Cada uno de los planos deben tener impreso el sello de: "Emitido para Diseño", con el propósito de

que sean revisados por todas las disciplinas involucradas en el proyecto, verificando y revisando el plano para posteriormente incorporar las notas respectivas que fueran necesarias hacer a objeto de ser colocadas en la emisión final del plano o en la maqueta de diseño del modelo según sea el caso. Finalmente esta información se verifica nuevamente para ver si fueron incluidas las anotaciones y revisiones hechas por el grupo de ingeniería, para entonces estamparle el sello de: Aprobado como Nota [*Approved as Note*], donde luego estos planos son entregados al fabricante.

Cuando se trabaja con PDS, la revisión de diseño o *Design Review* se realiza con la participación del grupo de líderes de disciplina de ingeniería, junto con la gerencia del proyecto y el cliente con su personal profesional, donde se procede entonces a revisar de manera virtual, la parte del trabajo de diseño que se tenga modelado hasta el momento en la maqueta electrónica. La figura 3.3 muestra una vista de la maqueta electrónica del modelo de planta de amina para uno de sus tanques, en una revisión de diseño a través del PDS, donde se hace un comentario del requerimiento de codos para los venteos ubicados en la plataforma de uno de sus recipientes horizontales o *Vessel* pertenecientes a la unidad 33 ARU. Luego de varias discusiones y comentarios se aprueba o no la sesión de revisión para posteriormente incorporar todos los comentarios expuestos en la sesión, ya que los mismos serán de nuevo revisados en otro *Design Review*, fijando la fecha para su próxima revisión en ese momento.

Figura 3.3 Vista en perspectiva de la maqueta electrónica perteneciente a la planta de regeneración de amina y su unidad separadora de aguas ácidas pertenecientes al proyecto Petrozuata VEHOP *Downstream* en su primera fase de diseño, donde se observan la colocación de los equipos (tanques, torres, *Vessel*, bombas, etc.) y la estructura del *Piperack*, donde irán colocados los enfriadores de aire [*Air Cooler*] y el tendido de tuberías.

Después de la aprobación por parte del cliente, se procede a dejar congelados en el modelo electrónico todo el ruteo y conexiones de tuberías realizadas para ese momento en la fase II, pudiendo generarse a tiempo una gran cantidad de isometricos para su temprana fabricación de *Spools* de tuberías de gran tamaño, los cuales deben ser fabricados en taller o *Shop* con sus respectivas especificaciones suministradas en este documento, ya que la fabricación de estos *Spools* implica un mayor trabajo y movilización por parte del vendedor y fabricante. Adicionalmente a la temprana producción y emisión de los Isometricos para las líneas de tuberías de gran tamaño que deben generarse en esta fase II, se producen también otros documentos, los cuales son básicos para esta etapa de ingeniería de detalle.

Entre los documentos más importantes que utiliza y genera la disciplina de tuberías, tenemos los planos de arreglos de tuberías o planos de ruteo de líneas, las especificaciones de materiales o *Piping Class*, el plano de implantación o *Plot Plan* y su plano clave o *Key Plan*, la lista de líneas o *Line List*, la Lista de interconexiones de tuberías, el informe de análisis de flexibilidad y esfuerzos o *Stress Analysis*, que debe ser realizado para aquellas líneas que lo requieran. Otros documentos de trabajo que deben generarse y que se utiliza como soporte y elemento de diseño son las listas de verificación y chequeo, el control y progreso en el avance de los trabajos o *Tracking*, las lista de verificación y chequeo, además de tablas

normas y estándares de diseño nacionales e internacionales, detalles típicos, *Sketch*, así como también los procedimientos de trabajo que van formando parte de la labor debe realizar el ingeniero mecánico como líder de disciplina junto con el grupo de ingenieros de tuberías.

Al igual que en la fase anterior, si el proyecto de estudio es efectuado con el software PDS u otro similar como el PICS *Piping Isometric Computer System*, deberá realizarse también una segunda revisión de diseño para observar y modificar sí resulta necesario el trazado y modelaje de las tuberías, revisando la ubicación y colocación de válvulas con sus soportes, instrumentos y accesorios, así como también toda la simetría en su trazado.

La disciplina de tuberías revisa sus documentos junto con los producidos por otras disciplinas tales como la disciplina Procesos, que emite los DTI o Diagramas de Tuberías e Instrumentación o conocidos también como P&ID *Piping & Instrument Diagram* y también los Diagrama de Flujo de Procesos o PFD *Process Flow Diagram*; También se utilizan como complemento de trabajo los Planos Civiles y Estructurales generados por la disciplina Civil. Todos estos documentos son utilizados por la disciplina de tuberías, los cuales ayudan a complementar la información que contribuye con el avance y desarrollo del proyecto.

**Fase III:** Cuando se trata de proyectos pequeños o aquellos proyectos que por su magnitud no ameriten el uso de programas como el PDS, el trabajo se realiza de forma manual con el uso de otras herramientas

de diseño como los programas *AutoCad* o *Microstation*, por lo tanto esta fase viene a ser para ellos la última para efectuar la entrega de los documentos de ingeniería. Sin embargo en nuestro caso para el proyecto Petrozuata VEHOP *Downstream* se consideró la utilización de PDS, lo cual amerita realizar una cuarta fase para completar el trabajo de diseño debido a la magnitud del mismo.

Para esta fase III la disciplina de tuberías debe diseñar ó modelar toda la tubería pequeña o de diámetro menor a 2 pulgadas conocida como *Small Bore*, incluyendo también todas las líneas y conexiones de los sistemas así como también las instalaciones de utilidad y servicios *Utility Station*, drenajes y venteos y duchas de seguridad o *Safety Shower*, ubicadas en sitios estratégicos dentro y alrededor de la planta, así como también debe realizarse el estudio para la colocación de trampas y trazas de vapor *Steam Trace* en las tuberías que lo requieran.

El diseño de líneas pequeñas trae consigo la generación de otro numeroso grupo de Isometricos para su fabricación, donde para este caso el montaje se realiza directamente en campo o *Field* como también se le conoce. En esta fase debe emitirse la nueva revisión del *Plot Plant* y todos los Planos de Ruteo, Isometricos, Lista de Líneas, procedimientos de fabricación y demás documentos importantes asociados con el progreso del diseño, los cuales deben tener colocados el sello de Aprobado para Construcción [*Aproved For Constrution*]. Análogamente a las dos fases de

diseño nombradas anteriormente, aquí también debe hacerse otra sesión de *Design Review*, con relación a su progreso y desarrollo tal y como se realizó anteriormente. La figura 3.4 muestra una presentación a través del *Design Review* o revisión de diseño efectuadas a las unidades 33 y 34 del Proyecto Petrozuata VEHOP *Downstream*, donde se plantea el requerimiento de colocar una protección contra la lluvia para los extremos de los tubos de venteo del equipo revisado.

**Fase VI:** La fase IV o fase de revisión y verificación solo se realiza en proyectos que por su magnitud lo ameriten. Esta fase debe iniciarse cuando el modelo electrónico tenga un progreso en su desarrollo de por lo menos 95 %, para completar su finalización y cierre de los documentos restantes. Entre algunos de los documentos que deben emitirse en esta fase están: las especificaciones de pintura, filosofías de operación, control y mantenimiento, procedimientos de montaje de instrumentos en línea, emisión de los planos de tuberías, cortes, elevaciones, isométricos, detalles, etc., todos con su última emisión para construcción "*Issued for Construction*" y por lo tanto para cada uno de ellos, el consorcio o la empresa consultora encargada de realizar el diseño del proyecto deberá posteriormente certificar el trabajo de ingeniería, colocando el sello de Certificado "*Certified*" para su posterior entrega final al cliente.

Figura 3.4 Presentación de una Revisión de Diseño de la maqueta electrónica o sesión de *Design Review*, donde se indica a través de un numero el objeto revisado y los comentarios realizados.

### **3.5 DOCUMENTOS O PRODUCTOS GENERADOS POR LA DISCIPLINA DE TUBERIAS**

En la actualidad en los procesos de ingeniería de detalle de un determinado proyecto el trabajo y desarrollo de los documentos o productos que deben generarse varían de forma pero no de fondo, según la empresa encargada de realizar su diseño y por lo general el marco de trabajo que se utiliza es similar en la mayoría de las empresas de este tipo, ya que todos se encuentran ajustadas a normas y códigos internacionales. En consecuencia este trabajo presenta cada uno de los documentos desarrollados como ejemplo o guía para su estudio y comprensión, indicando su importancia y manejo dentro de las actividades propias del trabajo de ingeniería de detalle, haciendo uso de diversos formatos y documentos elaborados en el proyecto Petrozuata VEHOP *Downstream* para su planta de regeneración de amina y separación de aguas ácidas, así como también el uso de documentos desarrollados para otros proyectos de ingeniería realizados por diferentes empresas consultoras.

Con el propósito de poder ordenar, clasificar, controlar y revisar el trabajo diario del proyecto Petrozuata VEHOP *Downstream*, cada una de las unidades 33 y 34 del proyecto fueron divididas en sub-áreas, quedando la unidad 33 con las sub-áreas 331, 332 y 339 y para la unidad 34 la sub-área 340, con el objeto de realizar mas rápidamente la actualización de datos en el modelo electrónico, debido a la gran cantidad de información gráfica que

debe ser manejada, teniendo que ser actualizada diariamente en la computadora principal. Es importante mencionar esto, ya que más adelante le permitirá al lector comprender y ubicarse mejor dentro del contexto que conforma el proceso del trabajo de ingeniería de detalle.

Los documentos que a continuación se presentan son tomados de un grupo de productos que deben realizarse en la ingeniería de detalle, los cuales vienen a representar los principales a ser desarrollados por la disciplina de tuberías, por cuanto su contenido de información ayuda al lector y profesional de la ingeniería a tener una visión más clara de su elaboración al momento de ser utilizada como base para el trabajo en otros proyectos similares de ingeniería de detalle. Los productos o documentos más importantes que debe generar la disciplina de tuberías son:

- ✓ Plano de Sitio.
- ✓ Plano de Implantación.
- ✓ Plano Clave.
- ✓ Plano Maestro.
- ✓ Plano de Vendedores.
- ✓ Esquemas, Planos de Arreglos de Tuberías y Elevaciones.
- ✓ Isometricos de Líneas.
- ✓ Especificaciones de Materiales.
- ✓ Lista de Líneas, equipos e Interconexiones de Tuberías.
- ✓ Soportes de Tuberías.

- ✓ Elementos o Accesorios especiales.
- ✓ Requisiciones de Materiales.
- ✓ Análisis de Esfuerzo y Flexibilidad.
- ✓ Trazas de Vapor.
- ✓ Sistemas Contra Incendios.
- ✓ Filosofía de Mantenimiento.

### **3.5.1 Plano de Sito o *Site Plan***

Cuando se va a realizar un proyecto es necesario realizar en la etapa de ingeniería conceptual, un documento denominado plano del sitio en el cual estará ubicada la planta en cuestión. Este plano ofrece una visión más clara de la ubicación de los equipos mayores, caminos y otros aspectos que no pueden ser apreciados a simple vista. El *Site Plan* es un plano en escala lo suficientemente aceptable para que muestre todo el sitio de la planta incluyendo límites, calles, edificios, áreas de proceso, áreas de carga, etc. La figura 3.5 presenta el plano de sitio de la refinería el palito de PDVSA ubicada en Puerto Cabello, donde se observa la refinería en toda su extensión.

### **3.5.2 Plano de Implantación o *Plot Plan***

Los planos de Implantación o *Plot Plan* como comúnmente se conoce, representa en un proyecto de ingeniería uno de los primeros y principales documentos a ser generado por la disciplina de procesos y

tuberías, con el propósito de mostrar la ubicación a través de una vista de planta de la zona, junto a sus detalles, estructuras y equipos que componen la planta. Este plano se realiza a partir del plano de arreglo de equipos, agregando las dimensiones y las coordenadas (norte y este) donde para los edificios y estructuras se le coloca las coordenadas de los extremos y para los equipos, las de los ejes que lo componen.

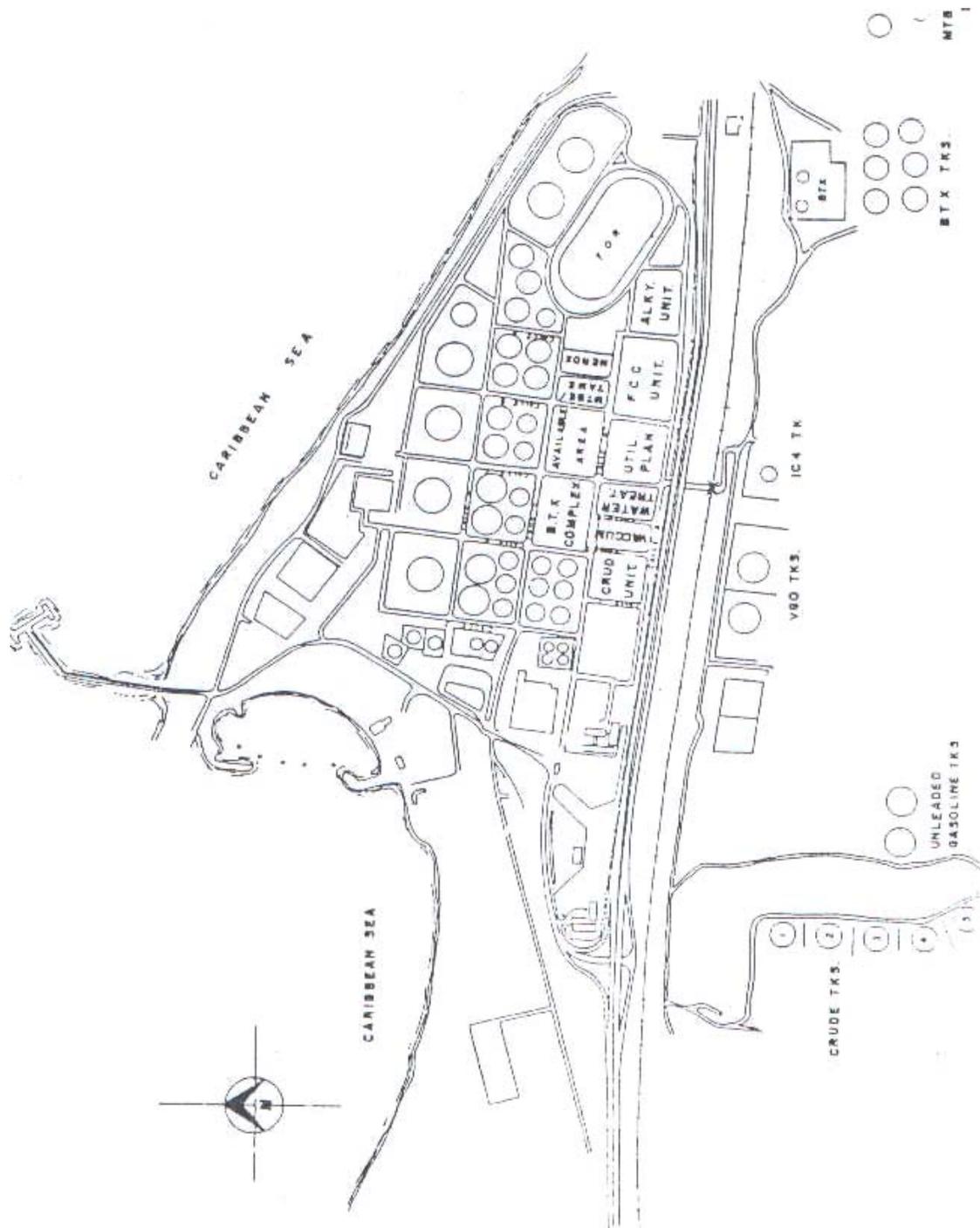


Figura 3.5 Plano de Sitio de la Refinería El Palito, ubicada en Puerto Cabello Edo. Carabobo.

El plano de implantación contiene información sobre la ubicación y orientación de coordenadas, identificación y numeración de equipos, distribución de sub-áreas, notas y otros comentarios de formato que son aplicables y están relacionado directamente con la ubicación de los equipos en la planta.

El proyecto Petrozuata VEHOP *Downstream* esta compuesto de un complejo y numeroso conjunto de plantas industriales interconectadas unas con otras por medio de tuberías, el *Plot Plan* general se divide en áreas o unidades para facilitar su trabajo y poder tener mejor control y manejo en su desarrollo. Por esto resulta imprescindible contar también con un plano índice o *Area Index*, donde se encuentren colocados e identificados todos los tanques y equipos que contenga. Cada uno de estos equipos debe estar debidamente identificado con su respectivo número de identificación del equipo o *Tag*. La figura 3.6 muestra el plano de implantación de las unidades de regeneración de amina (unidad 33 ARU) y separación de aguas ácidas (unidad 34) pertenecientes al proyecto Petrozuata VEHOP.

### **3.5.3 Plano Clave o *Key Plan***

El plano clave se hace dividiendo el plano de sitio en áreas pequeñas que se identifican con letras o números. Este plano simplificado y muy pequeño se le agrega a todos los planos como referencia, donde indica a través de una sombra el área particular a la que se refiere el plano clave.

Figura 3.6 Plano de Implantación o *Plot Plan* pertenecientes a las unidades 33 y 34 del proyecto Petrozuata VEHOP *Downstream*.

El plano clave representa un plano referencial donde aparece la ubicación con vista en planta del área que abarca la totalidad del proyecto, indicando la ubicación de la zona con respecto al plano principal.

Como el plano clave es un plano referencial, generalmente este se coloca en el plano de Implantación en la esquina superior derecha como referencia del área en cuestión. Este plano viene a ser una ventana que indica la localización y posición con respecto a las demás plantas o unidades de producción que conforman toda la estructura del proyecto. En la figura 3.6 perteneciente al *Plot Plan* de las unidades 33 ARU y 34 SWS aparecen en la esquina superior derecha como referencia, un pequeño recuadro donde indica una zona sombreada. Se trata entonces del plano clave, que por lo general se habitúa a colocarse en este documento.

#### **3.5.4 Plano Maestro**

Como en cualquier otro proceso de ingeniería es necesario realizar documentos maestros que puedan servir como plano preliminar para plasmar los comentarios en su desarrollo y poder realizar los cambios que sean necesarios, además representan el respaldo del trabajo de estudio de los elementos y componentes involucrados en el proceso. Los planos maestros se utilizan entre otras cosas, para colocar cualquier comentario que resulte pertinente por cualquiera de los colegas representantes de otras disciplinas, con el propósito de obtener un documento que sirva de base para su

desarrollo final del diseño. Para el caso de la disciplina de tuberías el plano de ubicación de boquillas, escaleras y plataformas conforma un claro ejemplo de este tipo de documento. La figura 3.7 pertenece al plano maestro del equipo 03V402 *Sour Water Degassig Drum*, perteneciente a la unidad 34 SWS. En este plano se muestra la ubicación de las boquillas del equipo de acuerdo a una previa numeración y colocación determinada por parte del fabricante del equipo en su hoja de datos. Una tabla denominada carta de boquillas muestra para cada una de ellas, su número, elevación, orientación, posición, diámetro, límites de temperatura y presión [*Raiting*] y otros comentarios o recomendaciones que resulten pertinentes colocar en su diseño. También debe representarse el equipo en diferentes vistas de acuerdo a la complejidad que requiera el diseño.

Los planos maestros se utilizan también para realizar los diferentes arreglos de tuberías con los equipos, es decir realizar la trayectoria y recorrido de todas las tuberías que se requieran en el proceso, así como también desarrollar los planos de especificaciones de equipos, los cuales mencionaremos brevemente.

#### 3.5.4.1 Planos de Arreglos de Equipos

Son planos que muestran los diferentes arreglos de equipos y sus conexiones con las tuberías, etc., hasta lograr el diseño óptimo que satisfaga los requerimientos del proyecto. Estos estudios se requieren para establecer las coordenadas de los equipos presentes.

Figura 3.7 Plano Maestro del estudio de plataformas, escaleras y boquillas realizado a un tambor de desgasificación equipo 03V302 *Sour Water Degassing Drum* en la unidad 34 SWS.

Por otro lado para determinar la precisa elevación y ubicación de las boquillas de un equipo, se toma como referencia el punto más alto de la superficie acabada de la planta o llamado también H.P.F.S. [*High Point Furnished Sur*], el cual será utilizado como punto de referencia de nivel +0.00 para indicar las elevaciones de los equipos, plataformas y escaleras, boquillas y otros instrumentos que componen cada uno de los equipos. La figura 3.8 muestra un arreglo de conexión de tuberías entre dos equipos.

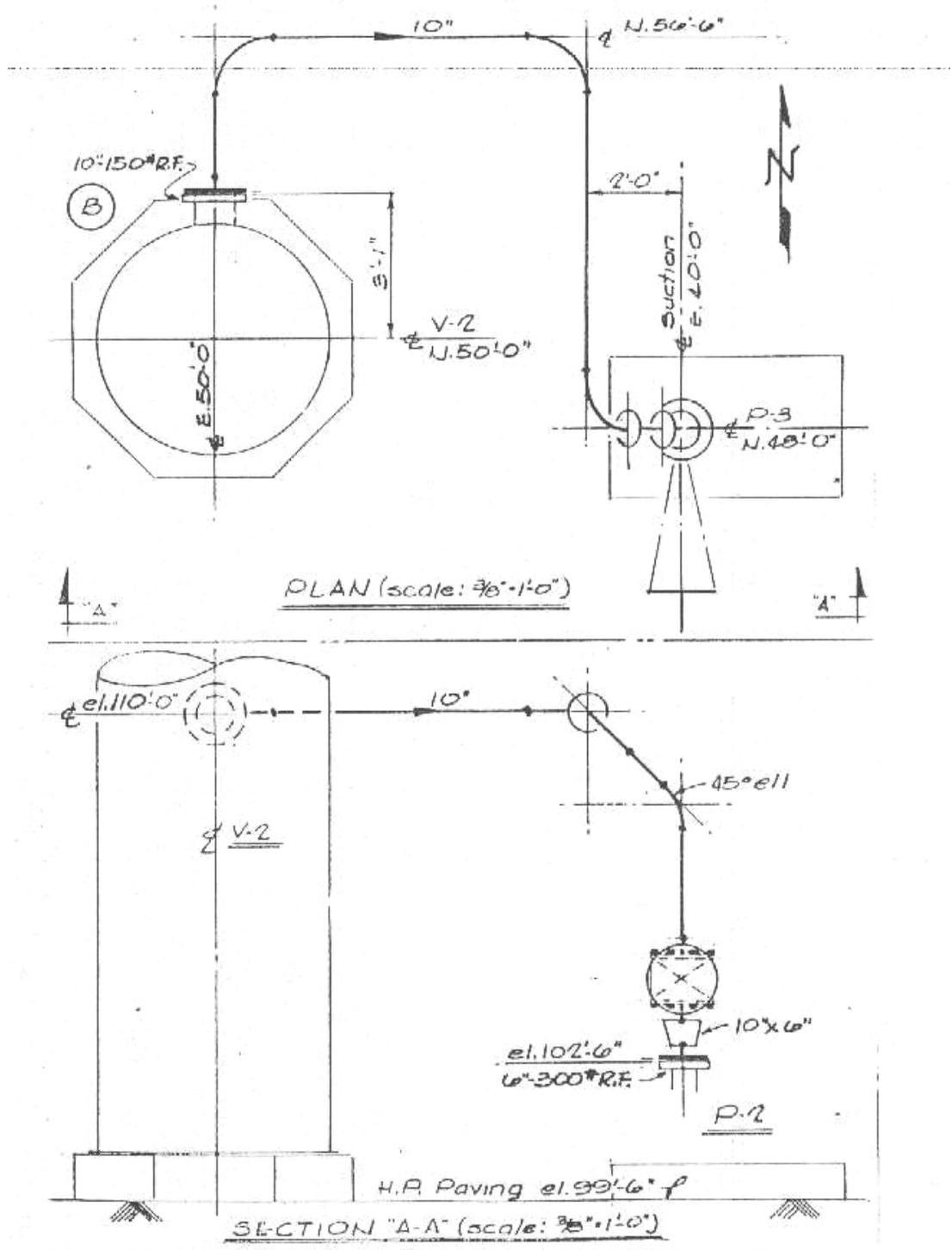


Figura 3.8 Plano de arreglo de conexiones de tuberías entre equipos donde se observa una vista en planta y sección del arreglo.

#### 3.5.4.2 Plano de Especificaciones de Equipos

Son planos que indican las boquillas de los equipos y su orientación, bocas de visita, escaleras espesores de pared, materiales a utilizar etc. Estos planos se le envían al fabricante par que haga los dibujos de detalles los cuales deben ser examinados y aprobados luego por los responsables del diseño. La figura 3.9 pertenece a una parte del plano del equipo 03C301 *Amine Stripper*, donde se observa información relevante como elevación de boquillas, escaleras y plataformas, así como orientación y numeración de boquillas y otros aspectos de interés para los fabricantes del equipo.

#### **3.5.5 Plano de Vendedores**

Son planos de los equipos construidos que envían los fabricantes una vez que se hayan especificado y seleccionados los equipos, instrumentos, etc. Estos planos también se les conoce como planos *Vendor* los cuales indican las características y dimensiones exactas y finales, lo que lo hacen ser planos certificados.

La figura 3.10 pertenece al plano *Vendor* (certificado) del equipo 03V302 *Sour Water Degassign Drum*, el cual se presentó inicialmente de manera preliminar como plano maestro.

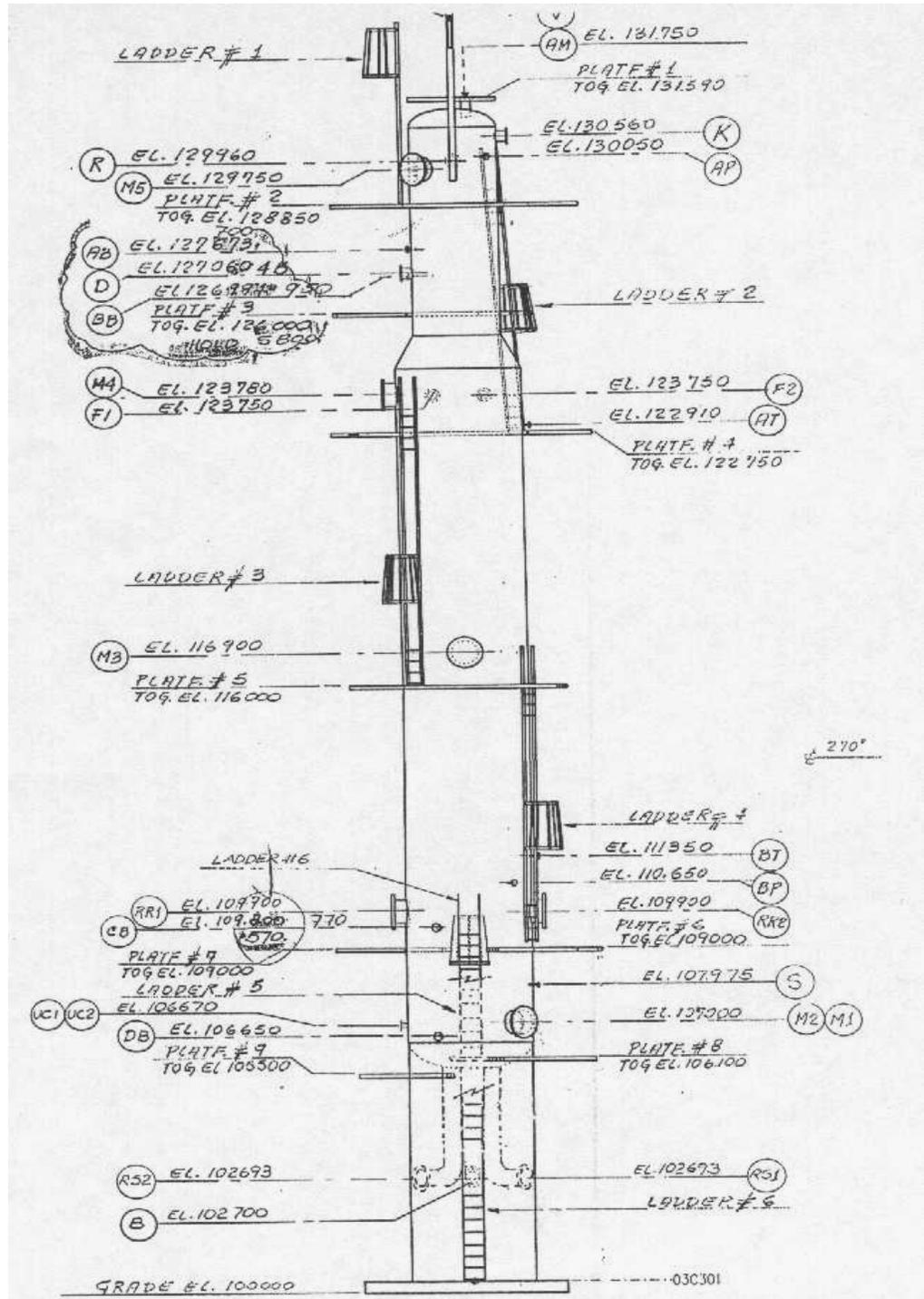


Figura 3.9 Plano de Especificación del equipo 03C301 Amine Stripper, en él se observan detalles referentes a la ubicación y elevación de boquillas, bocas de visita, plataformas y escaleras.

Figura 3.10 Plano *Vendor* Certificado del equipo 03V302 *Sour Water Degassing Drum*, perteneciente a la unidad 34 SWS.

### 3.5.6 Esquemas, Planos de Arreglos de Tuberías y Elevaciones

Los esquemas ó arreglos de tubería, conocidos también como *Layout* representan un punto de arranque en el momento de comenzar con el diseño de un trazado de tubería bien sea para un equipo o en tendidos de tuberías para un determinado proceso industrial. Cada diseñador desarrolla un arreglo original de acuerdo a la filosofía de trabajo que esté siendo aplicada en el proyecto a través de las condiciones establecidas en su inicio, como por ejemplo si las especificaciones son suministradas por el cliente, previniendo las futuras ampliaciones del proyecto. Con la interposición de diferentes arreglos realizados se puede proceder a obtener arreglo final del conjunto de tuberías que conforman el estudio.

En virtud de que el proyecto Petrozuata VEHOP *Downstream* se realizó con tecnología de punta a través de un diseño de maqueta electrónica, la realización de esquemas fue muy escasa, ya que por la versatilidad del software utilizado, es posible diseñar y hacer las respectivas modificaciones directamente sobre el modelo, haciendo con esto que los cambios se realicen de manera más fácil y rápida en relación con el trabajo que debe hacerse para un estudio normal de trazado con los *Layout* convencionales.

La figura 3.11 muestra como se realiza un *Layout* para un equipo en particular en su fase de estudio de posibles arreglos de tuberías.

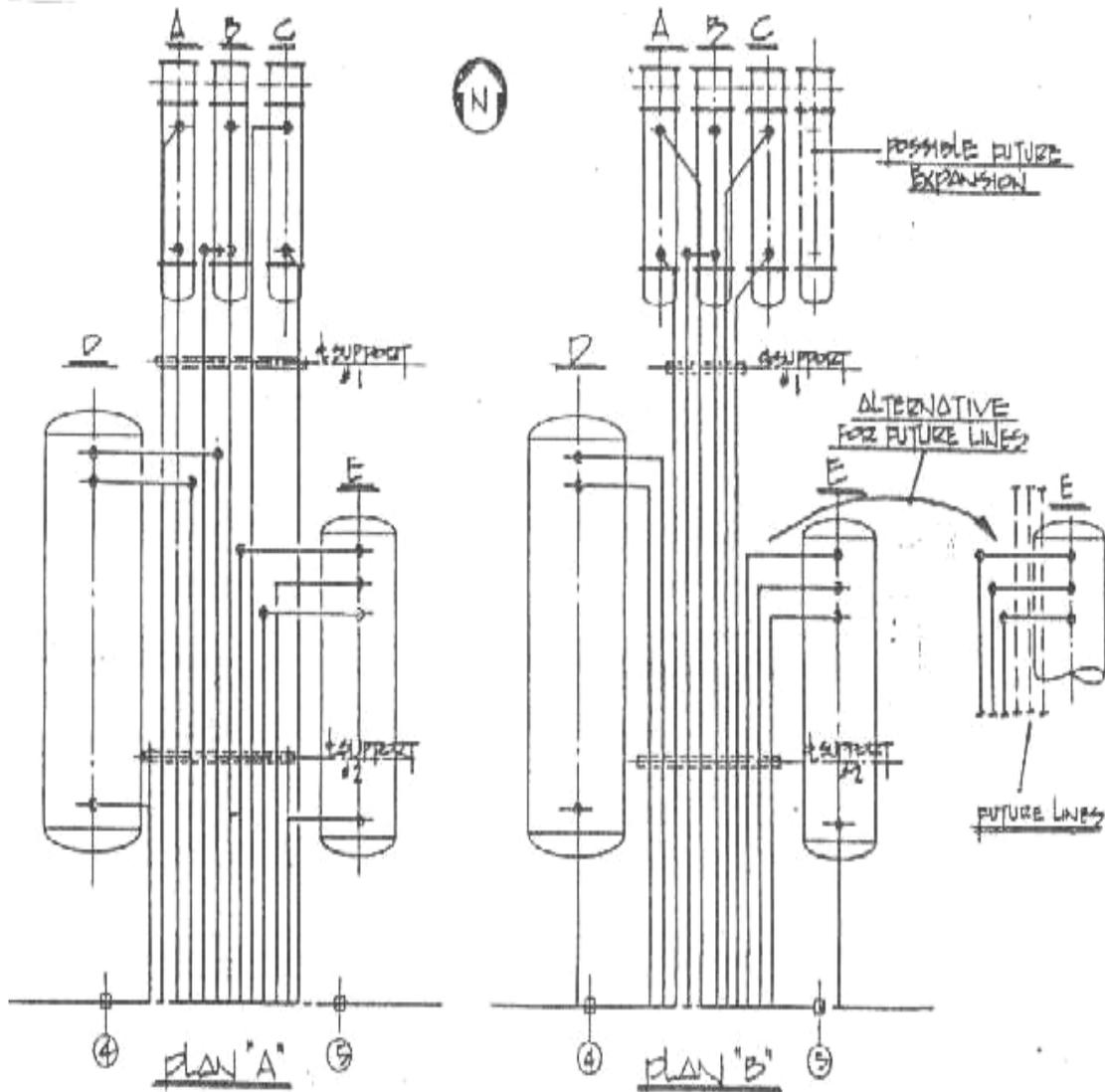


Figura 3.11 Vista o representación de un trabajo de *Layout* para conexión entre tuberías y equipos.

Los planos de arreglos de tuberías o *Piping Plan* son aquellos planos que muestran los trazados de tuberías a lo largo de la planta, bien sea a través de la estructura que soporta la tubería llamada también *Piperack* o simplemente en conexión directa con los equipos existentes. Estos planos deben hacerse uno para cada nivel a fin de no complicar el dibujo, donde pueden estar representando todo un trazado de tubería o únicamente puede indicar solo tramos a distintas elevaciones o niveles de altura en donde se encuentren ubicadas las tuberías, en ellos aparecen su número de línea correspondiente, elevación y otros detalles con relación a las conexiones y arreglos de tuberías. La figura 3.12 es un claro ejemplo de este tipo de plano, el cual corresponde a un *Piping Plan* de arreglo de tuberías para la unidad 33 ARU del proyecto Petrozuata VEHOP *Downstream*.

Por último se presentan los planos de elevación, los cuales ayudan a visualizar las conexiones e instalaciones con aquellos equipos verticales tales como las torres de fraccionamiento y tanques de almacenamiento que contienen por lo general un número considerado de conexiones y boquillas ubicadas en distintos niveles, así como también escaleras y colocación de plataformas. Estos planos resultan ser de gran ayuda en el trabajo de diseño cuando no se cuenta con una maqueta o modelo electrónico que permita observar el diseño con mayor detalle y precisión, cada uno de sus elementos de conexión. La figura 3.13 muestra una vista en elevación de las unidades 33 ARU y 34 SWS del proyecto Petrozuata VEHOP *Downstream*.

Figura 3.12 *Piping Plan* de la unidad 33 ARU del proyecto Petrozuata VEHOP *Downstream*.

Figura 3.13 Plano de Elevación, donde se observan las unidades 33 y 34 del proyecto Petrozuata VEHOP *Downstream*.

### 3.5.7 Isometricos de Líneas

Son documentos que representan en una vista espacial mediante líneas y símbolos, de los diferentes arreglos de tuberías que conforman cada tramo de línea. En todos los diseños es necesario realizar isometricos de tuberías para líneas de diferentes diámetros contenidas en la planta, por ser su utilización determinante tanto para el proceso de diseño como también para la posterior construcción de los *Spool* de tuberías por parte del fabricante.

Conviene indicar que un *Spool* de tuberías es aquel elemento estructural de forma irregular conformado por tuberías y accesorios, fabricado de acuerdo a un diseño o arreglo establecido en el isometrico. Estos *Spool* por lo general se realizan en un taller, debido a la precisión que se requiere en su ensamble, bien sea por el tipo de soldadura que deba ser aplicada, tratamiento térmico u otro trabajo que requiera la utilización de equipos de taller.

Cada isometrico contiene la suficiente información para su fabricación; el documento presenta un listado de materiales con dimensiones, cantidades, elevaciones y todo aquel componente de instrumentación o accesorio que contenga la línea, además se encuentran presentes notas y detalles de construcción como información básica que debe tener el fabricante. Las figura 3.14 pertenece a la línea 332P019 de la

unidad 33 ARU, donde se puede observar en la primera hoja detalles de colocación de soportes, denominación de *Spools*, dimensiones y otros datos de interés, continuando hacia la segunda hoja observamos el arreglo válvulas y accesorios pertenecientes al sistema de alivio del separador de amina *Amine Stripper*, equipo 03C301. Los isométricos también presentan un listado de materiales separados según su destino de fabricación pudiendo ser construidos en campo *Field* o en *taller Shop* donde se indica previamente su descripción, cantidades, dimensiones y notas de relevancia.

Adicionalmente cada isométrico contiene además información importante con relación a la identificación de la línea que se presenta, así como también de los profesionales involucrados en realizar su diseño, análisis de esfuerzos y flexibilidad, chequeo, realización, colocando la fecha de emisión, con sus respectivas firmas de revisión y aprobación, donde toda esta información se coloca o está contenida en un cajetín de datos como parte del formato conocido como guitarra.



### **3.5.8 Especificaciones de Materiales o *Piping Class***

Las especificaciones de materiales vienen a ser un compendio de normas y recomendaciones que deben ser aplicadas a los diferentes materiales que conforman las tuberías y demás accesorios empleados en los sistemas. Sabemos que en el proceso de regeneración de amina y recolección de aguas ácidas, el manejo de sustancias químicas tóxicas y corrosivas es notable, por otro lado los altos niveles de operación llevan al proceso a operar en diversos rangos de temperatura y presión a través de las tuberías. Por esto se hace necesario utilizar materiales apropiados para su construcción, los cuales deben estar regidos bajo normas y especificaciones de diseño.

Este documento contiene una diversidad de especificaciones determinadas cada una de acuerdo a su clase, servicio, *Rating*, tipo de material, espesor de corrosión, temperatura y presión de diseño, revisión, etc. Siendo un instrumento de gran importancia en el proyecto y donde su elaboración y revisión trabajo lo realiza un ingeniero mecánico del área de materiales en la disciplina de tuberías.

La generación del *Piping Class* comienza y se define en la ingeniería básica, sin embargo en la ingeniería de detalle se utiliza toda esta información para el diseño del proyecto y en algunos casos debe ser

ajustada o elaborar nuevas especificaciones de acuerdo a la complejidad del diseño del proyecto.

De acuerdo con el uso de normas nacionales ó internacionales utilizadas para la elaboración del *Piping Class*, se establecen las diferentes especificaciones de tuberías de manera separada, donde posteriormente se podrá seleccionar un material de acuerdo a los diversos tipos de tuberías, diámetros, espesores, caras, *Rating*, válvulas y accesorios presentes que serán utilizados en el diseño de la planta. El anexo 1 pertenece a una de las especificaciones de materiales de tubería más utilizadas y es la especificación de PDVSA AA2 para aceros al carbono 150 RF, sin embargo cada proyecto genera su propio *Piping Class* de acuerdo a sus requerimientos de operación. El anexo 2 corresponde a la misma especificación anterior, pero para este caso desarrollada para el proyecto Petrozuata VEHOP *Downstream*, la cual se conoce como la especificación 1C01A.

### **3.5.9 Listas de Líneas, Equipos e Interconexiones de Tuberías**

Las lista de líneas representan un documento de trabajo que contiene información acerca de todas las tuberías que conforman el proyecto. Este documento lo genera la disciplina de procesos, pero para su modificación y actualización se encarga la disciplina de tuberías, donde el ingeniero y el diseñador de tuberías se encarga de colocar y modificar líneas,

arreglos e intersecciones de tuberías en el diseño. Su contenido se basa en información con relación a la clasificación y número de línea, diámetro, especificaciones de material, ubicación en P&ID, código, temperatura y presión de diseño, espesor de corrosión, *Schedule* de la tubería, requerimientos de aislamiento, (tipo y espesor) temperatura de diseño, conservación de calor, prueba hidrostática entre otros datos que estarán determinados en este documento de acuerdo al tipo de proyecto y empresa que lo realice. La figura 3.15 muestra una de las listas de líneas para la unidad 34 SWS del proyecto Petrozuata VEHOP *Downstream*.

Adicionalmente a las listas de líneas, debe tenerse un listado de los equipos existentes presentes en cada una de las plantas. Para el caso de la disciplina de tuberías, esta información se coloca en el plano de planta como información de referencia donde está designado con su descripción cada uno de ellos por un número o *Tag* del equipo. El resto de la información se encuentra detallada en la respectiva hoja de datos o *Data Sheet* del equipo, el cual es un documento emitido por el fabricante.

Un listado de los equipos pertenecientes a las unidades 33 ARU y 34 SWS del proyecto Petrozuata VEHOP *Downstream*, puede observarse también en el *Plot Plan* de la figura 3.6.

PROJECT NAME		VENUELA EXTRA HEAVY OIL PROJECT																
PROJECT NO	152935																	
CLIENT NAME	Petrozuata																	
UNIT	SOUR WATER STRIPPER UNIT																	
RUN DATE	Tuesday, November 17, 1998																	
PIPING LINE LIST																		
LINE NUMBER	SIZE	PHASE	P&ID NO.	SPEC	DES CODE	DESIGN			FLEX			INSULATION			TEST			REMARKS
						PRESS BARG	TEMP C	DESIGN C	HIGH C	LOW C	% FV	TYPE	TEMP C	THK. mm	PAINT CODE	SYS NO.	PRESS BARG	
F34002	4	V	21-340-12-101	1C07C	AWF	3.5	167	190				N1	38	0	9			
	3	V	21-340-12-101	1C07C	AWF	3.5	167	190				N1	38	0	9			
F34003	3	V	21-340-12-102	1C07C	ARN	4.2	266	266				HC-ST1	85	25	9			
	3	V	21-340-12-102	1C07C	AWF	3.5	167	190				N1	38	0	9			
	3	V	21-340-12-102	1C06A	ARN	4.2	266	266				HC-ST1	85	25	9			
	2	V	21-340-12-102	1C07C	ARN	4.2	266	266				HC-ST1	85	25	9			
	2	V	21-340-12-102	1C07C	AWF	3.5	167	190				N1	38	0	9			
	2	V	21-340-12-102	1C08A	ARN	4.2	266	266				HC-ST1	85	25	9			
F34004	1.5	V	21-340-12-102	1C07C	ARN	4.2	266	266				HC-ST1	85	25	9			
	4	V	21-340-12-102	1C07C	AWF	3.5	167	190				N1	38	0	9			
	2	V	21-340-12-102	1C07C	AWF	3.5	167	190				N1	38	0	9			
F34005	3	L	21-340-12-101	3F07A	ABQ	3.9	120	120			50	N1	54	0	9			
	0.75	L	21-340-12-101	1C07C	ABQ	3.9	120	120			50	N1	54	0	9			
	0.75	L	21-340-12-101	F07A	ABQ	3.9	120	120			50	N1	54	0	9			
	0.75	L	21-340-12-101	F07A	ABQ	3.9	120	120			50	N1	54	0	9			
F34006	3	V	21-340-12-102	3F07A	AWF	3.5	167	190				N1	38	0	9			
	3	V	21-340-12-102	3F07A	AWF	3.5	167	190				N1	38	0	9			
	0.75	V	21-340-12-102	1C07C	AWF	3.5	167	190				N1	38	0	9			
	0.75	V	21-340-12-102	1C07C	AWF	3.5	167	190				N1	38	0	9			
	0.75	V	21-340-12-102	F07A	AWF	3.5	167	190				N1	38	0	9			
	0.5	V	21-340-12-102	F07A	AWF	3.5	167	190				N1	38	0	9			
F34010	1.5	V	21-340-12-102	1C07C	AWF	3.5	167	190				N1	38	0	9			
	1	V	21-340-12-102	1C07C	AWF	3.5	167	190				N1	38	0	9			
F34021	2	L	21-340-12-102	1C01A	ABS	4.7	167	167			50	HC2	139	25	4			
	2	V	21-340-12-102	1C07C	AWF	3.5	167	190				N1	38	0	9			
F34032	0.75	L	21-340-12-102	1C01A	ASL	12	167	167				HC2	139	25	4			
	0.75	V	21-340-12-102	1C07C	AWF	3.5	167	190				N1	38	0	9			
F34033	2	V	21-340-12-101	1C07C	AWF	3.5	167	190				N1	38	0	9			
	1.5	V	21-340-12-101	1C07C	AWF	3.5	167	190				N1	38	0	9			
F34034	2	V	21-340-12-101	1C07C	AWF	3.5	167	190				N1	38	0	9			

Figura 3.15 Lista de líneas de la unidad 34SWS del proyecto Petrozuata VEHOP Downstream.

Por último tenemos las Interconexiones de tuberías que deben ser realizadas en los procesos de montaje y construcción de una planta industrial, en las cuales se realizan diversos procesos para su interconexión, entre ellos podemos mencionar los *Tie-in*, que son puntos de interconexión de tuberías, los cuales se colocan en distintos lugares de la planta de manera ordenada, con el propósito de ser utilizados como punto de conexión para posibles ampliaciones futuras. También se encuentra los llamados *Hot Taps* o conexión en caliente, que viene a ser un proceso por medio del cual se realiza la conexión de una tubería con otra sin necesidad de suspender el servicio que lleva la tubería principal que se le realiza el proceso.

En algunos proyectos de ampliación se requiere realizar un listado de *Tie-in* y *Hot Taps* requeridos por el proyecto, los cuales deben contener una descripción detallada del tipo de interconexión a realizar y las características de las tuberías que se conectan, para asegurar así una eficiente ejecución en los trabajos por parte del contratista asignado.

La figura 3.16 presenta una lista de *Tie-in*, con relación a un proyecto de ampliación efectuado por las empresas Otepi - Foster Wheeler.

**TIE - IN LIST**

FW DOCUMENT N° 41747-S-01-1003  
OTEP DOCUMENT N° 0110160-D03

TIE-IN NUMBER	FROM	TO	EXISTING LINE N°	NEW LINE N°	TIE-IN TYPE	LOCATION	ISO DWG N°		COMMENTS
							DISMANTLED	NEW ARRANGEMENT	
019	C-17	C-61	3" LINE	5'-P-01-523-BA1	6" 300# NOZZLE WELD	C-17	6'-P-01-523	6'-P-01-523	NEW NOZZLE ON C-17
020	J-52	C-51	4"-O-1043-P3	6'-P-01-524-BA1	4" BUTT WELD	C-51 TUBE INLET	005	6'-P-01-524	
021A	C-51	C-52A/B	3"-O-155	3"-F-01-538-BA1	3" BUTT WELD	C-52A SHELL INLET	005	6'-P-01-529	
021B	C-51	C-16A/B	3"-O-166	6'-P-01-525-BA1	3" BUTT WELD	C-52A SHELL INLET	005	6'-P-01-525	
022	J-51	C-61	4"-O-1043-IP3	5'-P-01-523-BA1	4" BUTT WELD	C-17 SHELL OUTLET	005	6'-P-01-523	
023	C-19	E-5	14"-O-178-P3	14"-P-01-538-BA4	14" BUTT WELD	C-18	006	14"-P-01-538	
024	E-9	C-19	10"-O-175-IP1	16"-P-01-535-BA1	10" BUTT WELD	C-18	006	17"-P-01-535	
025	E-5	C-18	8"-O-180-IF1	10"-P-01-533-BA1	8" BUTT WELD	C-18	006	10"-P-01-533	
026	C-18	F-9	4"-O-181-PI	6'-P-01-531-AA1	6" 150# FLANGE	C-18	006	6'-P-01-531	
027	J-16S	4" CLEF ALKY LINE	2"-O-184-SP1	4"-P-01-532-BA1	2" BRANCH WELD	CLEF ALKY LINE 4"	006	4"-P-01-532	NEW LINE CLEF ALKY
028	J-16/16S	ALKY	4" LINE TO ALKY UNIT	4"-P-01-532-BA1	4" 300# BOLT UP	CLEF ALKY LINE	006	4"-P-01-532	
029	E-4	910	4"-O-163-IF1	4"-FG-01-501-AA1	4" BRANCH WELD	FROM E-4 C/WID TO STG LINE	007	4"-FG-01-501	NEW LINE TO STG
030	E-4	910	4"-O-160-IF1	N/A	4" BUTT WELD (CAP)	FROM E-4 C/WID TO STG LINE	007	4"-IF-01-561	NEW LINE TO FLARE
031	E-51	C-17	8"-O-165S	5'-P-01-552-BA1	8" BUTT WELD	E-51 OUTLET LINE	005	6'-P-01-552	NEW CONTROL VALVE FV-01537
032	E-51	C-17	8"-O-194	6'-P-01-562-BA1	6" BUTT WELD	E-51 OUTLET LINE	005	6'-P-01-562	NEW CONTROL VALVE FV-01537
033	J-17	C-15A/B/C	8"-O-38-SP1	10"-P-01-563-BA1	8" BUTT WELD	C-17A 6" SHELL INLET	003	10"-P-01-563	
034	COOLING WATER HEADER	C-12A/B/C	INLET WATER LINE	10"-SW-01-531-AA2	10" BUTT WELD	C-12A TUBE INLET	003	10"-SW-01-531	10"-N UNDERROUND
035	C-12a	COOLING WATER RETURN LINE	OUTLET WATER LINE	6"-RW-01-531-AA2	10" BUTT WELD	C-12A TUBE OUTLET	003	10"-RW-01-531	10"-N UNDERGROUND
036	C-25	F-4	6"-O-40-IF1	8'-P-01-509-BA1	12" 150# BULG FLANGE	F-4	003	8'-P-01-506	NEW 12" NOZZLE ON F-4
037	F-4	J-13A/J-133	F-4	5'-P-01-504-BA1	6" 500 BOLT UP	F-4 OUTLET	003	FUTURE	FUTURE
038	F-4	J-13A/J-133	2"-PO-12-IF1	5'-P-01-505-BA1	2" BRANCH WELD	F-4 OUTLET LINE	003	FUTURE	FUTURE
039							003		DELETED
040	J-13A/J-133	E-51	4"-O-1376	6'-F-01-511-BA1	4" 300# BOLT UP	E-51	005	FUTURE	FUTURE

Figura 3.16 Representa un modelo de lista de Tie-In pertenecientes a un proyecto de ampliación.

### 3.5.10 Soportes de Tuberías

En los proyectos de ingeniería se requiere soportar las tuberías que conforman el proceso, por lo cual resulta necesario contar con un documento que proporcione una gran variedad de soportes por lo cual debe estar estandarizado. Los estándares de soportes de tuberías son entonces aquellos documentos que deben elaborarse en la ingeniería básica y posteriormente en la ingeniería de detalle con el propósito de obtener un manual con todos los soportes utilizados en el proyecto. Con la ayuda de estándares internacionales la disciplina de tuberías diseña todos los soportes empleados en planta incluyendo aquellos especiales, teniendo como premisa ajustar sus dimensiones a los requerimientos del diseño. El anexo 3 presenta un modelo de estándar de soportes para una estación de utilidad [*Utility Station*] y también uno de los estándares de soportes más utilizados en los proyectos de ingeniería y es el denominado *Dummy*. En este documento se observa toda la información referente a la selección del material utilizado, su vista y elevaciones con sus respectivos comentarios de diseño, soldadura, dimensiones y revisiones correspondientes, así como también los detalles de placas de refuerzo (en caso de requerirse) y finalmente un listado de notas que debe ser cumplidas por el ingeniero y el diseñador de tuberías.

Análogamente se utiliza el mismo concepto para los distintos estándar de soportes empleados en los proyectos de ingeniería.

### 3.5.11 Elementos o Accesorios Especiales

En los procesos de producción y mejoramiento de crudos el uso de elementos especiales está presente en su diseño, por lo que resulta imprescindible ubicarlos y reconocerlos tempranamente, ya que por encontrarse fuera de especificación deben ser fabricados por separado, lo que muchas veces conlleva al fabricante a demorar en su entrega, originando esto un verdadero atraso en el proyecto de diseño de planta.

Como una práctica de ingeniería para un buen diseño, los requerimientos de tuberías y accesorios especiales no deben ser predominantes, sin embargo en algunos casos por razones propias del proceso se requieren elementos o accesorios no estandarizados en mayor cantidad los cuales se conocen como *Specialty Item*. Algunas veces es necesario realizar *Sketch* del elemento o componente especial para su fabricación, pero también éste puede ser definido a partir de un estándar de diseño adaptándolo a los requerimientos del proceso para luego ser enviado al fabricante.

Las trampas de vapor, filtros en “Y” con rejillas, conexiones rápidas, válvulas de aguja especiales, etc., son algunos de los elementos especiales empleados en el proyecto Petrozuata VEHOP *Downstream*. El anexo 4 ilustra algunos de estos elementos especiales; El primero se trata de una boquilla de inyección para agua o químico, donde se diseña y se calculan sus

dimensiones para posteriormente ser enviado al fabricante para su construcción. También se hace referencia al *Specialty Item* número 21SP001 que se trata de un tipo específico de filtro, donde se hace la acotación del dimensionamiento requerido por ingeniería.

### **3.5.12 Requisiciones de Materiales ó RFQ**

Las requisiciones de materiales o RFQ [*Requisition For Quantity*] son documentos de ingeniería que contienen información técnica del conjunto de tuberías y accesorios que deben ser adquiridos para el proyecto, los cuales son realizados por la disciplina de tuberías y lo tramita el departamento de procura de la empresa consultora encargada de hacer la compra. Entre los puntos más relevantes que contiene dicho documento se encuentran: el alcance, tipos de materiales, especificaciones técnicas, propuestas, identificación y etiquetado del material, preparación de embarque, requisitos propios de los proyectos para el suplidor y un listado de materiales con sus respectivas cantidades y especificaciones de material pertenecientes bien sea a tuberías o a un accesorio determinado para un área en particular. Estos documentos son revisados por cada una de las disciplinas involucradas para dar su visto bueno y colocar los comentarios que se consideren pertinente. El anexo 5 pertenece a un documento de requisición de materiales del proyecto Ampliaciones de las Estaciones de Crudo Ored: 2, 4 y 7 de la empresa Pérez Compac, donde se observan aquellas

correcciones e indicaciones efectuadas por el grupo de ingeniería, las cuales deben ser modificadas y luego verificadas en su próxima revisión. Al momento de anexar la lista de materiales pertenecientes a una requisición en particular, es importante tener una buena observación al realizar el conteo de los mismos a través de los planos e isométricos, para evitar su repetición, lo cual puede generar una sobre compra o en otros casos producir un déficit de ella.

### **3.5.13 Análisis de Esfuerzo y Flexibilidad**

El análisis de esfuerzo y flexibilidad mas que un documento representa un estudio minucioso del comportamiento de la tubería cuando ésta se encuentra sometida a una variación de temperatura, lo cual induce una variación de su longitud; por el contrario si la tubería está libre, esa variación también será libre y no se desarrollarán tensiones internas ni reacciones. Cuando el sistema entra en operación, la presión se eleva y la temperatura cambia, generándose ciertos esfuerzos en el sistema. La presión interna genera esfuerzos tangenciales y longitudinales, mientras que el cambio de temperatura genera esfuerzos longitudinales por cargas axiales por flexión y esfuerzos de corte por torsión, dando lugar a que la tubería no pueda elongarse (o contraerse) libremente a consecuencia de estar restringida en sus desplazamientos por efecto de los soportes y de conexión a los diversos equipos que conforman el sistema. Adicionalmente se

considera también el peso propio de la tubería y su contenido, que ocasiona la presencia de esfuerzos longitudinales y de corte análogos a los producidos por la expansión térmica. Todos estos estados de carga deben considerarse en el estudio de un sistema de tuberías, por lo tanto el ingeniero de tuberías encargado de realizar su análisis, deberá contar con amplia experiencia en este estudio. Actualmente en los proyectos de ingeniería de detalle, las empresas consultoras cuentan con programas como el *Cesar II*, *Pipe Plus V.4.0* o *Raflex*, los cuales permiten simular la trayectoria de la tubería, obteniendo el valor de los esfuerzos y cargas que está sometido y demás datos de interés para el ingeniero, pudiendo entonces estimar de manera precisa el lugar determinando para colocar los soportes que permitirán obtener una tubería asegurada pero al mismo tiempo libre de movimientos producidos por los esfuerzos ya mencionados. El anexo 6 representa un isométrico en un caso particular de análisis de flexibilidad para una tubería de acero al carbono de 18" de diámetro, el cual incluye el resultado efectuado por el programa.

Si un sistema no posee la flexibilidad suficiente y/o no es capaz de resistir las cargas sostenidas, el ingeniero de tuberías tiene a disposición los siguientes recursos:

- ✓ Reubicación de soportes.
- ✓ Modificación del tipo de soporte en puntos específicos.
- ✓ Utilización de soportes flexibles.

- ✓ Modificación parcial del recorrido.
- ✓ Utilización de lazos de expansión.
- ✓ Pretensado en frío.
- ✓ Utilización de juntas de expansión y barras tensoras.

#### **3.5.14 Trazas de Vapor**

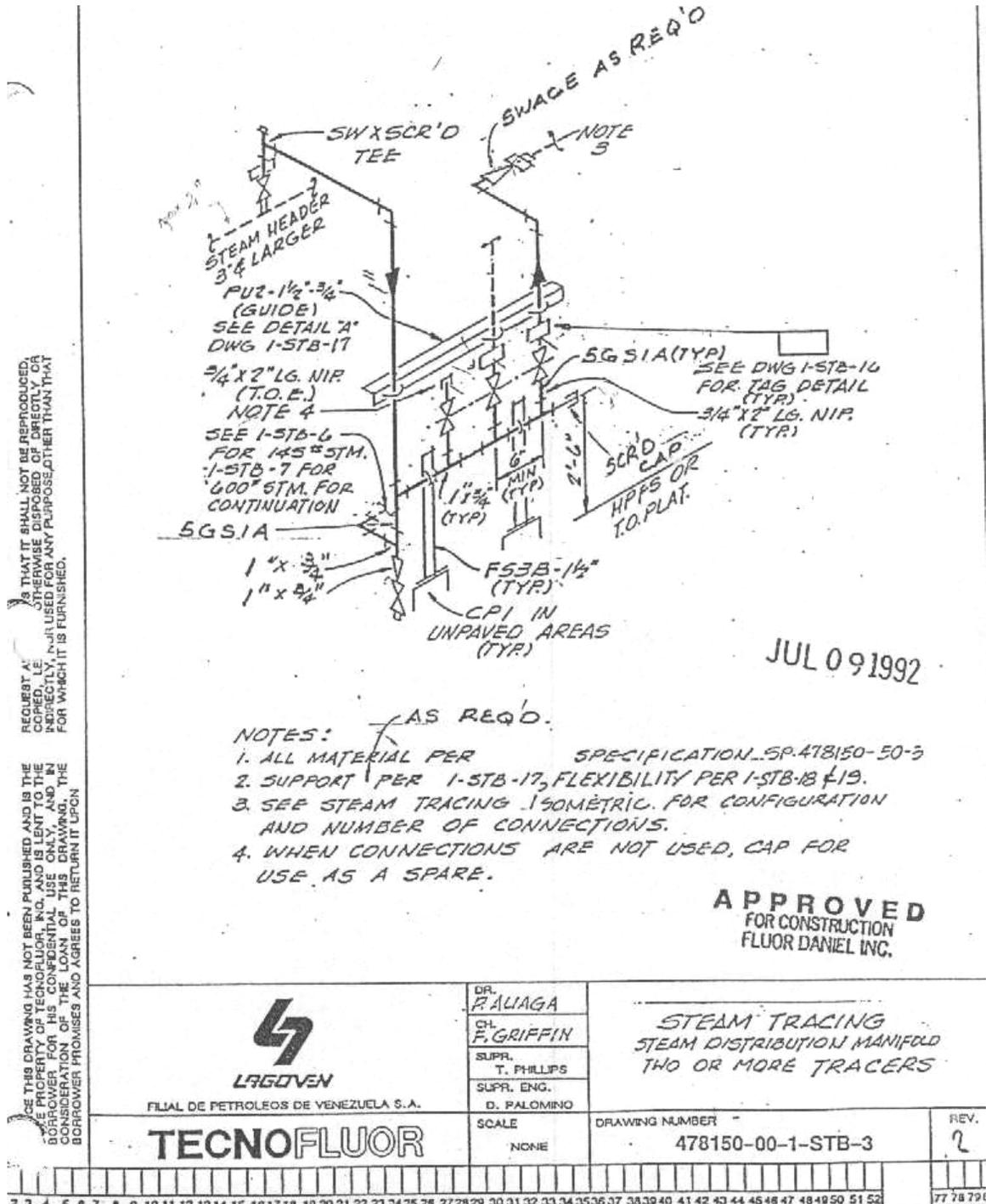
En la realización de los proyectos de ingeniería de detalle los procesos requieren en algún caso que el manejo y transporte de fluidos a través de las tuberías se realice a temperaturas que deben mantenerse elevadas en todo su recorrido, para esto se emplea el uso de trazas de vapor para garantizar su temperatura. En estos casos el ingeniero de tuberías debe realizar planos y documentos relacionados con el tipo de traza, su recorrido, ubicación y otros detalles y notas relevantes para su montaje y fabricación, así como también estándares para las estaciones de distribución del vapor, a través de una transposición en el plano de implantación denominado plano de trazas de vapor o *Steam Trace Plan*.

Por lo general, las trazas utilizadas en los procesos son tuberías pequeñas de acero las cuales son colocadas bien unidas en todo lo largo junto a la tubería que transporta el fluido que se desea mantener su temperatura. Posteriormente ambas tuberías se cubren con un aislante térmico adecuado para minimizar la condensación del vapor y por ende la pérdida de temperatura. Con todo esto es inevitable que el vapor se

condense, sin embargo esa pequeña parte condensada es atrapada en trampas de vapor.

En la figura 3.17 esta referida a un plano de detalle de distribución de trazas de vapor, indicando además un arreglo típico para el suministro en un cabezal de condensado. Por otra parte en la figura 3.18 se aprecia una estación de control o *Manifold* de distribución de vapor para dos ó más trazas.





REQUEST A COPY OF THIS DRAWING FROM THE PROJECT ENGINEER OR THE PROJECT MANAGER. THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF FLUOR DANIEL INC. AND IS LOANED TO YOU FOR YOUR CONSTRUCTION PURPOSES ONLY. IT IS NOT TO BE REPRODUCED OR COPIED IN ANY MANNER WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF FLUOR DANIEL INC.

THIS DRAWING HAS NOT BEEN PUBLISHED AND IS THE PROPERTY OF FLUOR DANIEL INC. AND IS LOANED TO YOU FOR YOUR CONSTRUCTION PURPOSES ONLY. IT IS NOT TO BE REPRODUCED OR COPIED IN ANY MANNER WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF FLUOR DANIEL INC.

 <b>LAGOVEN</b> FILIAL DE PETROLEOS DE VENEZUELA S.A.	DR. R. ALIAGA	STEAM TRACING STEAM DISTRIBUTION MANIFOLD TWO OR MORE TRACERS	REV. 2
	CH. F. GRIFFIN		
	SUPR. T. PHILLIPS		
	SUPR. ENG. D. PALOMINO		
<b>TECNOFLUOR</b>	SCALE NONE	DRAWING NUMBER 478150-00-1-STB-3	77 78 79

2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52

Figura 3.18 Plano Isometrico referido a una estación de control y distribución de vapor para dos ó más trazas.

### **3.5.15 Sistemas Contra Incendios**

Anteriormente en los proyectos de diseños de plantas industriales el desarrollo de este tipo de documento no era relevante realizarlo ya que solo se colocaban hidrantes y extinguidores en distintos lugares, ya que los problemas presentados eran resueltos directamente por el cuerpo de bomberos interno. Pero no es sino hasta que sucede la primera catástrofe no controlable originando pérdidas cuantiosas lo que llevo a las empresas a elaborar en el área de ingeniería el diseño de sistemas contra incendios para tanques, equipos y zonas de alto riesgo.

Con el uso de nuevas tecnologías se desarrollaron compuestos químicos adecuados para cada tipo de incendio, como por ejemplo el concentrado de espuma, el cual es un excelente compuesto para la extinción de líquidos inflamables, además se diseña proporcionadores (monitores y boquillas) utilizados para la protección de tanques de almacenamiento, contando también con equipos móviles para la protección de llenaderos de camiones, muelles, navíos, control de vapores riesgosos, etc. En la figura 3.19 se observa un sistema contra incendios activado en un llenadero de camiones, este tipo de operación resulta ser una de las más peligrosas en el manejo y manufactura de líquidos inflamables.

Actualmente en la realización de proyectos de ingeniería de detalle el diseño de sistemas contra incendio puede representar muchas veces todo un

proyecto aparte por la gran cantidad de información y generación de documentos, planos y manuales que deben ser manejados y desarrollados una vez realizada gran parte de la ingeniería del proyecto.



Figura 3.19 Activación de un sistema contra incendios para el llenado de camiones.

### **3.5.16 Filosofía de Mantenimiento**

La filosofía de mantenimiento representa en un proyecto de ingeniería de detalle no solo un documento más que debe ser generado por la disciplina de ingeniería, sino por el contrario representa para el ingeniero de tuberías un conjunto de lineamientos con relación a la ubicación y colocación de equipos, accesorios, instrumentos, válvulas, plataformas, etc. en el diseño. Por otra parte su desarrollo es vital importancia una vez

construido el proyecto, porque servirá de soporte o guía al operador de planta en su trabajo pudiendo tener un mejor control en las labores de operación del proceso y al mismo efectuar eficientemente las actividades de mantenimiento en los diferentes lugares de la planta. El anexo 7 pertenece al documento designado por el número PDBB 80E.10, el cual es una de las filosofías de mantenimiento utilizadas para el diseño por la disciplina de tuberías en el proyecto Petrozuata VEHOP *Downstream*.

### **3.6 DOCUMENTOS O PRODUCTOS GENERADOS POR OTRAS DISCIPLINAS**

Los ingenieros, diseñadores y técnicos que trabajen en proyectos de ingeniería de detalle necesitan de algunos documentos que son generados por otras disciplinas, los cuales les ayudan con el trabajo de diseño, trazado, conteo de materiales y otros aspectos que conducen al desarrollo final del proyecto. Estos documentos deben ser generados en las etapas anteriores de diseño, sin embargo su última revisión en ingeniería básica deben ser emitida lo más pronto posible al comienzo de la ingeniería de detalle para no retrasar el trabajo realizado por la disciplina de tuberías y por tanto del proyecto.

Los documentos más importantes generados por otras disciplinas y utilizados por la disciplina de tuberías en su diseño son los PFD, P&ID y las hojas de datos de los equipos e instrumentos.

### **3.6.1 Diagrama de Flujo de Procesos o PFD**

Los diagramas de flujo de procesos o PFD [*Process Flow Diagram*] son documentos que se realizan al inicio del trabajo de ingeniería conceptual y básica como paso previo, indicando en ellos el proceso químico de la planta con información puntal sobre condiciones de presión, temperatura y flujo másico para cada punto o tramo del proceso que se estudia, así como también se muestra la interconexión de tuberías exclusivamente para los equipos principales. Estos documentos son elaborados y emitidos por la disciplina de procesos donde se muestra en forma básica y general el desarrollo del proceso para cada una de las plantas ó unidades a ser diseñadas en la ingeniería de detalle. Su contenido es esquemático mostrando solo equipos mayores, líneas de tuberías de procesos de grandes diámetros y la instrumentación básica. El anexo 8 muestra un claro ejemplo de este tipo de diagrama de flujo de procesos o PFD, mostrando tanto los equipos principales, como las condiciones de operaciones que son requeridas por el proceso.

### **3.6.2 Diagrama de Tuberías e Instrumentación o P&ID**

Siendo uno de los diagramas más utilizados por la disciplina de tuberías a lo largo del desarrollo del trabajo de diseño de tuberías los llamados P&ID [*Piping & Instrumentation Diagram*] o Diagramas de Tuberías e Instrumentación vienen a ser uno de los productos más importantes del

proyecto, los cuales son generados en la etapa de ingeniería básica por la disciplina de procesos. Es allí donde se realizan los primeros P&ID preliminares, que posteriormente serán revisados en la etapa ingeniería de detalle en conjunto con los demás documentos de diseño. En estos planos o diagramas se muestra el proceso de manera detallada y esquemática, donde se indica además toda la información con respecto a los equipos, mayores y menores con sus respectivas conexiones de tuberías, números de líneas, válvulas, conexiones especiales y algunos accesorios como figuras en ocho, bridas ciegas, reductores, además de drenajes, venteos y toda la instrumentación asociada a cada uno de los equipos presentes. Su aplicación en tuberías es de suma importancia para el diseño, ya que ayuda a configurar la información en el arreglo final de las tuberías junto con otros documentos como los planos de planta, isométricos, etc., los cuales son utilizados a lo largo de todo el proyecto por la disciplina de tuberías y el resto de las demás disciplinas, como las disciplinas de instrumentación y electricidad entre otras.

El anexo 9 pertenece a los P&ID del proyecto Petrozuata VEHOP *Downstream* para la unidad de regeneración de amina unidad 33 ARU y la unidad de separación de aguas ácidas unidad 34 SWS respectivamente, allí se observa de manera detallada cada uno de los equipos, líneas de tuberías, instrumentos y otras informaciones de carácter relevante para el diseño.

### **3.6.3 Hojas de Datos o *Data Sheet***

Representan un documento de ayuda para el diseño en la ubicación y colocación de boquillas e instrumentos en los equipos, el cual es emitido por las disciplinas de mecánica equipos y la disciplina de instrumentación. Estos documentos contienen información enviadas por los fabricantes acerca de datos, dimensiones componentes y cálculos de fabricación de todos los equipos e instrumentos que deben ser colocados en el diseño. El anexo 10 pertenece a una hoja de datos de la empresa Tecnofluor para un intercambiador de calor de carcasa y tubo *Heat Exchanger* pertenecientes al proyecto LFAY de Lagoven, en el sistema se muestra con exactitud las dimensiones del equipo, así como también la separación y ubicación de soportes y boquillas presentes; por otro lado se indica además las condiciones de operación, peso, manejo de líquido, condensado, parámetros de construcción y otras notas de importancia para su diseño o modelaje en la maqueta electrónica.

## **3.7 ELEMENTOS DE DISEÑO**

Los elementos de diseño constituyen en los proyectos un apoyo para la generación o emisión los documentos o productos que son requeridos en el proyecto. Los elementos de diseño pueden ser también formatos y documentos que son realizados por cada departamento o disciplina por

separado con un solo propósito, servir de base al desarrollo de los documentos principales mencionados anteriormente, quedando así como constancia del trabajo realizado. El ingeniero utiliza y en algunos casos desarrolla estos tipos de documentos los cuales le sirven como soporte y verificación de su trabajo de diseño. Los departamentos de ingeniería de las distintas empresas consultoras tienen normalizados dichos documentos denominados elementos de diseño, los cuales son utilizados en distintos proyectos de ingeniería de detalle, sin embargo puede darse el caso de desarrollar otros documentos que se ajusten al requerimiento del trabajo, dependiendo del tipo de proyecto que debe ser realizado. Entre los elementos de diseño empleados por la disciplina de tuberías están las listas de chequeo, los criterios de diseño, los detalles típicos y todo lo correspondiente a tablas, estándares y normas de diseño, las hojas de *Sketch* de isométricos y de conteo preliminar de materiales MTO también forman parte de estos elementos de diseño.

### **3.7.1 Listas de Chequeo**

Las listas de chequeo constituyen un documento de importancia para el trabajo del ingeniero de tuberías en el proyecto, ya que además de servir de constancia en la labor de trabajo realizado, se utiliza también como soporte al momento de hacer la verificación de los detalles que se presentan en los planos y documentos oficiales que serán entregados al cliente. Estas

listas se generan luego de un análisis efectuado a los planos y documentos que se van a generar, adaptándolos de acuerdo con los requerimientos de chequeo que deba hacerse, colocando en ellos los tópicos de mayor relevancia e importancia que deban ser chequeados. El anexo 11 contiene algunos tipos de formatos de lista de chequeo, adaptados cada uno a los requerimientos de revisión del proyecto.

### **3.7.2 Detalles Típicos**

En los trabajos de ingeniería, los detalles típicos utilizados para cada proyecto son similares unos a otros en cuanto a su diseño, ya que sabemos que su trabajo se realiza a través del uso de normas y estándares. Los detalles típicos representan toda la simbología utilizada, la cual está definida a través de una librería en los programas de diseño como *AutoCad* o *Microstation*, o bien en PDS, utilizadas como plantillas para el diseño de conexiones, válvulas y accesorios en *Sketch* y planos maestros de tuberías. Los detalles típicos pueden ser también representados para un equipo o instrumento específico como un arreglo de tuberías típico para conexiones de bombas, sistemas de alivio, estaciones de utilidad y servicios, drenajes y venteos, estaciones de control, soportería o duchas de lavado y seguridad, los cuales representan un modelo para las demás situaciones similares que se presentan en el diseño. Estos accesorios por lo general se encuentran normalizados en detalles típicos que son utilizados en los proyectos. El

anexo 12 muestra una variedad de detalles típicos aplicados en el trabajo de desarrollo de ingeniería de detalle.

### **3.7.3 Tablas, Normas y Estándares de Diseño**

Como se dijo en un principio el uso de tablas, normas y estándares son elementos de diseño que se emplean en el desarrollo de proyectos de ingeniería con el propósito de unificar y normalizar las dimensiones para los arreglos y trazados de tuberías y accesorios en el diseño que se realiza. Las tablas pueden ser utilizadas en el diseño para diferentes aplicaciones, como por ejemplo para ubicar o verificar las dimensiones de algún elemento como válvulas o accesorios de tuberías o simplemente para llevar controles de progreso, control de materiales, listado de soportes, equipos etc. Por el contrario las normas y estándares de diseño son empleados de acuerdo con el tipo e importancia del proyecto, ya que muchas veces en algunas empresas de construcción cuando se trata de proyectos pequeños, no realizan el trabajo de ingeniería previa, por lo cual no puede asegurarse que se cumplió con el uso de normas y estándares en su diseño. Los códigos de estas normas y estándares pueden ser de origen nacional o internacional, como por ejemplo la norma nacional PDVSA EM-18-07/02 para tuberías y accesorios bridados de acero al carbono y su homóloga internacional ANSI B16.5 que son utilizadas para el mismo fin. El anexo 13 contiene un listado de código de las normas internacionales más importantes utilizadas por la

disciplina de tuberías ANSI, ASTM, API. Además se presenta un estándar de la empresa CONOCO para el diseño de los instrumentos de vidrios de nivel o *Level Bridles*, así como también una tabla para el cálculo de bridas en acero forjado en distintos *Rating* de trabajo según la norma ANSI.

#### **3.7.4 Hojas para Bocetos o *Sketch* y Conteo Preliminar de Materiales**

El otro tipo de elemento de diseño lo constituye las hojas para la elaboración de bocetos o *Sketch* de isométricos que vienen a ser unos diagramas preliminares de diseño y también las hojas utilizadas para el conteo preliminar de los materiales presentes en los planos e isométricos del área de estudio. Estos documentos son muy utilizados en proyectos de ingeniería y sobre todo cuando se realiza un megaproyecto como este, donde se generan una gran cantidad de información que debe ser llevada de manera ordenada y organizada para cada área de trabajo, requiriendo por tanto el uso de diferentes hojas de trabajo.

El anexo 14 representa algunos de estos elementos de diseño, utilizados por el ingeniero de tuberías para su trabajo diario. En primer lugar se muestran las hojas para realizar los *Sketch* de tuberías para la elaboración detallada de los isométricos de líneas, así como también las hojas para hacer de manera manual, un conteo preliminar de materiales para un área, plano ó isométrico específico.

### 3.8 ANALISIS DE RIESGOS (HAZOP)

En todo proyecto de ingeniería una vez emitido gran parte de los documentos exigidos en su parte final requiere realizar un taller práctico o una reunión de análisis de riesgos o *Hazop* por sus siglas en ingles [*Hazard Operation*] para evaluar el grado de peligrosidad en la operación de trabajo de la planta. Estas reuniones involucran la presencia de un experto en este tipo de análisis de riesgo como moderador del taller, junto con el cliente y un representante por cada disciplina, líderes, diseñadores, así como también con la presencia de algunos miembros de la gerencia del proyecto.

La reunión comienza entregando a los participantes una copia con toda la descripción del proceso de la planta en cuestión de forma minuciosa, indicando parámetros de presión, temperatura, flujo másico y otros puntos que se consideren relevante resaltar. Por otra parte se colocan en la pared todos los P&ID de manera secuencial para comenzar con el análisis de cada tramo de tubería, equipos e instrumentos y sus implicaciones de seguridad al momento de estar en operación.

Entre los puntos tratados en esta reunión figuran preguntas como por ejemplo: ¿Qué pasaría si la válvula de alivio correspondientes a determinado equipo no funcionara?, ¿Qué grado de riesgo ocasionaría la falta de apertura de la válvula?, ¿Cómo debe ser resuelto el problema para evitar que suceda en la practica?, ¿Existe otro elemento que se ponga en riesgo por la

ausencia de apertura de la válvula?. Estas pueden ser algunas de las preguntas que se realizan en un taller de análisis de riesgos o *Hazop*, las cuales son sometidas a consideración por parte del personal asistente y así mismo, debe hacerse para cada elemento de la planta que se considere de riesgo desde el punto de vista operacional.

### **3.9 CRITERIOS DE DISEÑO**

Los trabajos de ingeniería de detalle requiere en algunos casos utilizar una serie de criterios de diseño, desarrollados por la práctica de algunos especialistas, ingenieros, proyectistas y técnicos, con el objeto de satisfacer las condiciones de diseño y desarrollar el trabajo con mayor celeridad y control en sus actividades. En algunos casos estos criterios de diseño fueron establecidos como normas internacionales para la práctica de la ingeniería en el ámbito mundial, siendo utilizados por la mayor parte de los ingenieros que laboran en proyectos para empresas consultoras.

Entre los criterios de diseño más utilizados se encuentran aquellos empleados para la selección, ubicación, montaje y mantenimiento de tuberías, accesorios e instrumentos, los cuales forman parte de un conjunto de aplicaciones que debe tener siempre presente el ingeniero de tuberías para la realización de su trabajo. Las practicas estandarizadas de tuberías establecidas en cada país son actualmente aceptadas en todo el mundo, en

contraste con lo que sucedía hace treinta o cuarenta años, cuando cada diseñador de planta tenía cuidadosamente guardado sus propios criterios de diseño.

El diseñador puede, actualmente con toda confianza especificar para una moderna planta de procesos, todas aquellas prácticas y criterios de diseño en una amplísima gama que satisfaga cualquier tipo de condiciones de operación. Un diseñador con este grado de libertad puede aplicar su mejor talento a un cuidadoso diseño de sistemas de tuberías que mejor se adapten a las necesidades específicas del proceso. En la figura 3.20 se presentan los criterios de selección de materiales que serán fabricados posteriormente en campo o en taller. Este es el caso, cuando se desea clasificar los materiales de un isométrico, utilizando este criterio. Para el caso del *ítem #1* para las tuberías, el criterio que se adopta es: 1) para tuberías mayores a 2", la fabricación de los *Spools* se realiza en taller o *Shop* y 2) para tuberías menores a 2", se fabrica el *Spool* directamente en campo o *Field* seleccionando de esta manera la tubería en la lista de materiales de los isométricos.

**LASMO PMC**  
**PIPING**  
 REV: A-0  
 DATE: 29-OCT-2000

### FIELD & SHOP PIPING MATERIAL CRITERIA

#	FIELD		SHOP	
	ESPAÑOL	ENGLISH	ESPAÑOL	ENGLISH
1	Tuberías Roscadas	Threaded Pipe	Tubería soldada butt weld	Butt weld Pipe
2	Válvulas Bridadas	Flanged Valves	Tubería soldada socket weld	Socket weld Pipe
3	Válvulas Roscadas	Threaded Valves	Válvulas soldadas SW	Socket weld Valves
4	Empacaduras	Gaskets	Válvulas soldadas por roscadas SWxNPTF	Socket weld x Threaded Valves
5	Esparragos	Stud Bolts	Socketlet, weldolet, threadolet	Socketlet, weldolet, threadolet
6	Figuras en ocho y espaciadores	Spectacle Blinds and Spacers	Accesorios Butt Weld	Butt weld fittings
7	Filtros Bridados	Flanged Strainers	Accesorios Socket Weld	Socket weld fittings
8	Tuberías Random Length (longitud mayor a 12m)	Random Length Pipe (length above of 12m)	Bridas Soldadas WN	Welding Neck Flanges
9	Accesorios roscados	Threaded fittings	Bridas Soldadas SW	Socket weld Flanges

Figura 3.20 Criterio de diseño para la selección de material en *Field & Shop*.

### **3.10 MODELO ELÉCTRÓNICO DE LA PLANTA DE AMINA**

Para la última fase de diseño, el modelo electrónico se encuentra totalmente diseñado con todos los equipos, tuberías e instrumentos que contenga la planta. Para este momento se realiza una revisión general para verificar si fueron incorporados en el modelo electrónico todos los comentarios anteriores, interferencias, y cualquier otro cambio, previsto en las sesiones anteriores, con el objeto de imprimir todos los planos ortogonales, elevaciones e isométricos de dicho modelo.

En el anexo 15 contiene varias vistas o fotos en diferentes ángulos del modelo o maqueta electrónica de la planta de regeneración de amina (unidad 33) y la unidad de separadora de aguas ácidas (unidad 34), donde se aprecian con detalle las tuberías, válvulas, accesorios, instrumentos y equipos que comprenden cada una de las sud-áreas de la planta.

## CONCLUSIONES

## CONCLUSIONES

- Se logra establecer los conceptos, formatos y todos aquellos documentos que intervienen en desarrollo de ingeniería de detalle para un determinado proyecto, a través del trabajo específico que debe efectuar el ingeniero mecánico bajo la disciplina de tuberías.
- Se pudo determinar el análisis químico para un proceso de regeneración de amina y separación de aguas ácidas, el cual fue tomado como modelo de trabajo en su desarrollo de ingeniería de detalle para el proyecto Petrozuata VEHOP *Downstream*.
- Se obtuvo la información correspondiente a los principales documentos o productos que deben ser generados por la disciplina de tuberías en la etapa de ingeniería de detalle, los cuales servirán de patrón o guía, como herramienta de trabajo para el desarrollo de otros proyectos de ingeniería.
- Se logra proporcionar algunos criterios de diseño de importancia utilizado en un proyecto de ingeniería de detalle en relación con la selección de materiales, ubicación, montaje y mantenimiento de tuberías y accesorios utilizados en plantas petroleras.

## RECOMENDACIONES

## RECOMENDACIONES

- En el desarrollo de un trabajo ingeniería es recomendable seguir la secuencia de cada una de las etapas de ingeniería previas a su construcción, la cual es independientemente de la naturaleza del proceso. Por lo tanto es importante realizar la ingeniería a un determinado proyecto, ya que ayuda a prevenir futuras fallas de diseño que muchas veces son ocasionadas por la improvisación en los trabajos de montaje y construcción, evitando también un incremento en los costos por retrabajos o malas practicas de ingeniería.
  
- Cuando se hacen los proyectos en su etapa de ingeniería de detalle, los distintos formatos empleados en el trabajo varían de forma de acuerdo a la magnitud del proyecto y a la empresa que lo realiza, sin embargo la mayor parte de los documentos presentados son utilizados en la ingeniería de consulta sin importar el tipo de proyecto, recordando que solo se trata de una guía para su trabajo.
  
- A pesar que la planta de regeneración de amina y separación de aguas ácidas utilizada como referencia para la elaboración de esta tesis estuvo basado en una estructura de modelo electrónico en PDS, la información

suministrada con relación a los documentos que deben ser generados en la etapa de ingeniería de detalle no cambia; sin embargo se hizo énfasis sobre los aspectos que intervienen en las actividades que se desarrollan para el trabajo realizado en forma manual por el ingeniero, es decir sin utilizar ningún software como herramienta como soportes de trabajo, a objeto de poder ser utilizado este trabajo en proyectos pequeños de ingeniería de detalle.

## BIBLIOGRAFÍA

## BIBLIOGRAFÍA

- ACEVEDO, R. y RIVAS, J. (1984). *Técnicas de Documentación e Investigación II*. (5<sup>ta</sup>. Edición). Caracas: Publicaciones Universidad Nacional Abierta.
- ALIBRANDI, G. (1991). *Maqueta Plástica*. Revista Tecnoconsult y Usted. Volumen 1 Año 5, (Ejemplar\_Nº 11), paginas 9-12.
- ARIAS, F. (1999). *El Proyecto de Investigación Guía para su Elaboración*. (3<sup>ra</sup>. Edición). Caracas: Editorial Episteme.
- BAUSBACHER, E. y HUNT, R. (1990). *Process Plant Layuot and Piping Desing*. (2<sup>da</sup>. Edición). New York: Auerbach Publishers.
- CARRIZO, J. (1994). *Manual de Flexibilidad*. (1<sup>ra</sup>. Edición). Caracas: Tecnoconsult Ediciones.
- FORONDA, E y ECHAVEZ, R. (1994). *Diccionario Larousse de Lengua Española*. (2<sup>da</sup>. Edición). Mexico: Larousse Planeta S.A.
- GUTIERREZ, N. J. (1983). *Diseño y Construcción de una Unidad Medidora de Viscosidad Absoluta y Cinemática para Aceites Lubricantes*. Tesis de Grado no publicada, Universidad Nacional Experimental del Táchira UNET, Táchira.
- MENDEZ, C. (1997). *Metodología*. (2<sup>da</sup>. Edición). Colombia: Editorial McGraw-Hill.

MEYERS, R. (1990). *Handbook of Petroleum Refining Process*. (2<sup>da</sup>. Edición). USA: Editorial McGraw-Hill.

LASSARAT, T. (1987). *Manual de Ingeniería de National Foam*. (1<sup>ra</sup>. Edición). Pennsylvania: Literaria de National Foam System INC.

PRITCHAD, D. (1987). *Diccionario Pocket*. (5<sup>ta</sup>. Edición). Mexico: Ediciones Larousse, S.A.

RASE, H. (1983). *Diseño de Tuberías para Plantas de Proceso*. (2<sup>da</sup>. Edición). Madrid: Editorial Blume.

ROSSET, F. (1986). *Pipe Handbook Hydrocarbon Processing*. (3<sup>ra</sup>. Edición). New York: Gulf Publishig Company.

SHANWOOD, D. (1976). *The Piping Guide*. (2<sup>da</sup>. Edición). San Francisco: Syentek Books Company.

TROUVAY, J. & CAUVIN. G. (1998). *Piping Equipmet Material Petrole*. (5<sup>ta</sup>. Edición). Francia: Edition Fóvrier.

## GLOSARIO

## GLOSARIO

<b>Aguas Acidas:</b>	Son el resultado de aguas que están en contacto con hidrocarburos que contienen H <sub>2</sub> S, conteniendo estos diferentes componentes químicos tales como fenoles, cianida, CO <sub>2</sub> , sales y ácidos.
<b>Amina:</b>	Compuesto orgánico derivado del amoníaco por sustitución de uno o dos átomos de hidrogeno por radicales alifaticos o aromáticos.
<b>Análisis:</b>	Descomposición de un todo en sus partes para su estudio.
<b>ANSI:</b>	American National Standards Institute.
<b>API:</b>	American Petroleum Institute.
<b>ARU:</b>	Amine Regeneration Unit.
<b>ASME:</b>	American Society of Mechanical Engineers.
<b>ASTM:</b>	American Society Testing Materials.
<b>AWWA:</b>	American Water Works Association.
<b>Centerline:</b>	Línea del centro para ubicar los equipos en planos e isometricos.
<b>Clasificación:</b>	Distribución de los datos en grupo según su tipo: cualitativos y cuantitativos.
<b>Clauss Burner:</b>	Quemador de cámara de tres etapas para el H <sub>2</sub> S.
<b>Codificación:</b>	Es formar un solo cuerpo legal siguiendo un plan metódico y sistemático.
<b>Codificación:</b>	Asignación de un código o número convencional a cada uno de los valores que pueda asumir una variable.
<b>Contexto:</b>	Entorno físico o situación histórica, política o

socioeconómica que se considera el echo.

<b>DIN:</b>	Deutsche Industrie Normen.
<b>Documento:</b>	Soporte material de una información que constituye una fuente de consulta.
<b>Downstream:</b>	Término utilizado para definir el alcance de los procesos, en este caso aguas abajo.
<b>Dummy:</b>	Soporte metálico que se utiliza como apoyo de tuberías.
<b>Escala:</b>	Distribución progresiva de distintos valores o medidas.
<b>Esquema:</b>	Secuencia organizada de títulos y subtítulos de los elementos integrantes de un texto.
<b>Estaciones de Utilidad y Servicios:</b>	Se refiere a puntos ubicados en lugares estratégicos de la planta, con el objeto de brindar ayuda al usuario de mantenimiento.
<b>Extrapesados:</b>	Referido al petróleo o crudo
<b>Flare:</b>	Quemador o mechero de gases residuales en un proceso químico.
<b>Horas Hombre:</b>	Medición del gasto en horas en los trabajos de ingeniería, para el diseño o construcción de una planta.
<b>Hot Taps:</b>	Conexión de un ramal con una tubería principal, realizado sin suspender el servicio de la línea que se taladra.
<b>Ingeniería de Detalle:</b>	Etapas de desarrollo de un proyecto seguida de la ingeniería básica en donde se realizan las especificaciones, se hacen los cálculos y se desarrolla el diseño completo del proyecto en estudio

de manera específica detallando cada uno de los puntos en los cuales está previsto hacerse para su posterior construcción.

<b>JIS:</b>	Japan Institute of Standards.
<b>Large Bore:</b>	Calibre de una tubería después de ser taladrada o diámetro interior del agujero.
<b>Layout:</b>	Disposición o distribución de un arreglo de tuberías.
<b>LPG:</b>	Proceso de gas licuado [Liquid Process Gas]
<b>Manifold:</b>	Referido en tuberías a una estación de control.
<b>Megaproyecto:</b>	Proyecto de ingeniería de muy grandes proporciones.
<b>Mercaptan:</b>	Compuesto químico utilizado en los procesos de extracción de crudos.
<b>Metodología:</b>	Término que posee distintas acepciones: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estudio o tratado de método.</li> <li>- Conjunto de métodos empleados.</li> <li>- Serie de técnicas, instrumentos y procedimientos utilizados en una investigación.</li> </ul>
<b>Módulo:</b>	Unidad tomada para medir la proporción entre las dimensiones de los elementos de un cuerpo.
<b>NACE:</b>	National Association of Corrosion Engineers.
<b>P&amp;ID:</b>	Piping & Instrumentation Diagram.
<b>Pad:</b>	Soporte que se utiliza como cojín o almohadilla.
<b>PFD:</b>	Process Flow Diagram.
<b>PFI:</b>	Pipe Fabrication Institute.
<b>Piperack:</b>	Estructura que soportan varias tuberías dentro de una planta.
<b>Pipeway:</b>	Estructura que soportan tuberías que unen varias plantas.

<b>Ppm:</b>	Partes por millón
<b>Procura:</b>	Relativo a la compra o adquisición de materiales e insumos en un proyecto de ingeniería de detalle.
<b>Proyecto Factible:</b>	Propuesta de acción para resolver un problema práctico o satisfacer una necesidad.
<b>Proyectos Multidisciplinarios:</b>	Son aquellos proyectos de ingeniería realizado por empresas consultoras, en donde intervienes distintas disciplinas tales como: civil, mecánica equipos y tuberías, procesos, instrumentación y electricidad, las cuales se reúnen aportando cada una de ellas su conocimiento y experiencia para la resolución de los problemas presentados en un determinado proyecto.
<b>Pumparound Cooling:</b>	Circuito cerrado de enfriamiento de bombeo
<b>Raiting:</b>	Parámetro establecido entre la temperatura y presión que puede soportar una tubería.
<b>Reboilers:</b>	Recalentadores utilizados en le proceso de regeneración de amina.
<b>Regeneración de Amina:</b>	Proceso utilizado para remover el Sulfuro de Hidrogeno (H <sub>2</sub> S) presente en el crudo, luego de ser este endulzado con amina con el objeto de evitar la corrosión en las tuberías por la alta concentración de azufre que se genera en el proceso de transformación y manejo de crudo extrapesado.
<b>Registro:</b>	Indicación del número de veces que ocurre un hecho o fenómeno.
<b>SAE:</b>	Society of American Engineer.
<b>Schedule:</b>	Parámetro que relaciona los diámetros y espesores

	de una tubería.
<b>Sistemas de Tuberías:</b>	Son todas aquellas interconexiones de tuberías y accesorios que deben hacerse entre los equipos que integran un proceso industrial determinado, con el objeto de transportar e intercambiar sus fluidos de un sitio a otro a través de ramales constituidos por elementos propios diseñados para tal fin.
<b>Sketch:</b>	Diseño, esbozo, croquis, descripción a grandes rasgos de un trazado de tuberías en isométrico.
<b>Spool de Tubería:</b>	Bobina o muñeco que se forma con la unión de tuberías y accesorios para ser fabricado de acuerdo al diseño del isométrico.
<b>Superclauss:</b>	Quemador de cámara final.
<b>SWS:</b>	Sour Water Stripper.
<b>Tag:</b>	Etiqueta punto o identificación de un elemento en el diseño.
<b>Tesis:</b>	Producto de una investigación rigurosa y original, que se presenta para optar por el título de doctor o especialista.
<b>Tie-in:</b>	Unir o empatar un tramo de tubería con otra, dejando un ramal para una futura conexión.
<b>Tracking:</b>	Localización o seguimiento de un proyecto.
<b>Trazas de Vapor:</b>	Tuberías pequeñas contenidas de vapor, para mantener la temperatura del fluido de otra tubería que se encuentra paralela y muy junta a ella.
<b>UL:</b>	Underwriters Laboratories, INC
<b>Vendor:</b>	Referido a los planos de vendedores y fabricantes de equipos.

<b>Vessel:</b>	Tanque, recipiente o contenedor horizontal.
<b>Yellow Off:</b>	Conocido como amarillado y se refiere al proceso que se realiza para conformar la revisión del diseño de ingeniería aplicando el código de colores internacional.

## ANEXOS

## ANEXO 1

**ESPECIFICACIONES DE MATERIALES DE  
PDVSA: AA2, PARA ACEROS AL CARBONO 150 RF.**

 <b>PDVSA</b>	<b>ESPECIFICACION DE INGENIERIA</b>		<b>PDVSA H-221</b>	
	<b>MATERIALES DE TUBERIAS</b>		REVISION	FECHA
			0	JUN.92
		Página		98

.Menú Principal

Indice manual

Indice volumen

Indice norma

## ESPECIFICACION DE LINEA BA2

### CLASE 300 RF – ACERO AL CARBONO

<b>SERVICIO</b> (NOTA 5)	Como se menciona en el Indice de Servicios	
<b>LIMITES DE PRESION/TEMPERATURA</b>	42 kg/cm <sup>2</sup> a 261 °C, 35 kg/m <sup>2</sup> a 399 °C	
<b>CORROSION PERMITIDA</b>	0,125"	
<b>TUBERIA</b>	1/2" a 2"	Sch. 160 Extremo plano A106 Gr. B, sin costura
	3" a 6"	Sch. 80 Extremo biselado A53 Gr. B, sin costura
	8" a 14"	Sch. 60 Extremo biselado A53 Gr. B, sin costura
	16" a 24"	Sch. 40 Extremo biselado A53 Gr. B, sin costura
<b>NIPLES</b>	1/2" a 2"	Sch. 160 A106 Gr. B, sin costura
<b>BRIDAS</b> (NOTA 1)	<b>Clase 300 RF, A105, acabado 125 – 200 AARH</b>	
	1/2" a 2"	Enchufe Soldado (maquinado internamente para igualar el D.I. del tubo)
	3" a 24"	Cuello soldado (maquinado internamente para igualar el D.I. del tubo)
<b>BRIDAS DE ORIFICIOS</b>	<b>Clase 300 RF, A105, Acabado 125 – 200 AARH</b>	
	1 1/2" a 12"	Cuello Soldado (maquinado internamente para igualar el D.I. del tubo)
	14" a 24"	Bridas de cuello soldado con tomas de tubería
<b>ACCESORIOS</b>	<b>A105</b>	
	1/2" a 2"	Enchufe soldado 6000#
	<b>A234 Gr. WPB</b>	
	3" a 24"	Soldadura a tope o sin costura, Sch. que calce el tubo.
<b>EMPAQUETADURAS</b>	Devanada en espiral, 304 SS, rellena de asbesto Flexitallic CG o equivalente	
<b>PERNOS</b>	Acero de aleación, espárragos A193 Gr. B7; tuercas pesadas hexagonales A194 Gr. 2H.	
<b>VALVULAS</b>	<b>Clase 800, extremos de enchufe soldado, A105, guarnición 13 Cr., asientos duros</b>	
Tamaño Pequeño (NOTAS 2 y 3)	1/2" a 2"	Compuerta (cuña sólida) Vogt SW 12111
	1/2" a 2"	Globo (disco suelto) Vogt SW 12141
	1/2" a 2"	Retención (bola) Edwards 832Y

## ANEXO 2

**ESPECIFICACIONES DE MATERIALES DE  
CONTRINA: 1C01A, PARA ACEROS AL  
CARBONO 150 RF**

DATE: 23 OCT 98

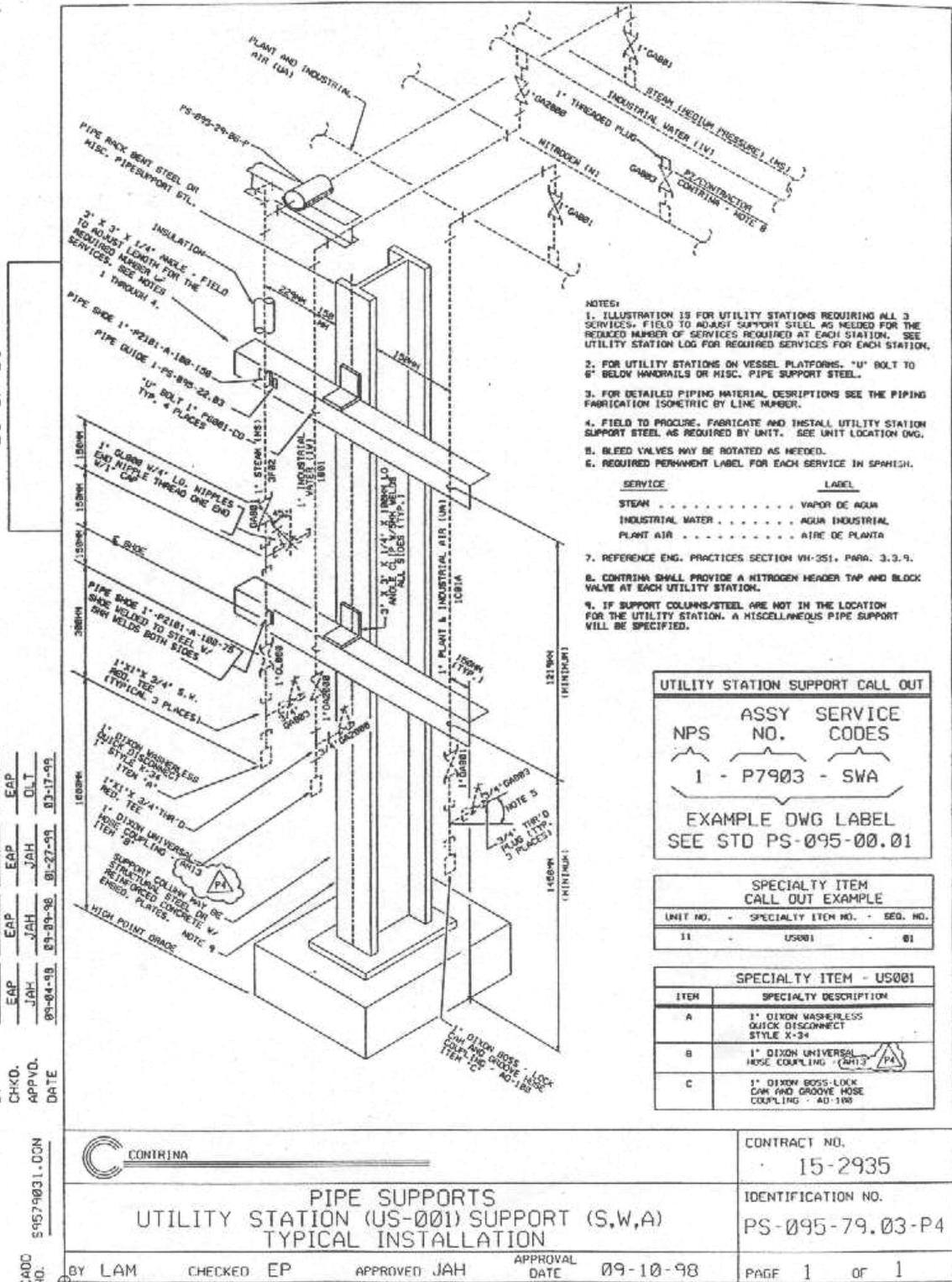
<b>SERVICE</b> FLARE SYSTEM, FLUSH OIL SUPPLY, FUEL GAS, HYDROCARBONS, LUBE OIL RETURN, NATURAL GAS, NITROGEN, OILY WATER, PLANT AIR AND SLOP OIL.	FLG RATING: ASME CLASS 150 FLG FACING: RF CORR. ALLOW: 0.125" (0.10" MIN) MAX. PRESS: ASME B16.5 TEMP RANGE: (-20 TO 850) DEG F PIPE MATL: CARBON STEEL VALVE TRIM: 13 CR/11FS DESIGN CODE: ASME B31.3 1996
	<b>DESIGN NOTES</b> 1. Stress relief: None required. NDE per ASME B31.3. 2. Refer to VH-251 for process and utility piping design requirements. 3. Refer to VHF-201 for instruments piping design and instrument installation. 4. See detail valve description for the commodity code indicated in engineering specifications VHA-211-1 through VHA-211-7.
CLIENT: CONSORCIO CONTRINA PROJECT: 152935 LOCATION: Jose, Venezuela	

CODE	ENCODE	SIZE	RATING	DESCRIPTION	NOTES	REV
<b>GATE VALVES</b>						
GA801 V01010108000801	VG	1/2-2	CLASS 800	GATE VALVE, BOLTED BONNET, STEEL, ASTM A105, SW, CLASS 800, API TRIM 8 (F6 AND HARD FACED), HANDWL OPER		
GA104 V0502F301000801	VG	3-24	CLASS 150	GATE VALVE, BOLTED BONNET, FULL PORT, STEEL, ASTM A216 GR WCB, RF FLANGED, CLASS 150, API TRIM 8 (F6 AND HARD FACED), HANDWL OPER		
GA100 V0101F301000801	VG1	1/2-2	CLASS 150	GATE VALVE, BOLTED BONNET, STEEL, ASTM A105, RF FLANGED, CLASS 150, API TRIM 8 (F6 AND HARD FACED), HANDWL OPER	W15	
GA803 V01010308000801	VG3	1/2-2	CLASS 800	GATE VALVE, BOLTED BONNET, STEEL, ASTM A105, SW X FPT, CLASS 800, API TRIM 8 (F6 AND HARD FACED), HANDWL OPER	W06	
GA304 V0502F303000801	VG3	3-24	CLASS 300	GATE VALVE, BOLTED BONNET, FULL PORT, STEEL, ASTM A216 GR WCB, RF FLANGED, CLASS 300, API TRIM 8 (F6 AND HARD FACED), HANDWL OPER	W26	4
GA104 GO V0502F301000820	VGG	10-24	CLASS 150	GATE VALVE, BOLTED BONNET, FULL PORT, STEEL, ASTM A216 GR WCB, RF FLANGED, CLASS 150, API TRIM 8 (F6 AND HARD FACED), BEVEL GEAR OPER.	W26	
GA108 GO V0502F901000820	VGG	26-36	CLASS 150	GATE VALVE, BOLTED BONNET, FULL PORT, STEEL, ASTM A216 GR WCB, RF FLANGED, ASME B16.47 SERIES B, CLASS 150, API TRIM 8 (F6 AND HARD FACED), BEVEL GEAR OPER.	W26	4
<b>GLOBE VALVES</b>						
GL800 V01610108000801	VL	1/2-2	CLASS 800	GLOBE VALVE, BOLTED BONNET, STEEL, ASTM A105, SW, CLASS 800, API TRIM 8 (F6 AND HARD FACED), HANDWL OPER		
GL101 V0561F301000801	VL	3-12	CLASS 150	GLOBE VALVE, BOLTED BONNET, STEEL, ASTM A216 GR WCB, RF FLANGED, CLASS 150, API TRIM 8 (F6 AND HARD FACED), HANDWL OPER	W94	
GL101 GO V0561F301000820	VLG	10-12	CLASS 150	GLOBE VALVE, BOLTED BONNET, STEEL, ASTM A216 GR WCB, RF FLANGED, CLASS 150, API TRIM 8 (F6 AND HARD FACED), BEVEL GEAR OPER.	W26 W94	
<b>CHECK VALVES</b>						
CH800 V01CH0108000800	VC	1/2-2	CLASS 800	CHECK VALVE, PISTON, BOLTED BONNET, STEEL, ASTM A105, SW, CLASS 800, API TRIM 8 (F6 AND HARD FACED)	036	
CH101 V05E1F101000100	VC	3-24	CLASS 150	CHECK VALVE, WAFER, DUAL PLATE, STEEL, ASTM A216 GR WCB, RF, CLASS 150, API TRIM 1 (13% CR)	W07	

JOB 152935	DOCUMENT NO: CVII-221	Page 2
Contrina	PIPING MATERIAL CLASS: 1C01A	Rev 4

## ANEXO 3

**ESTANDAR DE SOPORTES *PIPE SUPPORT*.**



- NOTES:
- ILLUSTRATION IS FOR UTILITY STATIONS REQUIRING ALL 3 SERVICES. FIELD TO ADJUST SUPPORT STEEL AS NEEDED FOR THE REDUCED NUMBER OF SERVICES REQUIRED AT EACH STATION. SEE UTILITY STATION LOG FOR REQUIRED SERVICES FOR EACH STATION.
  - FOR UTILITY STATIONS ON VESSEL PLATFORMS, "U" BOLT TO 6" BELOW HANDRAILS OR MISC. PIPE SUPPORT STEEL.
  - FOR DETAILED PIPING MATERIAL DESCRIPTIONS SEE THE PIPING FABRICATION ISOMETRIC BY LINE NUMBER.
  - FIELD TO PROCURE, FABRICATE AND INSTALL UTILITY STATION SUPPORT STEEL AS REQUIRED BY UNIT. SEE UNIT LOCATION DWG.
  - BLEED VALVES MAY BE ROTATED AS NEEDED.
  - REQUIRED PERMANENT LABEL FOR EACH SERVICE IN SPANISH.
- | SERVICE          | LABEL           |
|------------------|-----------------|
| STEAM            | VAPOR DE AGUA   |
| INDUSTRIAL WATER | AGUA INDUSTRIAL |
| PLANT AIR        | AIRE DE PLANTA  |
- REFERENCE ENG. PRACTICES SECTION WH-351, PARA. 3.3.9.
  - CONTRINIA SHALL PROVIDE A NITROGEN HEADER TAP AND BLOCK VALVE AT EACH UTILITY STATION.
  - IF SUPPORT COLUMNS/STEEL ARE NOT IN THE LOCATION FOR THE UTILITY STATION, A MISCELLANEOUS PIPE SUPPORT WILL BE SPECIFIED.

UTILITY STATION SUPPORT CALL OUT		
NPS	ASSY NO.	SERVICE CODES
1	P7903	SWA

EXAMPLE DWG LABEL  
SEE STD PS-095-00.01

SPECIALTY ITEM CALL OUT EXAMPLE		
UNIT NO.	SPECIALTY ITEM NO.	SEQ. NO.
11	US001	01

SPECIALTY ITEM - US001	
ITEM	SPECIALTY DESCRIPTION
A	1" DIXON WASH-LESS QUICK DISCONNECT STYLE X-34
B	1" DIXON UNIVERSAL HOSE COUPLING (PA13)
C	1" DIXON BOSS-LOCK CAM AND GROOVE HOSE COUPLING - AD-100

CHKD.	APPVD.	DATE	EAP	EAP	EAP	DLT
			JAH	JAH	JAH	
			89-04-98	89-27-99	89-27-99	83-17-99

CADD NO. S9579031.DGN

CONTRINIA

PIPE SUPPORTS  
UTILITY STATION (US-001) SUPPORT (S,W,A)  
TYPICAL INSTALLATION

CONTRACT NO. 15-2935

IDENTIFICATION NO. PS-095-79.03-P4

BY LAM CHECKED EP APPROVED JAH APPROVAL DATE 09-10-98

PAGE 1 OF 1

## ANEXO 4

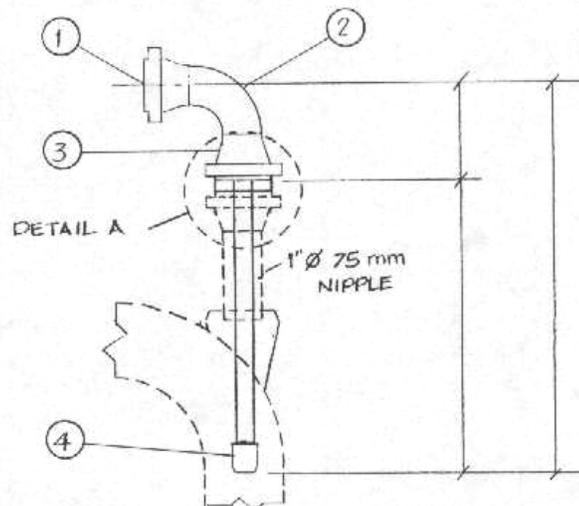
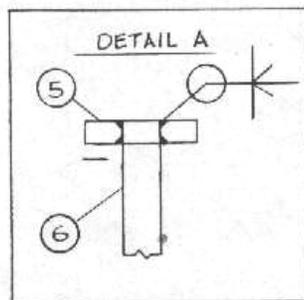
**ELEMENTOS ESPECIALES *SPCIALTY ITEM***

## CALCULATION WORKSHEET

Order No. 19116 (01-91)

PAGE \_\_\_\_\_ OF \_\_\_\_\_

CLIENT	PETROZUATA	JOB NUMBER	15-2935
SUBJECT	WATER INJECTION NOZZLE		
BASED ON	PID 21-210-12-108	DRAWING NUMBER	SPEC ITEM NO. 2181001
BY	L. MALCABA	CHECKED BY	APPROVED BY
			DATE 11-6-97



BRANCH CONNECTION SHALL  
BE PER PIPING SPECIFICATION

- ① 1" CL 300 RF WN FLANGE, XS BORE, ASTM A105
- ② 1" 90° LONG RADIUS ELBOW, ANGI B16.9, XS, ASTM A234 WPB
- ③ 1" CL 300 RF WN FLANGE, XS BORE, ASTM A105
- ④ SPEC ITEM NO. 2181001, SPRAY NOZZLE
- ⑤ 1" CL 300 SPACER, ASTM A515-70, DRILLED FOR NPS PIPE, API-590
- ⑥ - Ø PIPE, XS, ASTM A106 GR B

DIMENSIONS TO BE DETERMINED BY DESIGN

## ANEXO 5

**REQUISICION DE MATERIALES DE TUBERÍAS  
PARA EL PROYECTO DE AMPLIACIÓN DE  
LAS PLANTA DE CRUDO ORED: 2,4 Y 7  
OTEPI CONSULTORES**



## ANEXO 6

**ANALISIS DE FLEXIBILIDAD  
*STRESS ANALYSIS*  
PARA UNA TUBERÍA DE  $\phi 18''$**



Point	Data	Description																																																	
A1	Pipe	Pipe data identifier = 12 Nominal Diameter = 12 Pipe Schedule = 40 Actual Pipe O. D. = 12.750 inch Wall Thickness = .406 inch Corrosion Allowance = 0 inch Insulation Thickness = 0 inch Insulation Density = 0 lb/cu.ft Content S. G. = 0 Material Data Identifier = CS Low carbon steels (Carbon content below .30%) Density = 0.2830 lb/cu.inch <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tempera. (deg.F)</th> <th>Modulus (psi)</th> <th>Expansion (inch/inch)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>-325.</td><td>30000000</td><td>-0.00197</td></tr> <tr><td>-150.</td><td>29500000</td><td>-0.00121</td></tr> <tr><td>-50.</td><td>29000000</td><td>-0.00070</td></tr> <tr><td>70.</td><td>27900000</td><td>0.00000</td></tr> <tr><td>200.</td><td>27700000</td><td>0.00082</td></tr> <tr><td>300.</td><td>27400000</td><td>0.00152</td></tr> <tr><td>400.</td><td>27000000</td><td>0.00225</td></tr> <tr><td>500.</td><td>26400000</td><td>0.00302</td></tr> <tr><td>600.</td><td>25700000</td><td>0.00383</td></tr> <tr><td>700.</td><td>24800000</td><td>0.00469</td></tr> <tr><td>800.</td><td>23400000</td><td>0.00558</td></tr> <tr><td>900.</td><td>18500000</td><td>0.00651</td></tr> <tr><td>1000.</td><td>15400000</td><td>0.00741</td></tr> <tr><td>1100.</td><td>13000000</td><td>0.00837</td></tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Temperature (deg.F)</th> <th>Allowable stresses (psi)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>300</td><td>5800</td></tr> </tbody> </table>	Tempera. (deg.F)	Modulus (psi)	Expansion (inch/inch)	-325.	30000000	-0.00197	-150.	29500000	-0.00121	-50.	29000000	-0.00070	70.	27900000	0.00000	200.	27700000	0.00082	300.	27400000	0.00152	400.	27000000	0.00225	500.	26400000	0.00302	600.	25700000	0.00383	700.	24800000	0.00469	800.	23400000	0.00558	900.	18500000	0.00651	1000.	15400000	0.00741	1100.	13000000	0.00837	Temperature (deg.F)	Allowable stresses (psi)	300	5800
Tempera. (deg.F)	Modulus (psi)	Expansion (inch/inch)																																																	
-325.	30000000	-0.00197																																																	
-150.	29500000	-0.00121																																																	
-50.	29000000	-0.00070																																																	
70.	27900000	0.00000																																																	
200.	27700000	0.00082																																																	
300.	27400000	0.00152																																																	
400.	27000000	0.00225																																																	
500.	26400000	0.00302																																																	
600.	25700000	0.00383																																																	
700.	24800000	0.00469																																																	
800.	23400000	0.00558																																																	
900.	18500000	0.00651																																																	
1000.	15400000	0.00741																																																	
1100.	13000000	0.00837																																																	
Temperature (deg.F)	Allowable stresses (psi)																																																		
300	5800																																																		
	Load	Load data identifier = 300 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Case No.</th> <th>Temperature (deg.F)</th> <th>Pressure (psig)</th> <th>Expansion (inch/inch)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>300</td><td>450</td><td>0.001520</td></tr> </tbody> </table>	Case No.	Temperature (deg.F)	Pressure (psig)	Expansion (inch/inch)	1	300	450	0.001520																																									
Case No.	Temperature (deg.F)	Pressure (psig)	Expansion (inch/inch)																																																
1	300	450	0.001520																																																
A2																																																			
A3																																																			
A4	Pipe	Pipe data identifier = 12																																																	
	Material	Data Identifier = CS																																																	
	Reducer	Weight = 120 lb																																																	
A5	Pipe	Pipe data identifier = 18 Nominal Diameter = 18 Pipe Schedule = 40 Actual Pipe O. D. = 18.000 inch Wall Thickness = .562 inch Corrosion Allowance = 0 inch Insulation Thickness = 0 inch Insulation Density = 0 lb/cu.ft Content S. G. = 0 Material Data Identifier = CS Reducer Weight = 120 lb																																																	

A6  
A7  
A8

## ANEXO 7

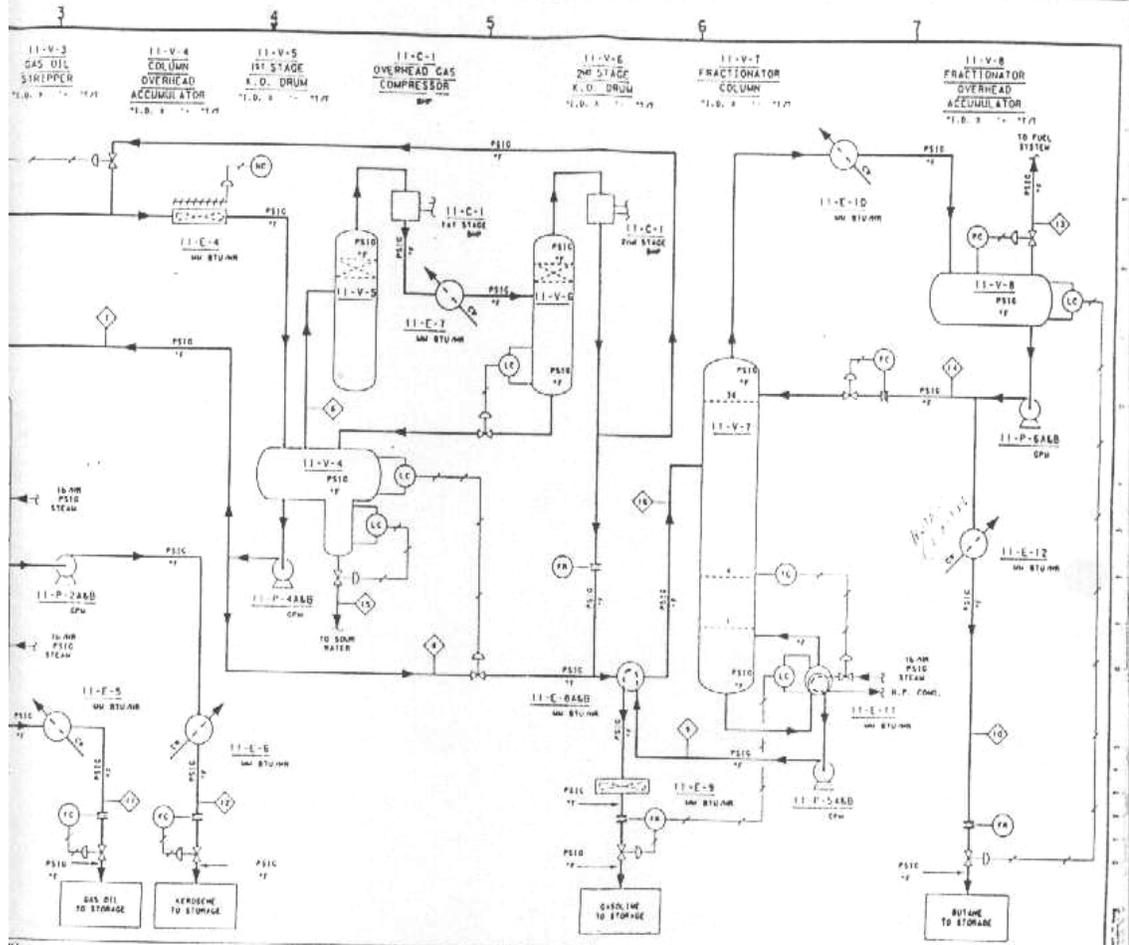
**FILOSOFÍA DE MANTENIMIENTO  
DISEÑO BÁSICO GENERAL**



## ANEXO 8

**DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO PFD**  
***PROCESS FLOW DIAGRAM***

 <p><b>FLUOR</b> ENGINEERING STANDARDS</p>	<p>TYPICAL PROCESS FLOW DIAGRAM</p>	<p>NUMBER ST-4-0001 PAGE 4 DATE 5-84</p>
---	-------------------------------------	--



NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
REV.														

- NOTES:
1. ALL TEMPERATURES, PRESSURES, FLOW QUANTITIES, AND COMPOSITIONS ARE FOR PROCESS DESIGN PURPOSES ONLY. NO GUARANTEE OF THESE CONDITIONS IS EXPRESSED OR IMPLIED.
  2. EQUIPMENT SIZES AND OPERATING CONDITIONS AT MATERIAL BALANCE FLOW BASIS.
  3. LIQUID GRAVITY AND API SG ARE AT 60°F.
  4. VAPOR PRESSURE ARE BASED ON LOCAL GAS AT 60°F AND 14.7 PSIA.

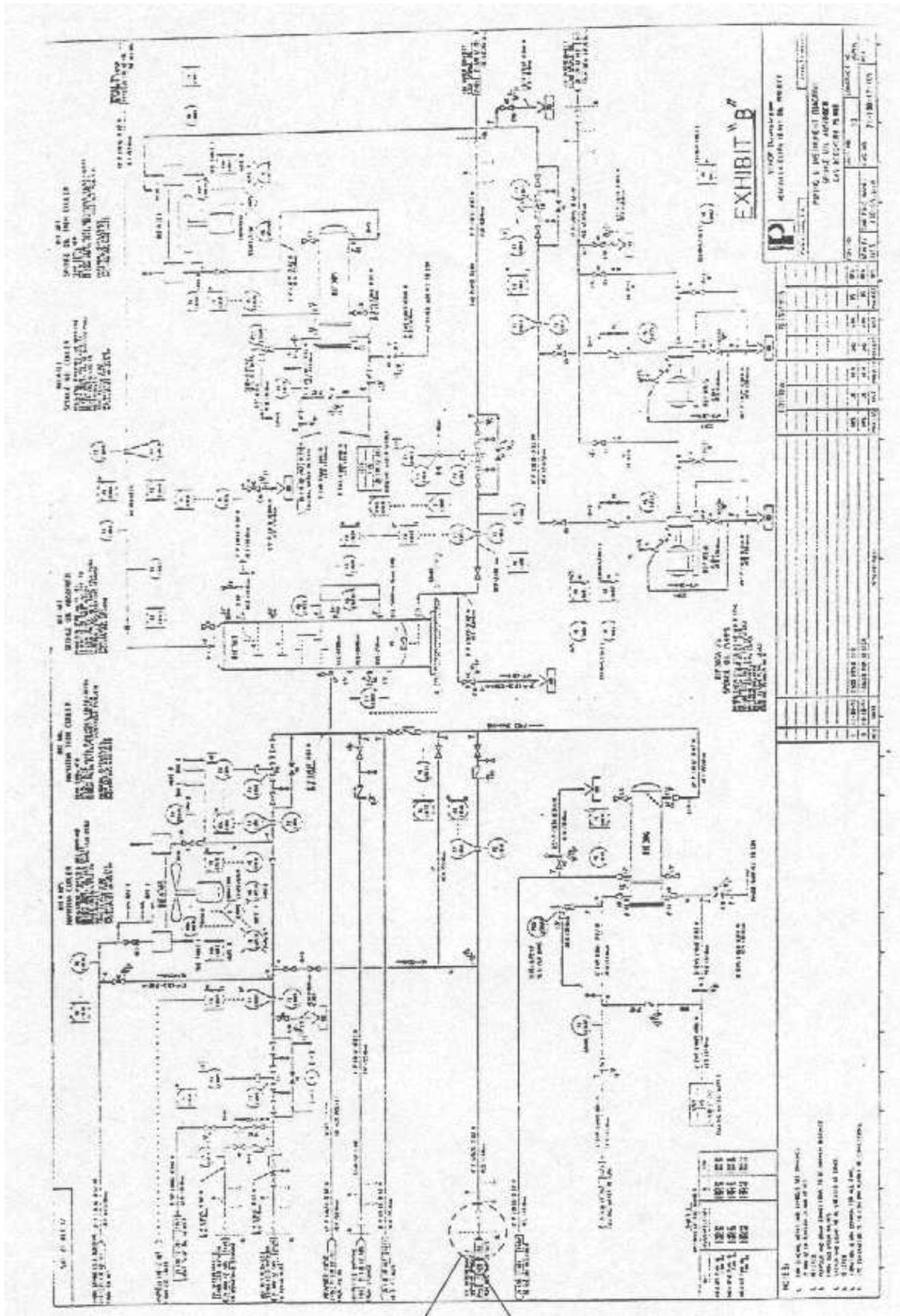
**NOTICE -**

THE PROCESS AND CONTROL SYSTEMS SHOWN ON THIS FLOW DIAGRAM SHOULD NOT BE CONSIDERED AS REPRESENTING A SPECIFIC APPLICATION OF FLUOR STANDARDS. THIS DRAWING IS PRIMARILY FOR THE PURPOSE OF SHOWING THE FLOW STANDARD METHOD OF FLOW DIAGRAM REPRESENTATION.

 <p><b>FLUOR</b> ENGINEERS, INC.</p>	<p>PROCESS FLOW DIAGRAM FRACTIONATION UNIT BPSD REFINERY</p>	<p>REVISED DEL. NO. NONE DATE 4400-11-A1-001 SHEET 3</p>
---	--	--

## ANEXO 9

**DIAGRAMA DE TUBERÍAS E INSTRUMENTACIÓN**  
**P&ID *PIPING & INSTRUMENT DIAGRAM***  
**UNIDADES 33 Y 34 DEL PROYECTO PETROZUATA**  
**VEHOP *DOWNSTREAM***



## ANEXO 10

**HOJA DE DATOS**  
***DATA SHEET***

**TECNOFLUOR**  
 SPECIFICATION SHEET  
 SHELL AND TUBE  
 HEAT EXCHANGER

CONTRACT 704310  
 ITEM NO 10-E-2163A/B  
 REV 2 DATE 11-21-94  
 MTE \_\_\_\_\_  
 PROCESS ECY/3B  
 SHEET 1 OF 3

1 Client LAGOVEN Vendor \_\_\_\_\_  
 2 Service FLEXSORB-SE REBOILER Plant LFAY FLEXSORB-SE  
 3 Design Duty LEACH (1) 63.2 x 10<sup>6</sup> Btu/Hr. Size ATU 57 x 240 (Horiz/Vert) \_\_\_\_\_  
 4 Transfer Rate Service 167.4 Clean 374.0 Btu/Hr Ft<sup>2</sup> OF, Mhd (EIT) 60 of \_\_\_\_\_  
 5 Total Surface (EIT) (2) 7553' Ft<sup>2</sup> Shell/Unit 1 Surface/Shell (EIT) 7553 Ft<sup>2</sup> \_\_\_\_\_

PERFORMANCE OF ONE UNIT

		SHELL SIDE		TUBE SIDE	
Fluid		LEAN FLEXSORB-SE		60# STEAM	
Total Flow	(1) Lbs/Hr	338,250		69,685	
		INLET	OUTLET	INLET	OUTLET
Liquid	Lbs/Hr	338,250	270,600		
Molecular Weight					
Specific Gravity		0.934	0.934		
Thermal Cond.	Btu/Hr x Ft <sup>2</sup> x OF/Ft	0.257	0.257		
Specific Heat	Btu/Lb x OF	1.025	1.025		
Viscosity	Centipoises	0.55	0.55		
Surface Tension	Dynes/Cm				
Bubble Point	OF				
Vapor	Lbs/Hr				
Molecular Weight					
Density	Lbs/Ft <sup>3</sup>				
Thermal Cond.	Btu/Hr x Ft <sup>2</sup> x OF/Ft	0.258	0.258		
Specific Heat	Btu/Lb x OF				
Viscosity	Centipoises				
Latent Heat	Btu/Lb				
Dew Point	OF				
Non-Condensibles	Lbs/Hr				
Molecular Weight					
Steam	Lbs/Hr		67,650	69,685	-
CONDENSATE	Lbs/Hr				69,685
Temperature	OF	258	258	308	308
Pressure (Atmos 14.7 Psia)	Psig		20	60	
Pressure Drop	Psi	Allow 0.8	Calc 0.6	Allow 0.7	Calc 0.7
Velocity	Ft/Sec				
Fouling Resistance	Hr/x Ft <sup>2</sup> x OF/Btu	0.002		0.001	
Additional Data on Sheet No. <u>2 THROUGH 5</u>					

REMARKS:  
 Exchanger in Lethal Service Yes/No BY LAGOVEN  
 NOTES: 1. DUTY AND FLOW RATES SHOWN ABOVE ARE FOR ONE UNIT. TWO UNITS (A+B) ARE REQUIRED.  
 2. SEE PG. 3, NOTE 4: DESIGN 10% GREATER SURFACE AREA THAN REQUIRED FOR THE DUTY AND FLOW RATES SPECIFIED ABOVE.

REVISION LOG

REV	MTE	PROCESS	DESCRIPTION
1		LE	UPDATED AS INDICATED
2		SUH/EA	AS INDICATED
3			
4			
5			

## ANEXO 11

**LISTA DE CHEQUEO**  
***CHECK LIST***

## **FORMATO DE CHEQUEO DE ISOMETRICOS PARA CONSTRUCCION**

### **A) CHEQUEO Vs. P&ID (amarillado de linea)**

<input type="checkbox"/>	Identificar tipo de válvula (gate, globe, etc.), operada por engranaje, cadena (longitud)
<input type="checkbox"/>	<b>Identificación de tags y specialty items</b>
<input type="checkbox"/>	Cambios de clase (señalar)
<input type="checkbox"/>	Figura en ocho (8), Espaciadores
<input type="checkbox"/>	Indicar zona de enchaquetado de vapor (steam jacked)
<input type="checkbox"/>	Secuencia del P&ID, conexiones, ramales

### **B) CHEQUEO Vs. PLANOS EQUIPOS / LISTA DE BOQUILLAS**

<input type="checkbox"/>	Equipo, tamaño, rating, denominación
<input type="checkbox"/>	Identificación / elevación de plataformas atravesadas por líneas

### **C) CHEQUEO Vs. STANDARD DE SOPORTES**

<input type="checkbox"/>	Identificación de soportes
<input type="checkbox"/>	Verificar span de línea
<input type="checkbox"/>	Orientación dummy support (P3001 al P3031)
<input type="checkbox"/>	Revisar soportes en lista de materiales

### **D) CHEQUEO Vs. PRACTICAS DE DISEÑO**

<input type="checkbox"/>	Verificar el ruteo con la revisión anterior; si no cumple, chequear con el modelo
<input type="checkbox"/>	Señalamiento de orientación de volante
<input type="checkbox"/>	Termowell standard instalación
<input type="checkbox"/>	Break out, flanges (válvulas alivio socket, by pass, equipos, spools removibles, intercon.)
<input type="checkbox"/>	Instrumentos de presión standard instalación
<input type="checkbox"/>	Arreglos standard CVS (control valve station)
<input type="checkbox"/>	Arreglos standard RVS (relief valve station)
<input type="checkbox"/>	Bota de condensado (especificar)
<input type="checkbox"/>	Chequear la longitud de los esparragos en valv. de alivio, waffer/lug type
<input type="checkbox"/>	Tipo de conexión en derivaciones

### **E) GENERALES**

<input type="checkbox"/>	Señalamiento de angulos no típicos
<input type="checkbox"/>	Identificar reducciones (excentricas, concentricas) / codos 45°, slog flow
<input type="checkbox"/>	Llamados de continuidad de línea
<input type="checkbox"/>	Secuencia y número de hojas
<input type="checkbox"/>	Revisión de lista de materiales
<input type="checkbox"/>	Datos generales de línea en el cajetin (pintura, tipo de prueba, <b>plano planta</b> )
<input type="checkbox"/>	Requerimientos especiales en diseño, Bevel End, Weep hole, etc.
<input type="checkbox"/>	Verificar número de revisiones (modificación)
<input type="checkbox"/>	Revisar tipo de brida (WN, o SO)
<input type="checkbox"/>	Revisar listado de materiales, (field, shop, etc.)
<input type="checkbox"/>	Válvulas full port (aguas abajo PSV, corrosion probe, etc.)
<input type="checkbox"/>	Distancia soldaduras

## ANEXO 12

**DETALLES TÍPICOS DE TUBERÍAS**



## ANEXO 13

**CÓDIGOS Y ESTÁNDARES UTILIZADOS  
POR LA DISCIPLINA DE TUBERÍAS**

**CODES AND STANDARDS  
DISCIPLINE: PIPING**

CODE	DESCRIPTION	LAST EDITION
<b>AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS</b>		
ASTM A105	SPECIFICATION FOR FORGINGS, CARBON STEEL PIPE FOR PIPING COMPONENTS	1998
ASTM A106	SPECIFICATION FOR SEAMLESS CARBON STEEL PIPE FOR HIGH TEMPERATURE SERVICE	1999
ASTM A126	Specification for Gray Iron Casting for Valves, Flanges and Pipe Fittings	1995
ASTM A139	Specification for Electric-Fusion (Arc)-Welded Steel Pipe (NPS 4 and Over)	2000
ASTM 193	SPECIFICATION FOR ALLOY STEEL AND STAINLESS STEEL ROLLING MATERIAL FOR HIGH TEMPERATURE SERVICE	1998
ASTM A194	SPECIFICATION FOR CARBON AND ALLOY STEEL NUTS FOR BOLTS FOR HIGH PRESSURE AND HIGH TEMPERATURE SERVICE	2000
ASTM A197	Specification for Cupola Malleable Iron	1998
ASTM A216	Specification for Steel Casting, Carbon, Suitable for Fusion Welding, for High-Temperature Service	1998
ASTM A234	SPECIFICATION FOR PIPING FITTINGS OR WROUGHT CARBON STEEL AND ALLOY STEEL FOR MODERATE AND ELEVATED TEMPERATURES	1999
ASTM A307	Specification for Carbon Steel Bolts and Studs, 60000 PSI Tensile Strength	1997
ASTM A333	Specification for Seamless and Welded Steel Pipe for Low-Temperature Service	1999
ASTM A350	SPECIFICATION FOR FORGINGS, CARBON AND LOW-ALLOY STEEL REQUIRING NOTCH TOUGHNESS TESTING FOR PIPING COMPONENTS	2000
ASTM A352	Specification for Steel Casting, Ferritic and Martensitic, for Pressure-Containing Parts, Suitable for Low-Temperature Service	1998
ASTM A516	Specification for Pressure Vessel Plates, Carbon Steel, for Moderate and Lower-Temperature Service	1996
ASTM A563	Specification for Carbon and Alloy Steel Nuts	2000
ASTM A672	Specification for Electric-Fusion-Welded Steel Pipe for High Pressure Service at Moderate Temperatures	1996
ASTM B62	Specification for Composition Bronze or Ounce Metal Castings	1993
<b>AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE</b>		
ANSI B16.3	MALLEABLE IRON THREADED FITTINGS	1998
ANSI B16.5	PIPE FLANGES AND FLANGED FITTINGS	1996
ANSI B16.9	FACTORY MADE WROUGHT STEEL BUTTWELDINGS FITTINGS	1993

## ANEXO 14

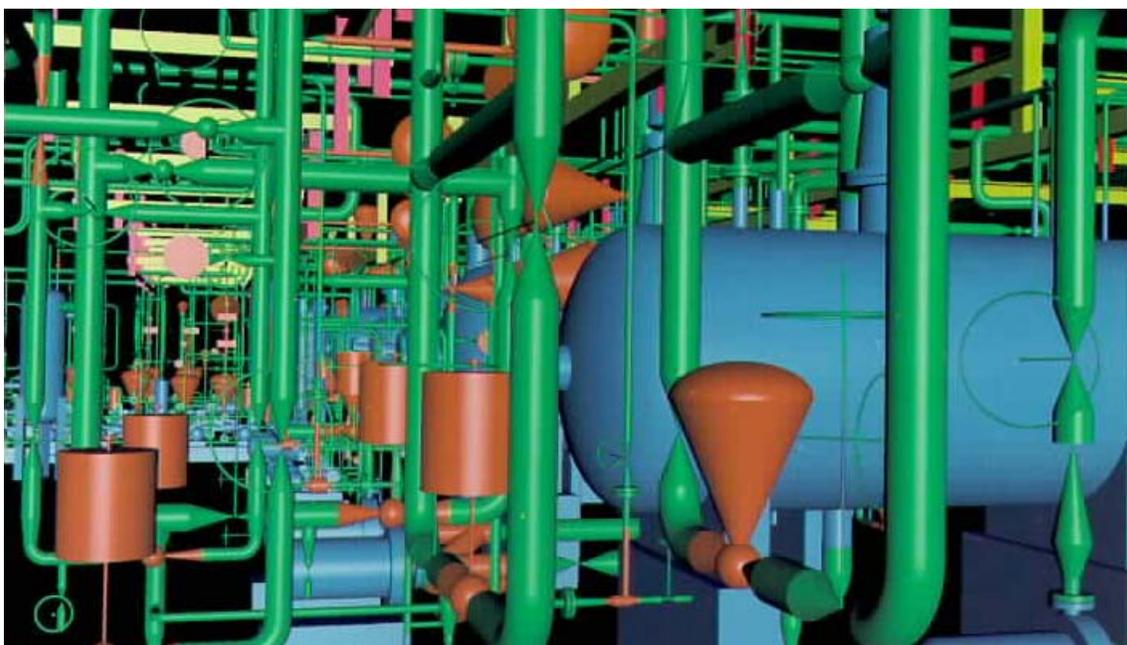
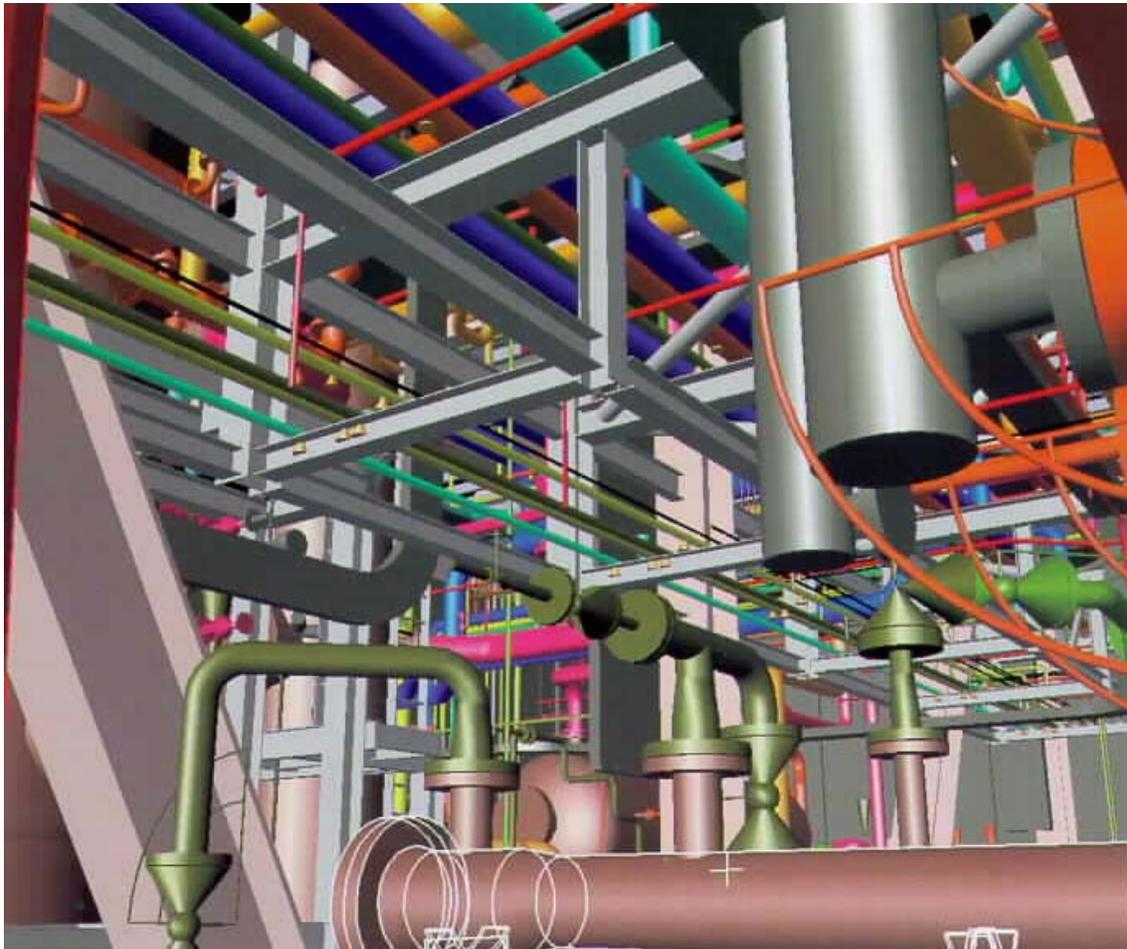
**HOJAS PARA BOCETOS O *SKETCH*  
Y PARA CONTEO DE MATERIALES**





## ANEXO 15

**VISTAS DEL MODELO ELECTRÓNICO DE LAS  
UNIDADES 33 ARU Y 34 SWS DEL PROYECTO  
PETROZUATA VEHOP *DOWNSTREAM***





UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
COMISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
ESPECIALIZACION DISEÑO DE SISTEMAS DE TUBERIAS

“DESARROLLO DEL ESTUDIO DE  
INGENIERIA DE DETALLE DE LOS  
SISTEMAS DE TUBERÍAS PRESENTES EN  
UNA PLANTA DE REGENERACIÓN DE  
AMINA Y SU UNIDAD SEPARADORA DE  
AGUAS ÁCIDAS”

Caracas, Mayo de 2002

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
COMISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
ESPECIALIZACION DISEÑO DE SISTEMAS DE TUBERIAS

“DESARROLLO DEL ESTUDIO DE  
INGENIERIA DE DETALLE DE LOS  
SISTEMAS DE TUBERÍAS PRESENTES EN  
UNA PLANTA DE REGENERACIÓN DE  
AMINA Y SU UNIDAD SEPARADORA DE  
AGUAS ÁCIDAS”

Realizado por el Ingeniero:  
Gutierrez Pernía Neudo Jesús

*TRABAJO DE GRADO PRESENTADO ANTE LA  
ILUSTRE UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
EN CUMPLIMIENTO CON LOS REQUISITOS EXIGIDOS  
PARA OPTAR AL TÍTULO DE:*

**ESPECIALISTA EN DISEÑO DE SISTEMAS DE  
TUBERIAS**

*UNA VEZ CUMPLIDO CON LOS REQUISITOS  
EXIGIDOS SE DA LA APROBACIÓN AL PRESENTE  
TRABAJO DE GRADO*

*JURADO EXAMINADOR:*

---

**ING. JUAN RUILOVA**  
TUTOR-COORDINADOR

---

**ING. FRANK PIETERSZ**  
JURADO PRINCIPAL

---

**ING. JESUS PEÑALVER**  
JURADO PRINCIPAL

## AGRADECIMIENTO

Mi más grato agradecimiento en la participación de este trabajo a las siguientes Personas:

Ing. Juan Ruilova (Tutor), Ing. Manuel Martínez (Coordinador de Postgrado), Ing. Humberto Mendoza, Ing. Evody Jauregui, Ing. Alexi Oquendo, Ing. Patricia Parodi, Ing. Juan Salamanca, Ing. Juan Miguel Padrón, Ing. José Jaime, Ing. Pedro Romero, Ing. Jaime Moreno, Ing. Gladys Ibarra, Ing. Lorena Velásco, Ing. Maria Alexandra Alarcon, Ing. Enrique Blanco, Ing. Carlos Castro, Lic. Leyda Contreras, Lic. Yuraima (Decanato de Postgrado), Ing. Jose Gregorio (asistente a la coordinación de postgrado), Diseñador Willian Hernandez, Diseñador Alejandro Ramos, Proyectista José G. Canchica, Proyectista Simón Guerra, T.S.U. en Informática Sr. Jorge Zambrano. Instituciones: Universidad Central de Venezuela. Empresas: Tecnoconsult Ingenieros Consultores S.A., Consorcio Contina, Otepi Consultores S.A.

Todos ustedes han contribuido de una forma u otra al feliz término de esta obra, que sinceramente deseo sea de mucha utilidad a todas las personas dedicadas a esta materia.

A todos...!

Muchas Gracias.