

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**DESARROLLO Y CÁLCULO DE ÍNDICES EN PROYECTOS IPC PARA LA
ESTIMACIÓN Y DISEÑO DE TUBERÍAS, VÁLVULAS Y ACCESORIOS**

Presentado Ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela

Por el Br: **Bolívar C. Alfredo H.**

Para Optar al Título
de Ingeniero Mecánico

Caracas, 2015

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**DESARROLLO Y CÁLCULO DE ÍNDICES EN PROYECTOS IPC PARA LA
ESTIMACIÓN Y DISEÑO DE TUBERÍAS, VÁLVULAS Y ACCESORIOS**

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Juan Ruilova

TUTOR INDUSTRIAL: Ing. Franklin Cook

Presentado Ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el Br: **Bolívar C. Alfredo H.**

Para Optar al Título
de Ingeniero Mecánico

Caracas, 2015



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
DEPARTAMENTO DE DISEÑO

Acta

Los abajo firmantes, Miembros del Jurado Examinador designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Mecánica para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por los Bachilleres:

Alfredo Humberto Bolívar Cuenca

Titulado

*“Desarrollo y Cálculo de Índices en Proyectos
APC para la Estimación y Diseño de Tuberías,
Válvulas y Accesorios”*

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el Plan de Estudios conducente al Título de Ingeniero Mecánico.

Acta se levanta en la ciudad de Caracas, a los 16 días del mes de junio del año dos mil quince.

Prof. Pedro Cadenas
Jurado



Prof. Hugo Guerrero
Jurado

Prof. Juan Ruilova
Tutor

DEDICATORIA

Primeramente a Dios todopoderoso y Jesucristo nuestro señor y salvador, por la buena salud que me brinda cada día y la fuerza que me da para seguir adelante a pesar de las circunstancias.

A mi familia por su apoyo incondicional y por siempre creer en mí y darme ese empuje para continuar, a mis padres: Carlos Alfredo Bolívar Aponte y Margot Isabel Cuenca de Bolívar y mi gran hermano a quien amo con todo mi corazón Kevin Alfredo Bolívar Cuenca.

A mis abuelas: María Cuenca y Petra Aponte, por todos los regaños que gracias a esos regaños estoy aquí en este momento.

A todos mis tíos y tías, y en especial mi tío Juan Carlos Sánchez Aponte, quien fue una persona muy especial en mi vida y quien me enseñó a disfrutar la vida a pesar de las circunstancias, te amo y nos volveremos a ver en algún momento.

Y a todas las personas que han influenciado en mi vida de una manera positiva y me han dejado una enseñanza.

AGRADECIMIENTOS

A la “Casa que vence las sombras”, la ilustre **Universidad Central de Venezuela** por abrirme las puertas al conocimiento y a la excelencia.

A mi tutor académico, Juan Ruilova por brindarme su apoyo incondicional, proporcionarme su conocimiento y darme la confianza para llevar a cabo este proyecto y culminarlo con gran éxito. Y al Prof. Manuel Martínez por su ayuda incondicional y su apoyo.

A los profesores, Pedro Cadenas y Hugo Guerrero por la ayuda brindada, para tener un trabajo confiable y de calidad.

A mis padres por mantener firme en mis ideales y mis sueños y no dejarme caer en malos pasos.

A Leudith Figuera, por siempre brindarme su apoyo en cada momento y sus buenas vibras, se te quiere de corazón.

A mi gran amigo, compañero y hermano del alma Arturo Bay, por los buenos y malos momentos que hemos pasado en esta carrera.

A empresas Y&V por darme la oportunidad de obtener un nuevo conocimiento y abrirme las puertas al éxito.

Bolívar C Alfredo H

DESARROLLO Y CÁLCULO DE ÍNDICES EN PROYECTOS IPC PARA LA ESTIMACIÓN Y DISEÑO DE TUBERÍAS, VÁLVULAS Y ACCESORIOS

**Tutor Académico: Prof. Juan Ruilova. Tutor Industrial: Ing. Franklin Cook.
Tesis. Caracas, UCV. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Mecánica.
2015, 121 pág.**

Palabras Claves: Proyectos IPC. Tuberías. Isométricos. Cálculos-Métricos.

RESUMEN

El siguiente proyecto consiste en la generación de cálculo de índices carentes en Empresas Y&V para realizar estimaciones en el diseño de tuberías, válvulas y sus accesorios (bridas, codos, té y reductores), el desarrollo de estos cálculos-métricos se realizó en y para ser implementados en el departamento de Tubería. Dado que se recibe una gran cantidad de ofertas del sector petrolero, la Gerencia de Tubería debe utilizar un modelo de cálculos-métricos que le permita estimar las cantidades de tubería, válvulas, bridas y accesorios a ser usadas en la construcción de una planta. Muchas ofertas se obtienen con muy pocos datos, lo que conlleva al uso de tiempo, que podría emplearse en la preparación de los costos de una planta. Se desea obtener unos índices de varios proyectos ya realizados para así poder estimar con mayor facilidad el costo de una planta partiendo de los cálculos métricos y realizar de manera más rápida y eficaz las ofertas. Este proyecto se desarrolla con base en un estudio teórico y práctico sobre las normativas vigentes y aplicables, proyectos existentes y documentación general, a partir de esta base de datos se produjo la formación de criterios de diseño y síntesis de información para la elaboración de estos índices. Todas las actividades fueron sometidas a revisiones continuas por ingenieros de la empresa.

ÍNDICE

ACTA.....	iii
RESUMEN	vi
LISTA DE FIGURAS	xii
LISTA DE TABLAS	xiii
LISTA DE SIMBOLOS Y ABREVIATURAS.....	xiv
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	3
1. EL PROBLEMA.....	3
1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.2. Objetivos de la Investigación.....	6
1.2.1. Objetivo general.....	6
1.2.2. Objetivos específicos	6
1.3. Alcance	8
CAPITULO II.....	13
2. MARCO TEÓRICO	13
2.1. Descripción de la Empresa	13
2.1.1. Presentación de la empresa.....	13
2.1.2. Propósito medular	14
2.1.3. Estructura organizacional de empresas Y&V	14
2.1.4. Departamento de tubería.....	16
2.2. Proyecto	16
2.3. Proyecto IPC	17
2.4. Diseño de Tubería.....	17
2.5. Especificaciones de Materiales y sus Elementos.....	18
2.5.1. Normas y códigos aplicables	19
2.5.2. Servicios.....	20
2.5.3. Clasificación (<i>rating</i>) de tubería.....	20
2.5.4. Designación	20
2.5.5. Rango de presión	21

2.5.6.	Rango de temperatura	21
2.5.7.	Materiales.....	21
2.5.8.	Tolerancia de corrosión	22
2.5.9.	Tablas de conexión	23
2.6.	Elementos de un Sistema de Tuberías	26
2.6.1.	Tubería.....	26
2.6.2.	Características importantes de las tuberías	26
2.6.3.	Extremos de tuberías.....	27
2.6.4.	Juntas de tuberías	28
2.6.4.1.	Soldadas	28
2.6.4.2.	Mecánicas	28
2.6.4.3.	Roscada.....	29
2.7.	Accesorios Principales para Sistemas de Tuberías	30
2.7.1.	Codos	31
2.7.1.1.	Codo de 90° biselado.....	31
2.7.1.2.	Codo de 45° biselado	32
2.7.1.3.	Codo roscado y de enchufe.....	32
2.7.2.	Tés.....	32
2.7.2.1.	Te biselada	33
2.7.2.2.	Te a enchufe y roscada.....	33
2.7.3.	Reducciones	33
2.7.3.1.	Reducciones concéntricas.....	33
2.7.3.2.	Reducciones excéntricas	33
2.8.	Accesorios Misceláneos para Sistemas de Tubería	34
2.8.1.	Casquete (Cap).....	34
2.8.2.	Disco reversible	35
2.8.3.	Unión universal.....	35
2.8.4.	Tapón (Plug)	35
2.8.5.	Niple.....	35
2.9.	Refuerzos para Ramales Pequeños	36

2.10.	Bridas	37
2.11.	Tipos de Bridas	38
2.11.1.	Brida de cuello soldable (Welding Neck).....	38
2.11.2.	Brida deslizante (Slip-On)	39
2.11.3.	Brida loca (Lap-Joint).....	39
2.11.4.	Brida roscada (Meaded).....	39
2.11.5.	Bridas de enchufe y soldadura (Socket Weld).....	39
2.12.	Caras de las bridas	40
2.12.1.	Cara levantada.....	40
2.12.2.	Cara plana	41
2.12.3.	Juntas de anillo.....	41
2.12.4.	Macho-Hembra	41
2.13.	Empacaduras	42
2.14.	Pernos y Espárragos.....	43
2.14.1.	Pernos.....	44
2.14.2.	Espárragos.....	44
2.15.	Válvulas	45
2.16.	Tipos de Válvulas	46
2.16.1.	Válvula de compuerta (Gate Valve)	46
2.16.2.	Válvula globo (Globe Valve).....	47
2.16.3.	Válvula de tapón (Plug Valve).....	47
2.16.4.	Válvula de retención (Check Valve).....	48
2.16.5.	Válvula de bola (Ball Valve)	49
2.16.6.	Válvula de aguja (Neadle Valve).....	49
2.16.7.	Válvula de diafragma (Diaphram Valve).....	50
2.16.8.	Válvula de seguridad (Relief Valve)	50
2.17.	Isométricos de Tuberías	51
2.18.	Programas Usados en el Desarrollo de un Proyecto de Tuberías	53
2.18.1.	PDS (Project design system).....	53
2.18.2.	Smart plant free view	55

2.18.3.	AutoCAD (Computer aided design)	55
	CAPITULO III	57
3.	MARCO METODOLÓGICO.....	57
3.1.	Información Teórica y Técnica Sobre Plantas Petroquímicas	57
3.1.1.	Plantas mejoradoras	58
3.1.2.	Plantas fertilizantes	59
3.1.3.	Plantas refinadoras.....	59
3.1.4.	Equipos y accesorios.....	60
3.2.	Diseño de Tubería en Proyectos IPC	61
3.2.1.	Bases del diseño.....	61
3.3.	Análisis y Evaluación de Índices en los Planos Isométricos	65
3.4.	Elaboración de los Cómputos-Métricos.....	68
3.5.	Recursos Disponibles.....	76
3.5.1.	Recursos materiales	76
3.5.2.	Recursos computacionales.....	76
3.5.3.	Recursos bibliográficos.....	76
3.5.4.	Recursos técnicos.....	77
	CAPITULO IV	78
4.	ANÁLISIS Y RESULTADOS	78
4.1.	Bases y Criterios	78
4.2.	Elaboración de los Índices	79
	CONCLUSIONES	91
	RECOMENDACIONES	92
	BIBLIOGRAFÍA	93
	ANEXOS.....	95
	[Anexo 1] Plano Isometrico.....	96
	[Anexo 2] Plano Isométrico del Área 10 (Tratamiento de Crudo).....	97
	[Anexo 3] Plano Isométrico del Área 10 (Tratamiento de Crudo).....	98
	[Anexo 4] Plano Isométrico del Área 10 (Tratamiento de Crudo).....	99
	[Anexo 5] Plano Isométrico del Área 20 (Tratamiento de Agua)	100

[Anexo 6] Plano Isométrico del Área 20 (Tratamiento de Agua)	101
[Anexo 7] Plano Isométrico del Área 20 (Tratamiento de Agua)	102
[Anexo 8] Plano Isométrico del Área 30 (Generación de Potencia)	103
[Anexo 9] Plano Isométrico del Área 30 (Generación de Potencia)	104
[Anexo 10] Plano Isométrico del Área 40 (Servicios Comunes)	105
[Anexo 11] Plano Isométrico del Área 90 (General).....	106
[Anexo 12] Tablas y planos.....	107

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estatus del Proyecto.....	5
Figura 2. Estructura Organizacional.	15
Figura 3. Tabla de Conexión (Branch Connection)	24
Figura 4. Flujo-grama de Proceso de Selección de Materiales	25
Figura 5. Forma de los Extremos de las Tubería.	27
Figura 6. Juntas de Tubería.	30
Figura 7. Codos de 45° y 90°	31
Figura 8. Té.	32
Figura 9. Reducción Concéntrica y Excéntrica.....	34
Figura 10. Accesorios Misceláneos para Tubería.	36
Figura 11. Refuerzos para Ramales Pequeños.	37
Figura 12. Tipos de Bridas.	40
Figura 13. Caras de las Bridas.....	42
Figura 14. Empacaduras.....	43
Figura 15. Perno y Esparrago.....	45
Figura 16. Válvula Compuerta.....	46
Figura 17. Válvula Globo.....	47
Figura 18. Válvula Tapón	48
Figura 19. Válvula de Retención.....	48
Figura 20. Válvula de Bola	49
Figura 21. Válvula de Aguja	49
Figura 22. Válvula de Diafragma.....	50
Figura 23. Válvula de Seguridad.....	51
Figura 24. Plano de la Estación de Mejoramiento	56

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Aplicación de las Juntas de Tuberías	29
Tabla 2. Listado de Materiales	70
Tabla 3. Listado de Materiales de Estación de Mejoramiento	73
Tabla 4. Listado de Materiales de la Planta de Fertilizantes.....	74
Tabla 5. Listado de Materiales del Área de Generación de Potencia de la Refinería .	75
Tabla 6. Índices el Área 10 (Tratamiento de Crudo)	81
Tabla 7. Total de Accesorios y Válvulas del Área 10.....	82
Tabla 8. Índices del Área 20 (Área de Tratamiento de Agua)	82
Tabla 9. Índices del Área 30 (Área de Generación de Potencia)	83
Tabla 10. Total de Accesorios y Válvulas del Área 20.....	84
Tabla 11. Total de Accesorios y Válvulas del Área 30.....	84
Tabla 12. Índices del Área 40	85
Tabla 13. Índices del Área 90	85
Tabla 14. Total de Accesorios y Válvulas del Área 30.....	86
Tabla 15. Total de Accesorios y Válvulas del Área 30.....	86
Tabla 16. Índices Total para un Small Bore (Calibre Pequeño) $\leq 3''$	87
Tabla 17. . Índices Total para un Small Bore (Calibre Pequeño) $\leq 2''$	87
Tabla 18. Total de Accesorios y Válvulas.	87
Tabla 19. Índices de la Planta de Fertilizantes	88
Tabla 20. Índices del Área de Generación de Potencia de la Refinería	88
Tabla 21. Total de Accesorios y Válvulas de la Planta de Fertilizantes	89
Tabla 22. Total de Accesorios y Válvulas del Área de Generación de Potencia de la Refinería.....	89

LISTA DE SIMBOLOS Y ABREVIATURAS

- 2D: Dos dimensiones.
- 3D. Tres dimensiones.
- ANSI: American National Estándar Institute (Instituto Nacional de Estándares Americanos).
- API: American Petroleum Institute (Instituto Americano de Petróleo).
- ASTM: American Society for Testing Materials. (Sociedad Americana de Prueba de Materiales).
- ASME: American Society of Mechanical Engineers (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos).
- PDS: Project Design System (Sistema de Diseño de Proyectos).
- IPC: Ingeniería, Procura y Construcción.
- PDS: Piping Designer Software (Software para el Diseño de Tubería).
- PDVSA: Petróleos de Venezuela Sociedad Anónima.
- CAD: Computer Aided Design (Diseño Asistido por Ordenador).
- Y&V: Empresas Y&V.
- NACE: National Association of Corrosion Engineers (Asociación Nacional de Ingeniería de Corrosión).
- FPO: Faja Petrolífera del Orinoco

INTRODUCCIÓN

En los campos manejados por la ingeniería la innovación y superación son insignias que caracterizan a los pioneros en cualquier disciplina, de esta manera se impulsa el progreso y crecimiento de las grandes compañías. En los países productores de petróleo como Venezuela, el desarrollo de complejos petroquímicos es incesante, la innovación tecnológica son aspectos obligatorios para satisfacer las necesidades que conlleva la creación de nuevas planta.

En la siguiente investigación se realizarán una serie de cálculos métricos para realizar estimaciones de índices en diseño de tuberías, válvulas y accesorios (bridas, codos, té y reductores). Estas estimaciones facilitan la compra de los materiales que posee una planta de mejoramiento, fertilizantes y una refinería partiendo de tres plantas de la misma características ya construidas. Para la realización de estos cálculos métricos de una manera más organizada y sencilla, la estación de mejoramiento se separa en cinco (5) diferentes áreas, las cuales son:

- Área de tratamiento de crudo.
- Área de tratamiento de agua.
- Área de generación de potencia.
- Área de servicios comunes.
- Área general.

Cada área posee una cantidad de isométricos donde se pueden observar: las líneas de tuberías, la cantidad de tuberías, válvulas, bridas y sus respectivos accesorios (codos, té y reductores, entre otros.); además se observan las unidades, el rating (presión y temperatura de la válvula o el accesorio) y la descripción de cada uno de ellos.

En la descripción se observa el diámetro nominal, espesor de pared (Schedule), normas de diseño y código. A partir de la descripción y la cantidad, se realizarán una serie de cálculos métricos para hacer una estimación de las tuberías, válvulas y accesorios (bridas, codos, té y reductores); que se usaran en la construcción de una nueva planta, partiendo de los datos de una instalación similar.

Los cálculos-métricos nos permitirán obtener unos índices, con los cuales se podrán efectuar ofertas para el diseño y construcción de plantas similares (Mejoramiento, fertilizante, refinería) conociendo las tuberías de diámetro mayores de 3" y menores de 3".

CAPITULO I

1. EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

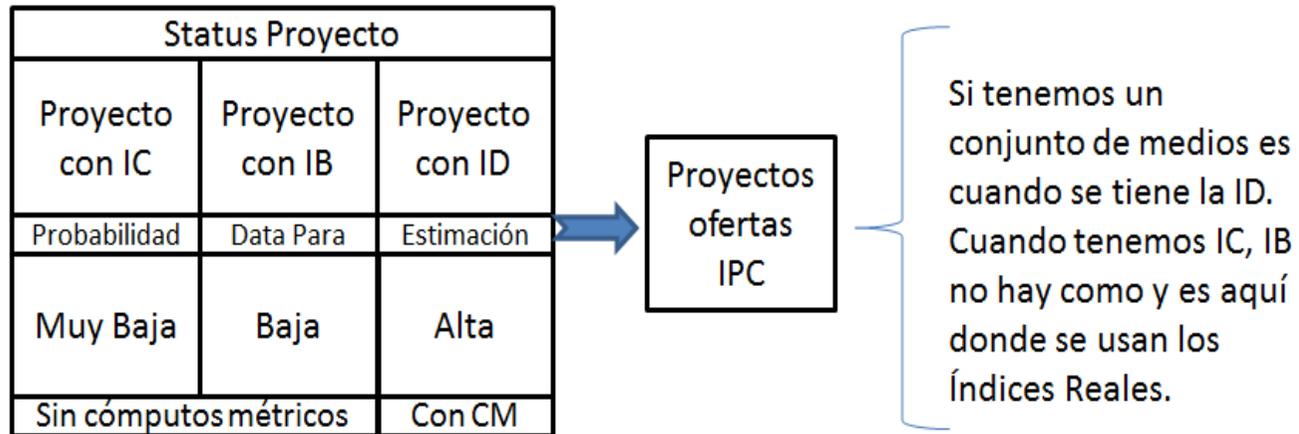
Empresas **Y&V** reúne a un grupo de empresas que como contratista se encarga de realizar Proyectos IPC, siendo una empresa con un renombre a nivel nacional e internacional. Reciben muchas ofertas por parte de la industria petrolera, que es en su mayoría donde se especializan, siendo su principal cliente PDVSA.

Estas ofertas son bastantes importantes ya que pueden ser una planta de bombeo, mejoramiento, fertilizante, refinadora entre otras. Empresas Y&V compite en este mercado con otras contratistas y así tratar de ganar el mayor número de construcción de plantas. Cada oferta contiene una cantidad considerable de tuberías, válvulas y accesorios (bridas, codos, té, reductores, etc.) siendo esto un poco engorroso ya que se tiene que realizar un cálculo para cada oferta.

Dado que se recibe una gran cantidad de ofertas del sector petrolero, la Gerencia de Tubería debe utilizar un modelo de cómputos métricos que les permita estimar las cantidades de tuberías, válvulas y accesorios (bridas, codos, té y reductores) a ser usadas en la construcción de una planta. Muchas ofertas se obtienen con muy pocos datos, lo que conlleva a emplear tiempo, que podría usarse en la preparación de los costó de una planta. Se desea obtener los índices de varios proyectos ya realizados, para así poder estimar con mayor facilidad el costo de una

planta partiendo de los cálculos métricos y realizar de manera más rápida y eficaz las ofertas.

Los cálculos métricos solo serán usados para las tuberías, válvulas y los accesorios (bridas, codos, té y reductores) ya que se realizaron exclusivamente para el Departamento de Tubería. Los equipos como: tanques, intercambiadores, bombas, filtros, etc., no serán tomados en cuenta en este proyecto debido a que pertenecen a otro departamento.



IC: Ingeniería Conceptual; IB: Ingeniería Básica; ID: Ingeniería de Detalles; CM: Cálculos Métricos.

Figura 1. Estatus del Proyecto

1.2. Objetivos de la Investigación

1.2.1. Objetivo general

Desarrollo y Cálculo de Índices en Proyectos IPC para la Estimación y Diseño de Tuberías, Válvulas y Accesorios

1.2.2. Objetivos específicos

1.2.2.1. Obtener información teórica y técnica sobre las tuberías, válvulas y accesorios (bridas, codos, té y reductores) que conforman una planta.

1.2.2.2. Estudiar aspectos relacionados con el Diseño de Tuberías en Proyectos IPC.

1.2.2.3. Analizar de los planos isométricos de las áreas que conforman una planta, las cuales son:

- ✓ Área de tratamiento de crudo.
- ✓ Área de tratamiento de agua.
- ✓ Área de generación de potencia.
- ✓ Servicios comunes.
- ✓ General.

1.2.2.4. Evaluar los planos isométricos de las áreas que conforman una planta de mejoramiento con la lista de materiales entregada por la gerencia de tubería de Empresas Y&V.

1.2.2.5. Elaborar un nuevo listado de materiales para los fines de obtener unos cómputos métricos de cada área de la planta de mejoramiento, planta de fertilizante y

el área de generación de potencia de una refinería, a tal efecto de obtener los índices esperados.

1.2.2.6. Realizar una data general de todas las áreas de la planta de mejoramiento, fertilizante y generación de potencia de la refinería donde estén incluidas las tuberías, válvulas y accesorios (bridas, codos, térs, y reductores).

1.2.2.7. Evaluar y comparar la data de cada proyecto revisada y procesada para la obtención de los índices de diseño de tubería en proyectos IPC y poder así realizar las estimaciones para la construcción de una nueva planta.

1.3. Alcance

- En los cálculos se quiere hacer una comparación sobre los índices de cada proyecto y realizar un mejor ajuste.
- Los índices definen los requisitos que han de reunir el diseño, cálculo, e instalación de los equipos necesarios en una planta partiendo de la tubería, válvulas y los accesorios (bridas, codos, té y reductores).
- Se calcularán y se compararán los índices de cada proyecto para realizar un mejor ajuste.
- Se determinarán los índices que reúnen el diseño, cálculo e instalación de los componentes de una planta entre los que destacan: tuberías, válvulas, bridas y sus accesorios.

1.4. Antecedentes

Huggins Jesús, Universidad Central de Venezuela (2002), realizo *“Automatización del Sistema de Producción de Isométricos y del Método de Cálculo de características Específicas de las Tuberías”*, en este trabajo el objetivo, fue el de automatizar el método de construcción de isométricos, el cálculo de características específicas de tuberías, y las pérdidas por fricción que se generan en los sistemas de tuberías. Se estudió las virtudes que tiene el programa de computación “Smart Sketch”, que acepta la programación bajo el lenguaje de “Visual Basic” para así facilitar la construcción de isométricos de tuberías de la manera más rápida y eficiente posible para un programa con bajo costo de adquisición. Se estudió el uso de la programación bajo el mismo lenguaje, “Visual Basic” para realizar los cálculos de selección del diámetro nominal de las tuberías, tanto como para la obtención de las pérdidas por fricción que se generan en los sistemas de tuberías.

También se quiere verificar si el programa cumple con las condiciones necesarias para la construcción de isométricos de tuberías. Y utilizar en dicho programa las especificaciones que están reflejadas en los Piping Class de la empresa.

Leopoldo Andrés Colomes Dvorak, Universidad Simón Bolívar (2011), baso su investigación en la *“Elaboración de Guías de Diseño de para el Trazado de Tuberías de Transporte de Hidrocarburos”*, El proyecto consistió en la generación de documentación carente en Empresas Y&V para la asistencia en el diseño de sistemas Pipelines y Tubería Trazada o Encamisada con vapor, el desarrollo de estos documentos se realizó en y para ser implementados en el departamento de Tubería. El objetivo general de este trabajo de investigación consiste en la elaboración de guías de diseño referidas al trazado de tuberías de transporte de hidrocarburos y sistema de calefacción asociados, basadas en normativas nacionales, internacionales y lineamientos corporativos de la empresa consultora de Ingeniería y Construcción Y&V.

Otros objetivos presentados en este proyecto fue la elaboración de diagnósticos sobre necesidades, carencias y fortalezas con respecto a la documentación en el departamento de tuberías de Y&V. Recopilar documentos, normas y criterios sobre los tópicos a tratar y afines a los mismos y la elaboración e implementación de un sistema de evaluación integral para las guías de diseño desarrolladas.

Verena Sanjuán López, Universidad Simón Bolívar (2006), presento la ***“Implementación de Las Especificaciones de Materiales de Tuberías del Proyecto Polinter”***, El objetivo general de esta investigación fue la preparación de especificaciones de materiales de tuberías del proyecto “IPC Ampliación de la planta PEAD- Polinter”, a través de su implementación en el módulo Specification Generator del software AutoPlant y su posterior adaptación para su introducción en los programas GreatPlains y Reqlogic.

Para lograr este objetivo, se fundamentaron cada una de las actividades en la información bibliográfica y normativa de diseño necesarias; logrando generar un catálogo y un grupo de especificaciones de tuberías, de alta calidad, pues el diseño de modelo de la planta se realizó sin mayores contratiempos debido a las especificaciones implementadas. Con esto se evitó que la empresa invirtiese más de 1400 horas-hombre adicionales en el proyecto.

También se emplearon los elementos del catálogo de proyecto para iniciar el sistema de codificación y control de materiales de la empresa, logrando generar la codificación de archivos de importación de datos, para llevar la información necesaria desde el catálogo de Specification Generator a los programas GreatPlains y ReqLogic, que están encargados del control de inventario de materiales y las requisiciones respectivas.

Enrique Cesar, Universidad Central de Venezuela. Baso su investigación en ***“Elaborar la Documentación Necesaria para Unificar Criterios en los Procesos de Diseño de Tuberías y Análisis de Flexibilidad, Utilizando las Herramientas Computacionales Disponibles en la Empresa”***, en el proyecto de investigación se espera preparar e implementar arreglos normalizados de tubería genéricos al igual que soportes normalizados de tubería, que sirvan de base para todos los proyectos o estimaciones de ofertas de la empresa. Seguidamente, en cuanto a los arreglos generalizados, se analizaran cuáles de estos arreglos convendría crear o incluir dentro del programa de diseño electrónico utilizada por la empresa y en cuanto a soporte se realizara un análisis técnico-económico para definir cuál de los distintos software disponibles en el mercado conviene mejor para su integración dentro del programa de diseño electrónico utilizado en la empresa. Con esto se espera disminuir los tiempos de ejecución a través de la adecuación de la base de datos referencial.

En el desarrollo incluirá la determinación de los arreglos a emplear para la generación del estándar, la creación de la librería de arreglos normalizados de tubería, integrada para el manejo del diseño y de las actividades de los proyectos IPC (Ingeniería, Procura y Construcción).

William B. Hooper, Monsanto Co. ***“Predict Fittings for Piping System”***, (***Predicción de Accesorios para Sistemas de Tuberías***). En este documento El Ing. William B. Hooper siendo un diseñador de procesos en la empresa consultora Monsanto Quemical Intermediate Co. Tomo una muestra de 30 proyectos realizados por la empresa y realizo una data bastante amplia donde pudo estimar la cantidad de válvulas, bridas y accesorios a usar en la creación de una planta petroquímica. Para poder llegar a estas estimaciones el uso un factor de complejidad, es decir, dependiendo de la disposición de la tubería se usara un factor de complejidad distinto el cual está dado de la siguiente manera: para $\frac{1}{4}$ es un arreglo simple, para 1 es un arreglo normal y para 4 es un arreglo complejo. Cuando se refiere a un arreglo simple explica que para tal composición solo tendrá; una válvula, una te, dos brida, un codo

de 90° y un codo de 45°. Para un arreglo tipo normal es cuando está compuesta aproximadamente por: dos válvulas, ocho bridas, cinco codos, tres té y dos reductores, eso es lo que se estima para un factor de complejidad tipo normal para una planta. Y para un arreglo complejo es cuando se posee un ramal de tuberías más complejo como el que se puede ver en un área de tratamiento de crudo, donde se tiene una cantidad de tubería y accesorios bastante considerable se habla aproximadamente de: nueve válvulas, 31 bridas, 18 codos de 90°, 10 té, 7 reductores, 2 codos de 45°, 2 caps (tapones). En este tipo de arreglos los accesorios son más por el arreglo de la tubería.

En el documento también se observó algo que le llamo ecuación de correlación para estimar la cantidad de accesorios dependiendo del diámetro nominal de la tubería y otra ecuación que llamo frecuencia de válvula, donde estima la cantidad de válvulas también dependiendo del diámetro nominal. El documento también se pueden visualizar unas tablas que indican la cantidad de accesorios y válvulas por cada 100 pies de tuberías, es decir, aproximadamente 30,48 m de tubería.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Descripción de la Empresa

2.1.1. Presentación de la empresa

Empresas Y&V es una corporación de servicios, venezolana, orientada al desarrollo de proyectos de inversión en las áreas de Ingeniería, Operaciones, Mantenimiento, y gestión Ambiental para los sectores públicos y privados, desde 1985.

Actualmente Empresas Y&V se subdivide en 4 empresas autónomas que abarcan todos y cada uno de los aspectos para el desarrollo de la ingeniería y ejecución de proyectos, tales como son Y&V Ingeniería y Construcción, Y&V Construcción y Montaje, Y&V Operación y mantenimiento y Y&V Eco Proyectos. Todas estas empresas comparten las mismas políticas de Recursos Humanos y en las áreas administrativas y financieras, pero son autónomas para el manejo de la estructura de costos y la toma de decisiones.

- Y&V Construcción y Montaje: Actúa como contratista general en la ejecución de obras de ingeniería, y cuenta con una capacidad técnico-financiera para acometer obras mayores a 1.500.000 horas hombre/año.
- Y&V Operación y Mantenimiento: Presta servicio técnico y gerencial, especialmente en la operación y mantenimiento de plantas en los sectores de petróleo y gas, petroquímico e industrial.

- Y&V Eco-proyectos: Diseña y desarrolla soluciones en el área de ambiente, fundamentalmente para los sectores de petróleo y gas, petroquímico e industrial. Surge por iniciativa de un grupo de profesionales de las áreas de ecología en ingeniería ambiental, con el objetivo de desarrollar soluciones orientadas al crecimiento de las empresas industriales y de servicios, debido a las necesidades existentes en materia ambiental.
- Y&V Ingeniería y Construcción: Ofrece sus servicios en diseño y desarrollo de soluciones en el área de ingeniería de consulta y construcción para los sectores de petróleo y gas, petroquímica, industrial e infraestructura.

2.1.2. Propósito medular

El propósito medular de Empresas Y&V es “Ser proveedor de clase mundial de servicios integrales de ingeniería, construcción, fabricación, operaciones y mantenimiento, reconocidos en los mercados que servimos por los excelentes niveles de cumplimiento, confiabilidad, calidad, compromiso y alineación de capacidades con los requerimientos de sus clientes”.

2.1.3. Estructura organizacional de empresas Y&V

La estructura organizacional actual de la empresa muestra la responsabilidad y autoridades del personal de Y&V Ingeniería y Construcción, descritas en el manual de organización y políticas de la misma. Es importante resaltar que la Gerencia del departamento de Mecánica, al cual pertenece la Gerencia de Tubería en el cual se desarrolló la pasantía y el proyecto de grado, está bajo la dependencia de la Vice-Presidencia de Ingeniería. En la figura 2. Se observa la estructura organizacional.

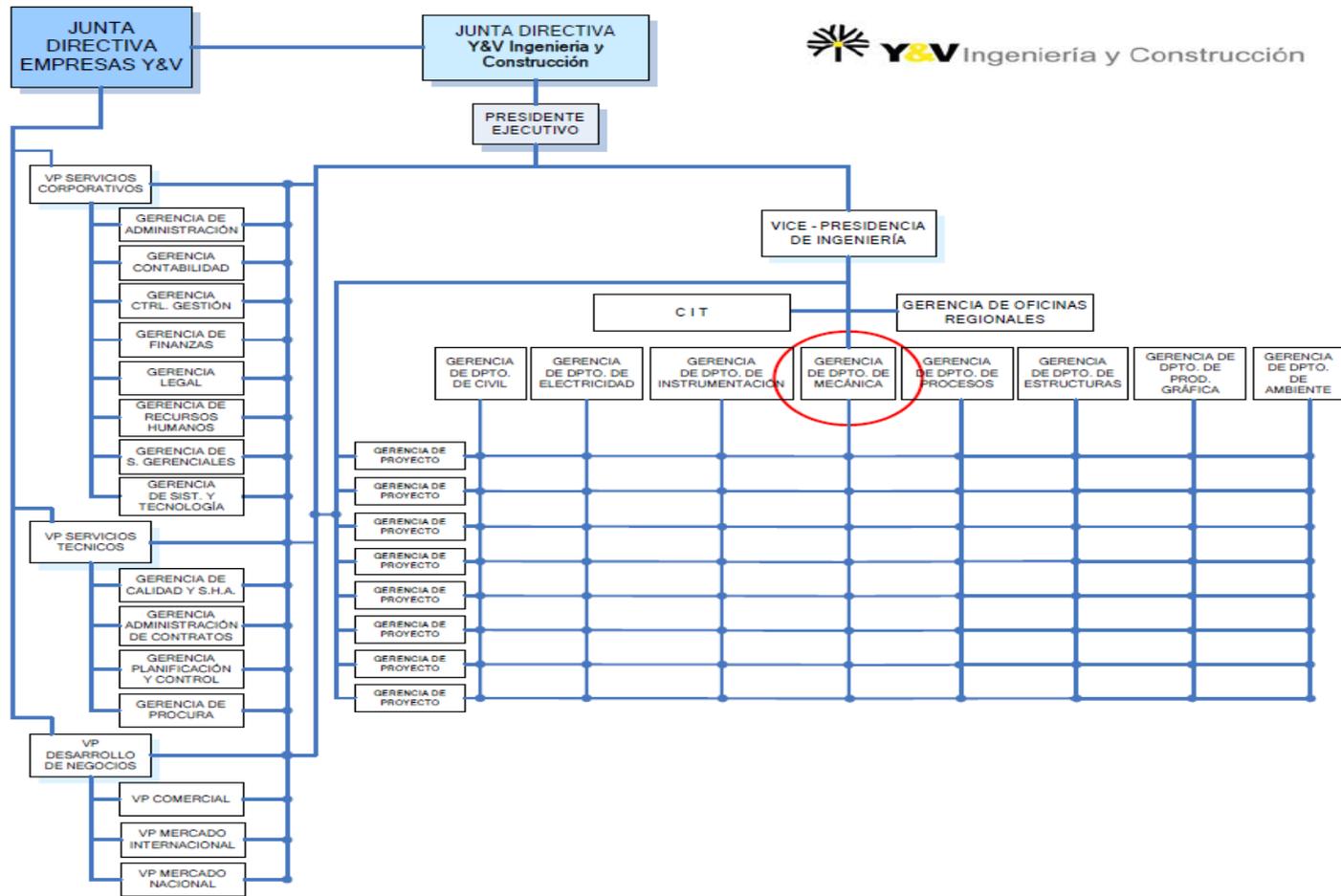


Figura 2. Estructura Organizacional.

2.1.4. Departamento de tubería

En el Departamento de Tubería de Empresas Y&V Ingeniería y Construcción, esta liderado por el Ing. Franklin Cook, Ingeniero Mecánico de la UCV, graduado en 1970, quien ocupa el cargo de Gerente del Departamento y para el caso particular de este proyecto funge como Tutor Industrial. El departamento de Tubería se encarga de desarrollar proyectos en ingeniería IPC de consulta y construcción para los sectores de petróleo y gas, petroquímica, industrial e infraestructura. Esto es realizado en constante coordinación con los otros departamentos de ingeniería de la empresa. La ejecución de este tipo de proyectos de ingeniería acarrea:

- Ingeniería Conceptual.
- Ingeniería Básica.
- Ingeniería de Detalles.

Todo diseño y cálculo implicado en las tres etapas básicas de la ingeniería, esto contempla todo el proceso desde las necesidades del cliente hasta la puesta en marcha de las instalaciones requeridas.

2.2. Proyecto

Son actividades colectivas interdisciplinarias con un solo objetivo, las cuales deben ser realizadas en un periodo de tiempo establecido, con recursos definidos y con el fin de generar un producto o servicio único. Estas actividades se dividen en tres etapas, una etapa de planificación, una de ejecución y una de control con el fin de cumplir con una oferta o propuesta y lograr la plena satisfacción de los requerimientos del cliente.

2.3. Proyecto IPC

El desarrollo de proyectos IPC, consiste desde el diseño y la compra de materiales hasta la construcción de infraestructuras. Las siglas IPC significan Ingeniería, Procura y Construcción, la etapa de ingeniería abarca el diseño conceptual del proyecto a realizar, seguido de la ingeniería básica la cual aporta los primeros resultados al proyecto y por último la ingeniería de detalle la cual aporta cálculos y resultados más precisos en todas las áreas del proyecto, la etapa de procura es la encargada de la estimación de costos de los materiales utilizados, seguidamente de la compra y transporte del material desde el proveedor hasta el sitio de construcción y la etapa de construcción es la que se encarga de fabricar todo lo diseñado en la etapa de ingeniería.

2.4. Diseño de Tubería

En el proceso de diseño y construcción de una planta industrial, el diseño del sistema de tuberías representa una de las actividades de mayor importancia. Para llevar a cabo este procedimiento de forma exitosa, se toman en consideración numerosas variables que afectan directamente la eficiencia del proceso productivo de la planta. Estas variables dependen, en gran medida, del diseño adecuado del sistema de transporte de la materia prima y sus productos: las tuberías y conexiones. Atendiendo a lo anterior, se mencionan algunas de las consideraciones de importancia en el proceso de diseño del sistema de tuberías:

- Establecimiento de las condiciones de diseño de presión, temperatura y otras ocasionales como: carga del viento, movimientos sísmicos, ondas de presión del fluido, gradientes térmicos y número de ciclos de las diferentes cargas.
- Determinación del diámetro de la tubería, el cual dependerá fundamentalmente de las condiciones del proceso: el caudal, la velocidad y la presión del fluido.

- Selección de los materiales de la tubería en base a su tendencia a la corrosión, propiedades mecánicas, económicas y disponibilidad.
- Selección de los tipos y clases de bridas, válvulas y accesorios (codos, té y reductores, entre otros.).
- Calculo del espesor mínimo de la tubería, para las temperaturas y presiones de diseño.
- Establecimiento de un arreglo adecuado entre los puntos terminales de las tuberías.
- Establecimiento de una configuración aceptable de soportes para los sistemas de tuberías.
- Análisis de esfuerzos (bajo condiciones normales y anormales), para verificar que los producidos en la tubería por los distintos tipos de cargas, componentes locales y puntos terminales, estén dentro de los valores admisibles.
- Verificación de: posibilidades y limitaciones de construcción, costo, requerimiento de seguridad, requerimientos de espacio para operación, mantenimiento y emergencias, entre otras.

Dentro del proceso de diseño de tuberías, la selección de materiales para las mismas y sus accesorios, se expresan en las denominadas especificaciones de materiales. A través de ellas, se pueden conocer las características de cada uno de los elementos que componen los sistemas de tuberías.

2.5. Especificaciones de Materiales y sus Elementos

La especificación de materiales o *Piping Class*, es un documento que contiene los tipos de materiales que deben ser empleados en cada uno de los elementos de un sistema de tubería. Para ello, muestran una serie de requerimientos y materiales, cuya selección ha sido determinada en base a la presión, temperatura y naturaleza corrosiva del fluido que transportaría. También describe el espesor de las tuberías, el tipo de

conexión entre los distintos ramales y los códigos empleados para la adquisición o clasificación de los materiales.

Generalmente, las especificaciones de materiales de una planta industrial se hacen a partir de normas o códigos internacionales y de la empresa, que se emplean en el proceso de diseño, tal y como están conformados. Esto permite que la seguridad de la planta no se vea comprometida, ya que los elementos que la conforman quedaran adecuadamente relacionados desde el punto de vista metalúrgico. Con esto se logra que los procesos que se lleven a cabo bajo las condiciones de operación señaladas en las especificaciones se desarrollen satisfactoriamente.

Las especificaciones de materiales contemplan una serie de aspectos que permiten alcanzar la seguridad y rendimiento de una planta industrial, entre ellos se encuentran:

2.5.1. Normas y códigos aplicables

Son documentos elaborados por instituciones nacionales e internacionales, reconocidas y especializadas en los temas que publican. Estos documentos indican los requerimientos técnicos mínimos que deben cumplirse en determinado diseño de ingeniería, fabricación, montaje de equipos, construcción, inspección, arranque, puesta en marcha, condiciones de mantenimiento y operación. Deben emplearse en el proceso de diseño, a fin de garantizar dentro de lo posible, la calidad de los productos arrojados: desde el diseño de la planta, hasta su operación y durabilidad.

Las especificaciones de materiales de tuberías de una planta industrial están basadas en las normas y códigos de diseño de tuberías, bridas, accesorios, empacaduras, pernos y válvulas tales como: API, ASME, ASTM, MSS, PIP, entre otras. El uso de una norma en particular dependerá del tipo de instalación: refinería, oleoducto, gasoducto, etc.

2.5.2. Servicios

Se refiere al fluido a ser conducido por el sistema de tuberías.

2.5.3. Clasificación (*rating*) de tubería

La clasificación presión-temperatura, normalmente conocida como clase o *rating*, se define como la máxima presión de operación que soportan las bridas, válvulas y accesorios del sistema de tuberías, a la temperatura del metal que lo compone.

Cuando se establece el *rating* de una tubería en las especificaciones de materiales, se debe considerar que los límites de presión y temperatura se encuentran establecidos para cada tipo de material definido en el ASME B16.5: “*Pipe Flanges & Flanged Fittings*”.

2.5.4. Designación

En un sistema de codificación alfanumérico, que permite identificar en forma abreviada las características básicas de una línea de tuberías. La designación es normalmente empleada en la identificación de las especificaciones de materiales de tuberías en los planos.

Emplea números y letras que son asignados a distintos tipos de: *rating*, materiales, servicio, tolerancias de corrosión, juntas y requerimientos especiales; como por ejemplo:

Especificación: 1S1R

1 = *Rating* 150 lb

S = Acero Inoxidable

1 = Servicios generales del proceso

R = Accesorios especiales y válvulas de bola

Línea: HX-23012-4"-1S1R

HX = Servicio: Hexano

23012: Área de la planta #2300, línea 12 de esa área

4" = Diámetro de las tuberías

1S1R = Especificaciones de materiales

Cada proyecto emplea la designación dependiendo de los requerimientos del mismo.

2.5.5. Rango de presión

Es el rango de presión dentro del cual es permitido el uso de un determinado *rating*. Las especificaciones de materiales de tuberías definen un rango de presión, dentro del cual se emplea una misma clase de tuberías para un mismo fluido o fluidos equivalentes, bajo diferentes condiciones. Normalmente el rango de presión está dado por los códigos y la clasificación (*rating*) de las bridas, válvulas y accesorios.

2.5.6. Rango de temperatura

De la misma manera al concepto anterior, definir un conjunto válido de temperaturas, a fin de permitir el uso de una misma clase de tuberías para un mismo fluido u otros equivalentes, bajo diferentes condiciones. El rango de temperatura al igual que el rango de presión, está definido por los códigos y la clasificación de las válvulas y accesorios.

2.5.7. Materiales

Se refiere a la denominación genérica del material usado en el sistema de tuberías. Estos pueden ser materiales ferrosos: hierro, acero al carbono, acero

inoxidable, aleaciones con contenido de carbono, etc.; o materiales no ferrosos como: bronce, aluminio, níquel, u otras aleaciones de dichos elementos, etc.

2.5.8. Tolerancia de corrosión

La tolerancia de corrosión (CA) es el espesor adicional que se le agrega al espesor mínimo de diseño de una tubería, para así cubrir las pérdidas de espesor producidas por corrosión o abrasión durante la vida útil de la instalación.

Normalmente, se selecciona tomando en consideración el comportamiento del material bajo determinadas condiciones de operación. Para ello, se utiliza un valor (conservador) de la velocidad con la que el material se corroe bajo las condiciones a emplear en el proceso, y se calcula el espesor adicional que se debe agregar a la tubería para que la misma cumpla con un periodo de vida útil esperada. Así, si se desea que una tubería de acero al carbono tenga una vida útil de 10 años, y la misma se corroe a 0.00625 plg/año bajo la acción de un determinado agente; el espesor adicional que se debe considerar para su selección es de 1/16 plg.

La velocidad esperada de corrosión de un material no es fácil de determinar, pues dentro del proceso corrosivo se generan numerosas variables que deben ser consideradas y que no siempre son reproducibles en un ambiente de prueba.

En caso de no contar con la información necesaria para obtener la tolerancia de corrosión, se puede recurrir a la experiencia de otros procesos iguales que ya se hayan implementado satisfactoriamente en el campo, a las recomendaciones del fabricante y las tablas publicadas por la *National Association of Corrosion Engineers* (*Asociación Nacional de Ingenieros de Corrosión*) (NACE).

2.5.9. Tablas de conexión

También conocidas como *Branch Connection*, especifican el tipo de conexión entre el ramal y la línea principal para cada combinación de diámetros. Esta tabla se genera a partir de lo establecido en las normas ASME B31.3, según corresponda. En la figura. 3. Se puede observar una tabla de conexión.

Tabla F

Diámetro del Cabezal en Pulgadas	1/2															T	
	3/4	TR														T	
	1	TR	TR												T		
	1 1/2	TR	TR	TR										T			
	2	TR	TR	TR	TR								T				
	3	S	S	S	S						T						
	4	S	S	S	S	S	W					T					
	6	S	S	S	S	S	W	W				T					
	8	S	S	S	S	S	BR	BR	BR				T				
	10	S	S	S	S	S	BR	BR	BR	BR			T				
	12	S	S	S	S	S	BR	BR	BR	BR	BR		T				
	14	S	S	S	S	S	BR	BR	BR	BR	BR	BR		T			
	16	S	S	S	S	S	BR		T								
18	S	S	S	S	S	BR		T									
20	S	S	S	S	S	BR		T									
24	S	S	S	S	S	BR		T									
		1/2	3/4	1	1 1/2	2	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	24

Diámetro del Ramal en Pulgadas

S- Accesorio integralmente Reforzado para enchufe soldado, Sockolet (Ver Diagrama 1)

W - Accesorio Integralmente Reforzado para soldar a tope, Weldolet (Nota 1 y 3)

BRW - Derivación soldada directamente al cabezal con una pasada adicional (Ver Diagrama 2)

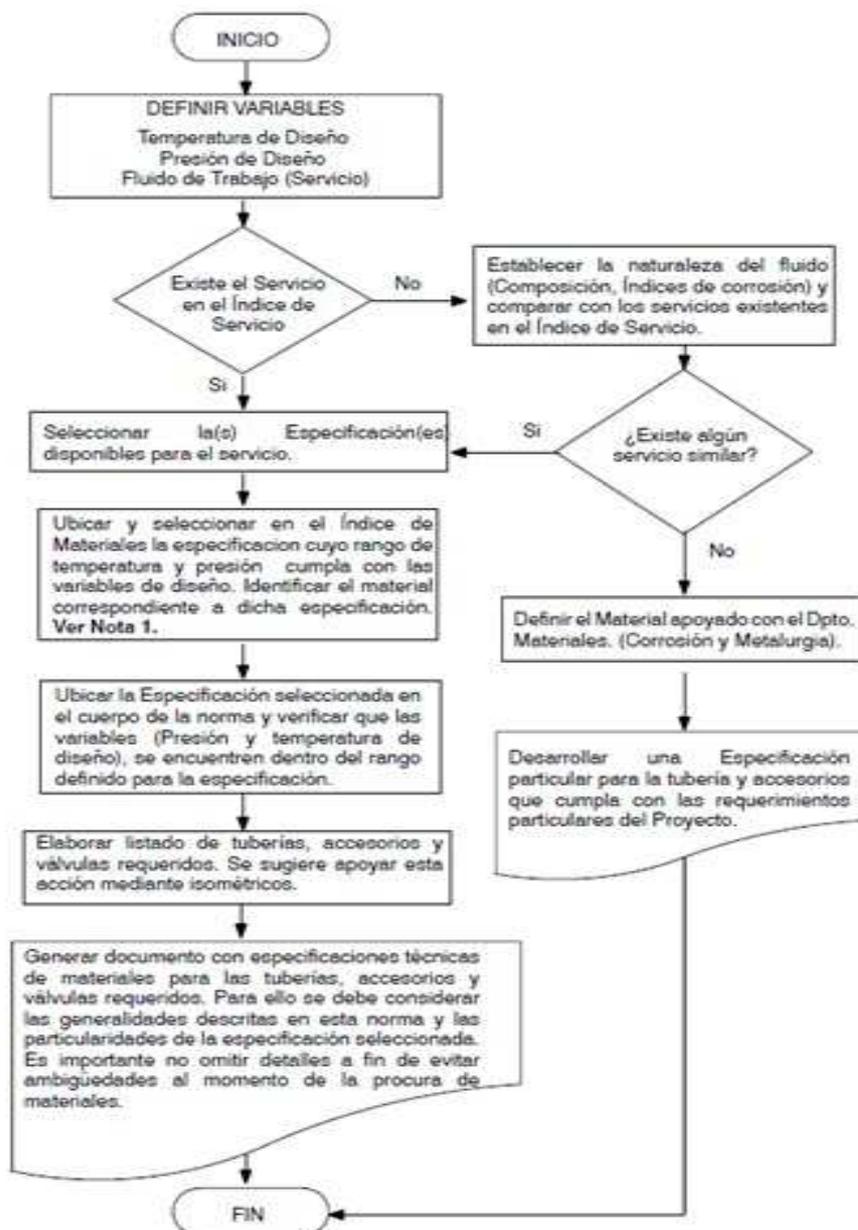
BR - Derivación soldada directamente al cabezal con placa de refuerzo (Ver Diagrama 3)

TR - Te reductora

T - Te

Figura 3. Tabla de Conexión (Branch Connection)

En la figura. 4. Se ilustra un flujo-grama de procesos de selección de materiales.



Nota 1: En caso de disponer de más de una especificación que cumpla con los requerimientos establecidos, se debe seleccionar aquel material que proporcione mayores beneficios desde el punto de vista técnico, de seguridad y económico. Esta acción será responsabilidad del Ingeniero de Diseño.

Figura 4. Flujo-grama de Proceso de Selección de Materiales

2.6. Elementos de un Sistema de Tuberías

2.6.1. Tubería

Una tubería es un elemento hueco que sirve para transferir generalmente fluidos. Son construidas bajo normas ANSI que permiten una geometría estándar. Las tuberías comerciales y productos tubulares son clasificados dentro de varios grupos basándose en la aplicación y uso, y no según el método de manufactura. Por ende, existe una diversidad en las clasificaciones de las tuberías. Una de estas clasificaciones es: tubería estándar, tubos de presión y tubos mecánicos; a su vez estos tres grupos se dividen en otros subgrupos. Las consideraciones de costo entran también dentro de la selección de la especificación del material de la tubería.

2.6.2. Características importantes de las tuberías

Debido a los parámetros de sección de flujo, presión, corrosión, temperatura y el material es necesario establecer diferentes espesores de tuberías, por lo cual se designa un Diámetro Nominal (DN) y un diámetro externo fijo que siempre es mayor al nominal hasta 12 pulg de diámetro nominal a partir del cual si se corresponde la designación con la medida, es decir, una tubería de diámetro nominal de 14 pulg tiene un diámetro externo de 14 pulg cosa que no ocurre con las nominaciones menores.

El diámetro nominal, como su nombre lo indica, solo sirve para nombrar a las tuberías, no para dimensionarlas, mientras que el diámetro exterior (OD) representa la medida real del mismo, este diámetro permanece constante sin importar la variación del espesor de la tubería. En cuanto a los espesores, estos también se conocen con el nombre de “Schedule”, estableciéndose los siguientes valores: 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, XS Y XXS. A mayor “Schedule”, mayor es el espesor de la pared de la tubería. Los más usuales en diámetro hasta 12 pulg son el 20, 30, 40 y 60, en tuberías de acero al carbón.

Desde el punto de vista de las conexiones de las tuberías, los extremos y las juntas son las características más importantes, esto se debe a que dependiendo de ellas el tipo de conexión variará.

2.6.3. Extremos de tuberías

Hay tres formas en los extremos de las tuberías que a la vez determinaran los tres tipos principales de conexiones de tuberías que son:

- Biselado (BE).
- Plano (PE).
- Roscado (T&C).

En la figura 5. Se pueden observar los extremos de tuberías mencionados.

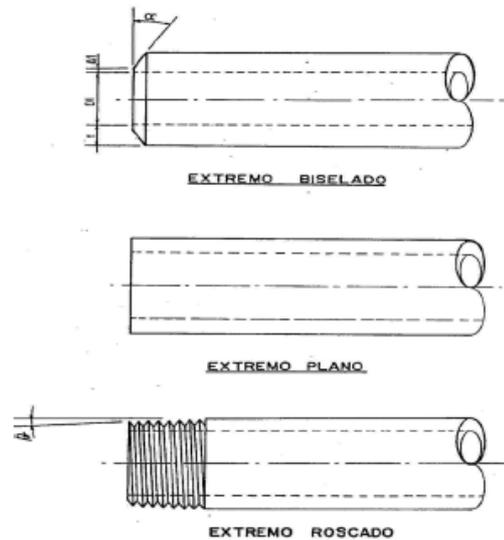


Figura 5. Forma de los Extremos de las Tubería.

2.6.4. Juntas de tuberías

La junta de las tuberías se denomina a la forma de unión de una tubería con los demás elementos de manera de garantizar la continuidad de la línea por un determinado recorrido o tramo. Los diferentes tipos de juntas son:

2.6.4.1. Soldadas

Este tipo de junta se hace por medio de soldadura y se clasifican en:

- **Soldadas a tope (“Butt Weld”, B.W.):** se usan para la mayoría de las tuberías de proceso y servicio, de diámetros mayores. Esta junta es totalmente de frente al espesor biselado de tubería a tubería o de accesorio a tubería. Figura. 6. A.
- **Enchufe y soldado (“Socket Weld”, S.W.):** se usan para tuberías de diámetros menores, su junta es a enchufe en un accesorio que posea una cavidad tal que permita la penetración de la tubería; la soldadura será en la superficie de la tubería con el frente del accesorio. Figura. 6. B.

2.6.4.2. Mecánicas

Este tipo de juntas está formado por bridas, tornillos y empacaduras; permite el intercambio sin afectar la integridad de los elementos a ser juntados, se utilizan en general para líneas de diámetros mayores a 4 pulg. También se consideran juntas mecánicas las roscadas.

2.6.4.3. Roscada

Este tipo de junta permite una fácil instalación, remoción o reemplazo de tuberías, válvulas y otros accesorios. Se utilizan cuando se prevé un desmontaje futuro y para facilidad de mantenimiento, sobre todo para líneas de diámetro hasta 4 pulg. Este sistema permite conservar los acabados de algunas superficies y accesorios que en ocasiones son decorativos. Figura. 6. C. Aplicaciones de las juntas de tuberías dependiendo del material del cual estén elaboradas dichas juntas. En la tabla 1.1 se muestran las diferentes aplicaciones de las juntas de tuberías dependiendo del material del cual estén elaboradas dichas juntas.

Material de la tubería	Tipo de junta	Aplicaciones
Acero	Acoplamiento mecánico	Tuberías de 24 pulg o menores, especialmente con revestimiento.
Acero	Juntas soldadas	Tuberías de 24 pulg de diámetro y largas con recubrimiento interno ideales para terrenos blandos donde la sedimentación puede ser excesiva.
Acero	Bridas soldadas	Donde las válvulas y los accesorios pueden ser atacados por el medio ambiente.
Cobre	Soldadas, roscadas, a compresión	Generalmente usados en servicios de agua subterráneos.
Aluminio	Soldadas	Utilizados en sistemas criogénicos, transferencia de calor, líneas de presión.

Tabla 1. Aplicación de las Juntas de Tuberías

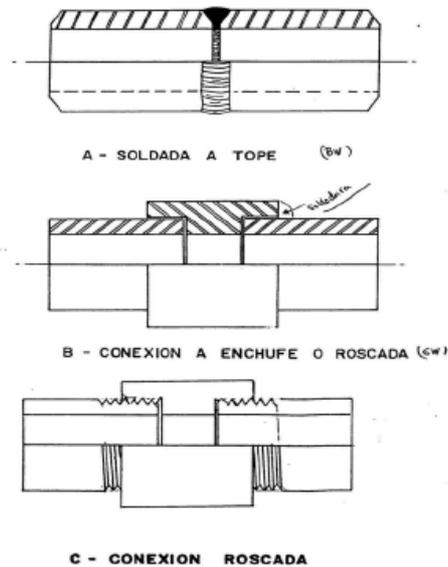


Figura 6. Juntas de Tubería.

2.7. Accesorios Principales para Sistemas de Tuberías

Los accesorios para un sistema de tubería se denominan al conjunto de piezas que sirven para cumplir una determinada labor en el funcionamiento del sistema, permiten la instalación adecuada y confiable de las tuberías proporcionándoles hermeticidad y seguridad en el transporte de los fluidos. Estos accesorios varían dependiendo de las características de las tuberías y del fluido o servicio. Dentro de los accesorios principales, entendiéndose por estos los más comunes y de mayor relevancia en un sistema, se tienen los siguientes: codos, térs rectas y reducciones. A continuación se describen detalladamente cada uno de estos accesorios.

2.7.1. Codos

Se denominan codos a los accesorios que logran el cambio de dirección de las tuberías en diferentes planos. Los diferentes tipos de codos son: codos de 90° biselados, codo de 45° biselado, codo roscado y a enchufe. Figura. 7.

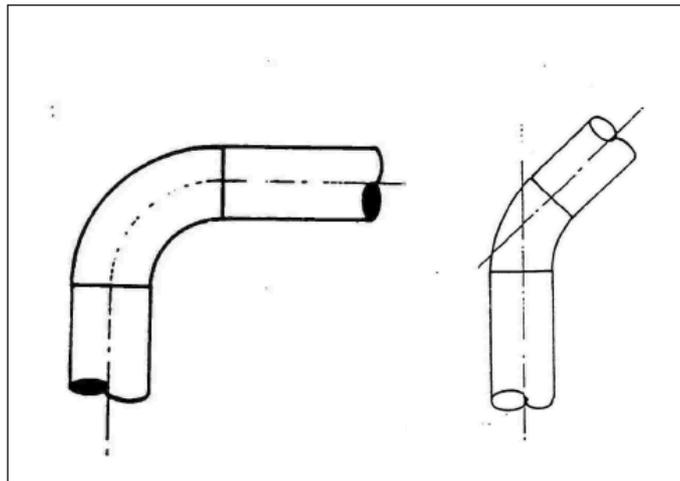


Figura 7. Codos de 45° y 90°.

2.7.1.1. Codo de 90° biselado

Es el que va soldado directo al espesor de la tubería o accesorio; su tamaño y espesor corresponde al mismo de la tubería donde vaya a ser instalado ya que su conexión a tope debe coincidir con la geometría de las dos partes en el punto de soldadura. Pueden ser de radio largo (L.R.) cuando su radio sea una vez y media su diámetro nominal y radio corto (S.R.) cuando su radio sea igual a su diámetro nominal.

2.7.1.2. Codo de 45° biselado

Al igual que el codo de 90°, cumple con las características de la tubería donde vaya a ser instalado, en cuanto a su tamaño, extremo y espesor. Su aplicación es muy ventajosa cuando se trata de desplazamiento no ortogonal.

2.7.1.3. Codo roscado y de enchufe

Para sus dimensiones hay que acudir a las tablas pertinentes, ya que no tienen ninguna relación con su diámetro nominal. Debido a que normalmente se aplican en diámetros pequeños, en su fabricación se hace indispensable que sean robustos para facilitar el tipo de conexión y en razón de esto se clasifican por libraje y no por “Schedule”. Ejemplo 3000 libras y 6000 libras. Esto aplica para todos los demás accesorios roscados y a enchufe.

2.7.2. Tés

Se denomina Té al accesorio que permite un ramal de igual diámetro a la tubería principal, y también permite un ramal de menor diámetro a la tubería principal, este tipo se conoce como “Té Reductora”. Figura. 8.

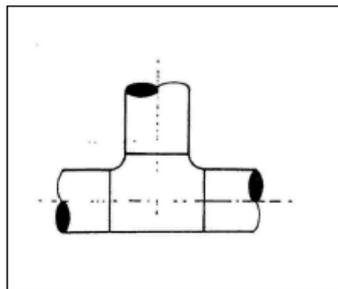


Figura 8. Té.

2.7.2.1. Te biselada

Son para instalar en las tuberías de forma “a tope”, tanto en la tubería principal como en su ramal. Sus características de dimensionamiento corresponden al mismo de la tubería donde se instale. Este tipo de ramal, utilizando la té es el que admite la mayor cantidad de esfuerzos.

2.7.2.2. Te a enchufe y roscada

Su función y forma de instalación es como su nombre lo dice. Sus dimensiones no están relacionadas con el diámetro nominal y dependen del libraje de fabricación.

2.7.3. Reducciones

Son accesorios que reducen el diámetro de las tuberías linealmente. Existen dos tipos: concéntrica y excéntrica. Figura. 9.

2.7.3.1. Reducciones concéntricas

Hacen la reducción manteniendo el eje de las dos tuberías y su aplicación es con mayor frecuencia en tramos verticales.

2.7.3.2. Reducciones excéntricas

Logran siempre mantener un lado plano donde se alinean las superficies de las dos tuberías, que dependiendo del diseño esta parte plana va a quedar por arriba o por abajo, ellas si provocan un desfase entre ambos ejes.

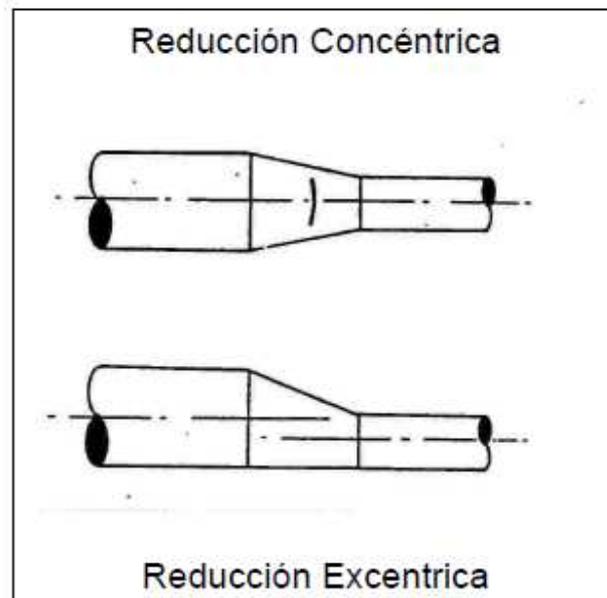


Figura 9. Reducción Concéntrica y Excéntrica.

2.8. Accesorios Misceláneos para Sistemas de Tubería

Los accesorios misceláneos son aquellas piezas de menor uso, generalmente más pequeñas, que se encargan de funciones muy particulares dentro del sistema, dentro de esta categoría se encuentran los siguientes elementos: tapa (cap), disco reversible, unión universal, tapón (plug) y niple.

2.8.1. Casquete (Cap)

Son accesorios colocados en los extremos de las tuberías para cerrarlas temporal o permanentemente, dependiendo del tipo de tapa que se coloque: biselada, roscada o a enchufe. Figura. 10. A.

2.8.2. Disco reversible

Son accesorios que se introducen entre dos bridas y tienen como función cerrar el paso al flujo cuando se requiera debido a alguna operación que se vaya a realizar en el sistema.

2.8.3. Unión universal

Sirven para unir dos tramos de tuberías, permitiendo separarlos fácilmente. Su aplicación es con el fin de facilitar el montaje y desmontaje, su conexión con la tubería puede ser enchufe o roscado. Figura. 10. B.

2.8.4. Tapón (Plug)

Son especies de tapones que permiten cerrar la tubería temporalmente y con frecuencia en diámetros pequeños con conexión roscada. Figura. 10. C.

2.8.5. Niple

El niple estándar es un tramo de tubería de diámetro pequeño con longitud estándar. Existe una especie de niple que es el niple reductor y se conoce como “swage”. Figura. 10. D y la figura 10. E.

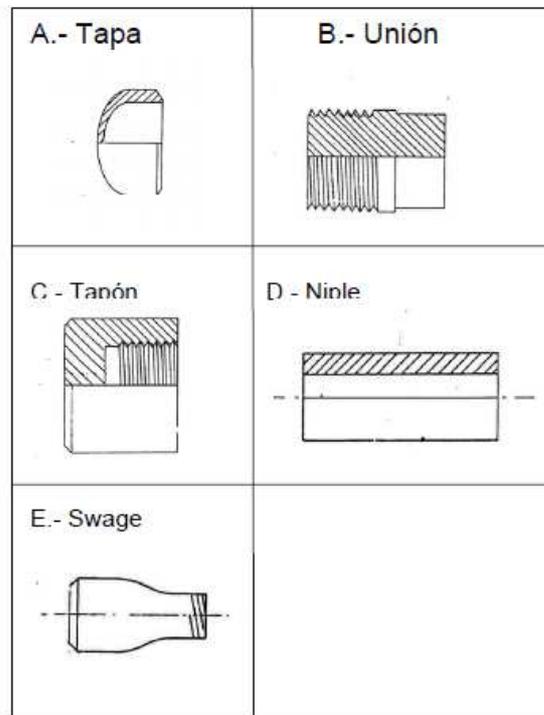


Figura 10. Accesorios Misceláneos para Tubería.

2.9. Refuerzos para Ramales Pequeños

Estos refuerzos a partir de tuberías principales grandes son muy usados para la facilidad de instalaciones de ramales con diámetro pequeño, generalmente hasta 3 pulg, y además permiten el cambio de tipo de conexión que contempla la especificación, todos ellos son accesorios estándares y van soldados a la tubería principal.

El refuerzo que permite salir con un ramal en el sistema de conexión a enchufe se denomina “Sockolet”. El refuerzo que permite salir con un ramal en el sistema de conexión roscado se denomina “Threadolet”. El refuerzo que permite salir con un ramal en el sistema de conexión soldado se llama “Weldolet”. Figura. 11.

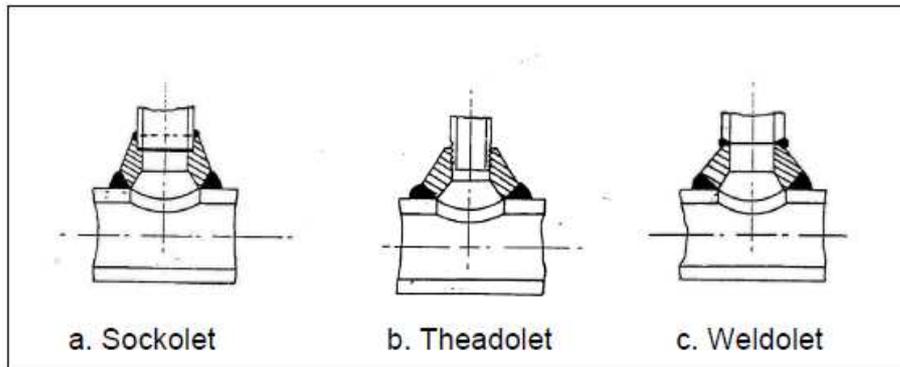


Figura 11. Refuerzos para Ramales Pequeños.

2.10. Bridas

Son elementos de fabricación forjada o fundida que se emplean para unir tuberías con válvulas, filtros y equipos, entre otros; de forma mecánica con el fin de facilitar el montaje y desmontaje y garantizar la integridad de los equipos y además poder trabajar en áreas en pleno funcionamiento.

Van siempre unidas mediante pernos y acompañadas de empañaduras entre las caras de contacto para asegurar hermeticidad que evite fuga de fluido. Las bridas de acero forjado “ANSI” están clasificadas en seis tipos de presiones nominales: 150#, 300#, 600#, 900#, 1500#, 2500#. El símbolo “#” representa libras por pulgadas cuadradas, pero esta son solo presiones nominales o referenciales.

La serie de presiones antes indicadas no son la serie de presiones máximas que pueden soportar las bridas, solo son presiones nominales. Para un determinado tipo de material la resistencia de una brida no solo es función de la presión sino también de la temperatura. De este modo que a medida que aumenta la temperatura ha de disminuir la presión de admisión de la tubería para que el trabajo de la brida se

realice en condiciones favorables. Así las bridas de 150# (nominal) al carbono (C.S.), a temperatura ambiente admite 275#, y a 400 grados Celsius solo admiten 100#.

Las bridas de hierro fundido se fabrican según dos tipos de presiones nominales: 125# y 250# de caras planas o como se le conoce en la industria “Flat Face”. Las bridas se clasifican por tipos, presiones y según su cara. Estos tres factores van condicionados a las características del servicio para el cual se destina la brida.

2.11. Tipos de Bridas

Los tipos de bridas más usados en cuanto al tipo de unión con la tubería son:

- De cuello soldable (“Welding Neck”).
- Deslizante (“Slip-On”).
- Locas (“Lap-Joint”).
- Roscadas (“Threaded”).
- De enchufe y soldadura (“Socket-Weld”).
- Ciegas (“Blind”).
- De orificio (“Orifice Flange”).

2.11.1. Brida de cuello soldable (Welding Neck)

Este tipo de bridas poseen un cuello en forma de cono truncado que permite ir hacia la configuración de extremo de una tubería estándar biselada, para poder realizar la soldadura a tope con la tubería (figura. 12. A.). Este es el tipo de brida más usado a partir de 2 pulg en adelante. Es la brida que soporta mayores esfuerzos y por eso es conveniente utilizarlas donde existan altas temperaturas, vibraciones y altas presiones. La descripción de esta brida debe ir acompañada por el dato de espesor de pared de la tubería (Pipe Schedule) en la que va a ir soldada, esta brida es usada en todos los rangos de diámetros y clases.

2.11.2. Brida deslizante (Slip-On)

Estas bridas se unen a las tuberías mediante soldadura interna de sellado y otra externa de refuerzo, son de menor costo que las de cuello soldable (figura. 12. B.). Se utilizan normalmente para presiones bajas y también cuando el espesor del tubo no permite bisel, normalmente no se usa en clases mayores a 600 libras.

2.11.3. Brida loca (Lap-Joint)

Este tipo de bridas encuentran gran aplicación sobre todo en tuberías de acero inoxidable, puesto que la brida puede ser de material más barato ya que no está en contacto con el fluido y va soldada (figura. 12. C.). Estas bridas vienen acompañadas de un accesorio llamado “Stub-Ends”, el cual es del mismo material de la tubería ya que es este el que va soldado a la misma. Los rangos de presión o *rating* más usados son 150# y 300#.

2.11.4. Brida roscada (Meaded)

Esta brida, como su nombre lo dice, va roscada a la tubería, es utilizada en pequeños diámetros y bajas presiones. La principal razón de su aplicación es por la variedad de materiales, para poder conservar la presentación del mismo (figura. 12. D.).

2.11.5. Bridas de enchufe y soldadura (Socket Weld)

En este tipo, la tubería se ajusta dentro de una cavidad de la brida, y se hace soldadura sobre la parte límite entre la tubería y la brida. Normalmente se aplica en diámetros y presiones nominales bajas (figura. 12. E.).

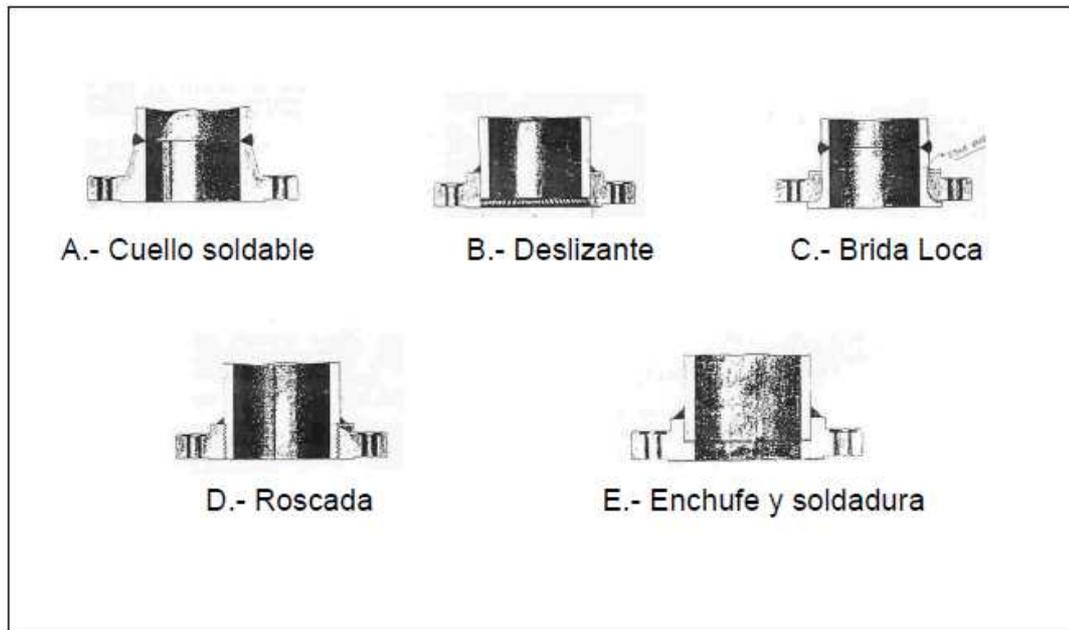


Figura 12. Tipos de Bridas.

2.12. Caras de las bridas

Según el tipo de cara, las bridas se dividen en los siguientes tipos:

- Cara levantada (Raised Face, RF).
- Cara plana (Flat Face, FF).
- Junta de anillo (Ring Joint, RJ).
- Macho-Hembra.

2.12.1. Cara levantada

Las de cara levantada son las de mayor uso, ambas bridas son idénticas teniendo un realce de 1/16 pulg para 150-300 lb, y ¼ pulg para las demás. Se recomienda su uso para tuberías de acero en condiciones de servicio moderadas. Figura. 13. A.

2.12.2. Cara plana

Las de cara plana son iguales a las realzadas, excepto que carecen de realce, para adaptarlas a equipos que vienen con bridas de cara plana. Entre sus usos se encuentran las bridas de hierro fundido, de bronce y para unir acero con hierro fundido. Figura. 13. B.

2.12.3. Juntas de anillo

Las juntas de anillo son las más costosas, pero las más eficientes. Es muy difícil de dañar durante el montaje, la cara de la brida tiene un canal de asiento al anillo. Es preferible usarla para servicios de alta presión y temperatura. Figura. 13. C.

2.12.4. Macho-Hembra

Las bridas macho-hembra, son hechas para pequeñas y grandes bridas. Se pueden utilizar juntas metálicas a causa de la gran compresión a las que estarán sometidas. La brida macho tiene la cara realzada y la hembra una cavidad para contener en ella la empacadura y la cara realzada de la otra. No son muy usuales, se recomiendan cuando se quiere minimizar al máximo la fuga. Figura. 13. D.

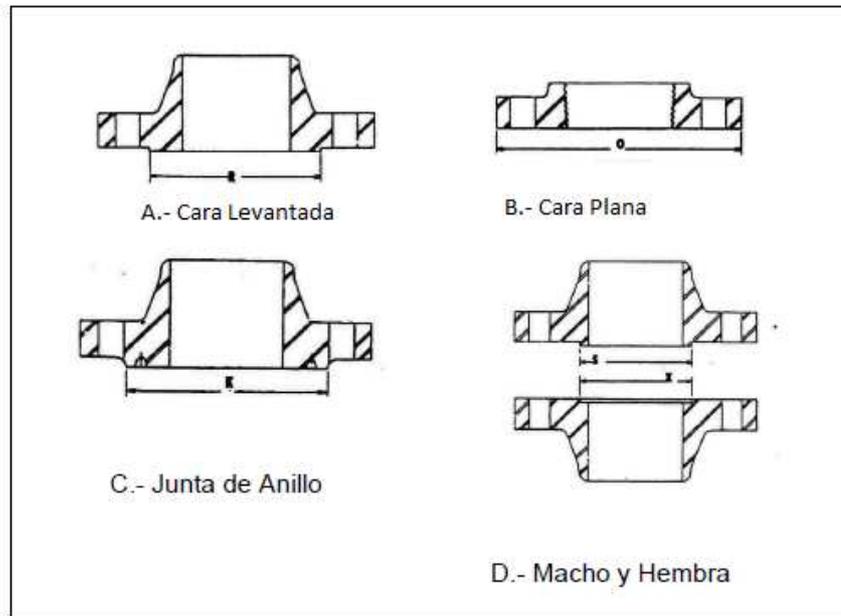


Figura 13. Caras de las Bridas.

2.13. Empacaduras

Son los elementos usados entre bridas, bridas con válvulas y equipos para asegurar la hermeticidad de la unión. Se fabrican de una gran variedad de materiales como: gomas sintéticas, fibras vegetales, teflón, asbesto, acero, entre otros, y se seleccionan de acuerdo con el servicio y la temperatura a las que van a ser destinadas. Atendiendo a su forma y material, las más usadas son:

- Juntas planas taladradas de componentes minerales comprimidos, de diámetro igual al de la brida y por lo tanto agujereada para dar paso a los pernos. Empleadas con bridas de cara plana.
- Juntas espiro-metálicas de acero inoxidable con soporte de teflón y de igual diámetro al resalte. Son usadas en aquellos servicios en los que debido al

mantenimiento se necesita un desacople frecuente de las bridas, ya que las juntas se retiran fácilmente.

- Juntas de anillo tipo oval u octogonal de acero inoxidable, aleadas o de acero al carbón. Usadas sobre todo en servicios de alta temperaturas y corrosivos.

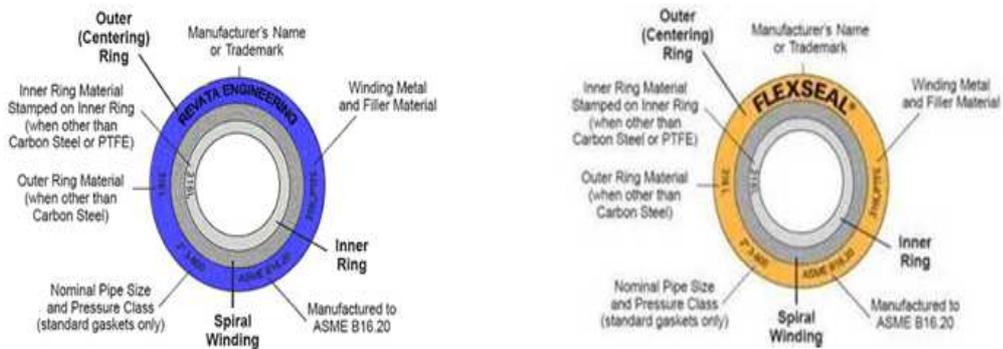


Figura 14. Empacaduras.

2.14. Pernos y Espárragos

Son elementos que se emplean para la fijación de las bridas, válvulas y demás componentes. Pueden fabricarse de gran variedad de materiales atendiendo principalmente a la temperatura a la que se destinan. Los tipos más usados son: pernos (“Machine Bolts”) y espárragos (“Stud Bolts”).

2.14.1. Pernos

Los pernos llevan solo un extremo roscado donde se monta una tuerca hexagonal y el otro extremo termina en una cabeza cuadrada o hexagonal. No es recomendable para líneas con servicio a alta temperatura. Figura. 15. A.

2.14.2. Espárragos

Los espárragos son completamente roscados llevando una tuerca hexagonal a cada lado. Tienen la ventaja de que se desmontan más fáciles que los tornillos y se pueden fabricar en cualquier tamaño y longitud rápidamente partiendo de una varilla o barra de acero. Figura 15. B.

En la cara de la brida deben considerarse dos ejes de simetría perpendiculares entre si y perpendiculares al eje de la tubería. Según esto, cualquier brida tiene cuatro cuadrantes y los agujeros para los tornillos o espárragos estarán siempre entre ellos, nunca sobre los ejes.

Estos agujeros estarán siempre igualmente espaciados sobre la circunferencia de la brida y el numero siempre múltiplo de cuatro. De este modo para averiguar la separación entre los agujeros, basta dividir los 360° de la circunferencia entre el número de ellos.

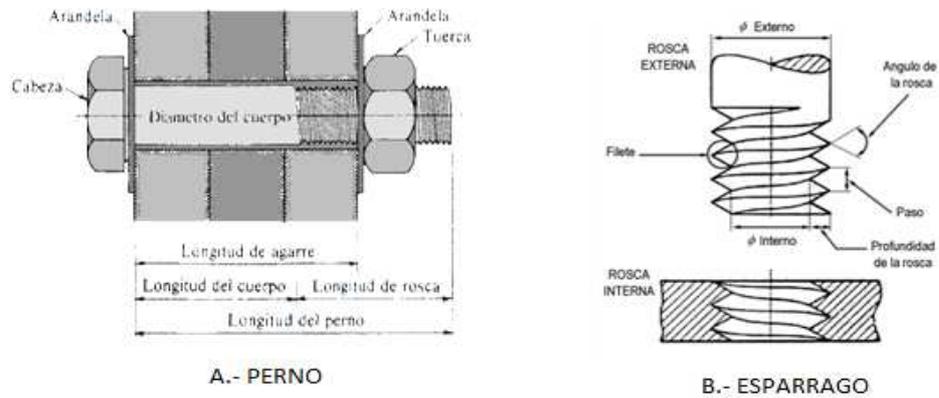


Figura 15. Perno y Esparrago.

2.15. Válvulas

Las válvulas son los elementos que controlan los fluidos en cualquier línea de conducción de flujo. Debido a esto la adecuada selección es muy importante para obtener el mejor servicio a bajo costo. La selección se debe realizar basándose en las condiciones de servicio como lo son: fluido a manejar, contaminación en el fluido, erosión, tipo de flujo, si existe contraflujo, temperatura, presión, caída de presión, tipo de control al que será destinada la válvula, operación, normas de construcción, material del cuerpo, medio ambiente.

Los catálogos de los fabricantes para válvulas ofrecen una variedad casi interminable de construcciones. Se puede hacer una clasificación, considerando las partes básicas que componen una válvula:

- ✓ El disco y asiento que afectan directamente el flujo.

- ✓ El vástago que mueve el disco, en algunas válvulas el fluido bajo presión hace el trabajo del vástago.
- ✓ El cuerpo “Bonnet” que contienen al vástago.
- ✓ El “Operador” que mueve al vástago.

2.16. Tipos de Válvulas

Existe una gran cantidad de tipos de válvulas, con muchas diferentes aplicaciones, en los sistemas de tuberías las más frecuentes son: de compuerta, globo, tapón, de retención, bola, aguja, diafragma y seguridad. A continuación se describen cada una de ellas.

2.16.1. Válvula de compuerta (Gate Valve)

Se componen de un disco cónico en su espesor que se mueve perpendicularmente al flujo. El disco asienta en dos caras cónicas para cerrar. Se recomienda para servicios que no requiera frecuente cierre, es decir, de operación tardía, ya que son muy duras y lentas de cerrar. Además, el estrangulamiento causa erosión y vibraciones en los asientos de la válvula. La bolsa en el fondo de la válvula puede llenarse de depósitos, impidiendo el cierre. Figura. 17.

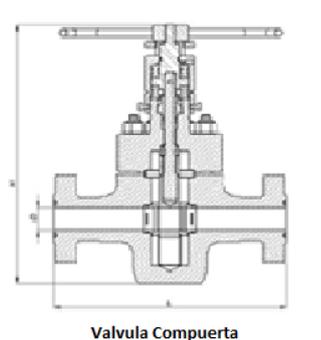
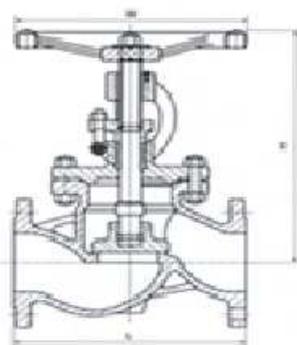


Figura 16. Válvula Compuerta

2.16.2. Válvula globo (Globe Valve)

Es la principal válvula que sirve para control manual y en vez de tener un disco como elemento de cierre, tiene un cono situado en el extremo del husillo y asienta sobre una abertura circular cónica. El flujo cambia de dirección cuando pasa por la válvula, y el cierre se hace contra el flujo. Es buena para producir estrangulamiento debido a la resistencia que presenta el flujo. No es recomendada para servicios que requieran frecuente cierre y apertura, el costo y la eficiencia en el estrangulamiento para válvulas mayores de 6 pulg es desfavorable. Figura. 17.



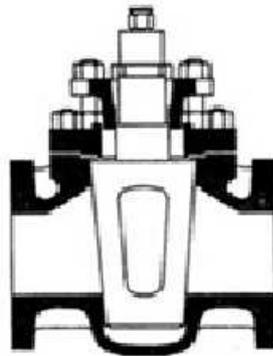
Valvula Globo

Figura 17. Válvula Globo

2.16.3. Válvula de tapón (Plug Valve)

El macho cónico con agujero de la misma forma que en el interior de la válvula, abre y cierra con un mínimo de esfuerzo en un cuarto de vuelta del macho. Para servicio general de cierre y apertura rápida. Ofrece mayor seguridad de cierre que las de compuerta. Pueden ser utilizadas para el control manual, aunque no tan eficientes como las de globo. Se recomienda para servicios donde se requiera una

pérdida de carga mínima, además los asientos protegidos son menos afectados por la corrosión y erosión. Figura. 18.

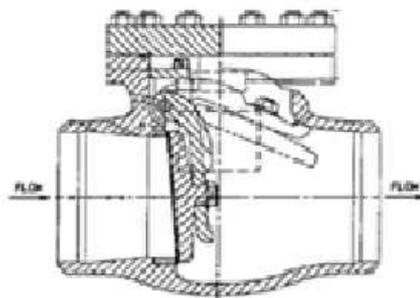


Valvula Tapón

Figura 18. Válvula Tapón

2.16.4. Válvula de retención (Check Valve)

Su aplicación general es prevenir el contraflujo o retorno de flujo. Básicamente existen dos tipos que cumplen esta función, la de bisagra lineal y las de pistón transversal al flujo. Figura. 19.



Valvula de Retención

Figura 19. Válvula de Retención

2.16.5. Válvula de bola (Ball Valve)

Opera de igual manera que una válvula de tapón, pero sustituyendo el cono por una bola. Muy buena para operar con fluidos viscosos cuyos depósitos perjudicarían la operación de los otros tipos. No es común para tamaños menores a 12 pulg y no se recomienda para operar con flujo pulsante. Figura. 20.

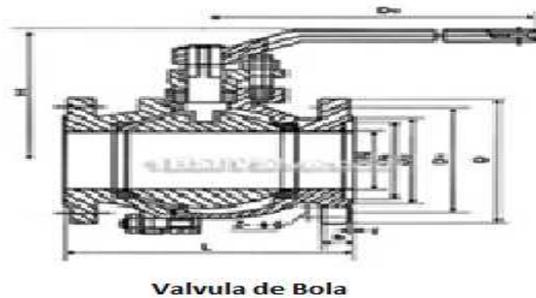


Figura 20. Válvula de Bola

2.16.6. Válvula de aguja (Needle Valve)

Es similar a las de globo, con el disco sustituido por un disco cónico muy puntiagudo, son válvulas robustas en proporción a su diámetro. Las válvulas de 2 pulg y menores son utilizadas en plantas pilotos, equipo a pequeña escala y servicio de instrumentación. Buenas para el control manual de flujo. No es deseable el cierre fuerte, en algunos diseños se daña el asiento si se cierra demasiado fuerte. Figura. 21.

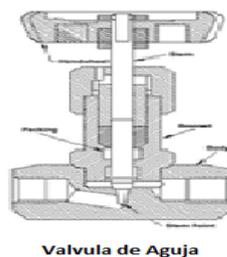


Figura 21. Válvula de Aguja

2.16.7. Válvula de diafragma (Diaphragm Valve)

En este caso el diafragma sirve de junta de Bonnet, evitando la entrada en contacto del fluido con el interior del Bonnet. El elemento de asiento puede ser un disco separado, un diafragma o un diafragma sólido, puede servir de cierre. Su aplicación es predominante para servicio corrosivo volátil o tóxico, en el cual no se puede permitir ningún escape. Todas las válvulas de plástico son fabricadas según este diseño. Figura. 22.

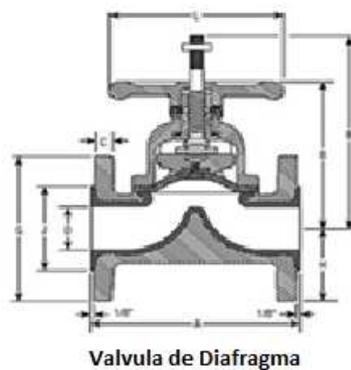


Figura 22. Válvula de Diafragma

2.16.8. Válvula de seguridad (Relief Valve)

La válvula abre automáticamente cuando la fuerza sobre el asiento excede la fuerza del resorte, y se cierra cuando el exceso de presión ha sido aliviado. Su aplicación es para proteger equipos y recipiente de presiones excesivas aliviando el sistema. Requiere inspección periódica para asegurar su operatividad. No es indicada para fluidos altamente corrosivos. Figura. 23.

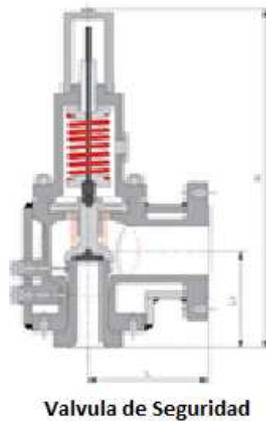


Figura 23. Válvula de Seguridad

2.17. Isométricos de Tuberías

En los proyectos de ingeniería en los cuales estén involucradas la construcción y/o configuración de tuberías, se generan isométricos, los cuales son la representación gráfica de la distribución de la futura tubería que será construida. En los isométricos están representados todos los elementos (válvulas, codos, bridas, tramos de tuberías, accesorios, etc.) tanto como las uniones soldadas, roscadas o según sea el caso, las elevaciones a las que van a estar las tuberías, las diferentes secciones en las que van a ser divididas las tuberías (Spools), las distribuciones de venteos y drenaje, la disposición de construcción de campo (Field) o construcción de taller (Shop), el listado de todos los elementos utilizados para la construcción del isométrico (Listado de materiales) y toda la información necesaria para la posterior construcción de la tubería.

En un proyecto puede haber grandes cantidades de isométricos ya que cada isométrico es la representación de una sola tubería, si esta tubería tiene una unión con otra tubería, esa otra tubería que se une es otro isométrico, y si a esta se le une otro segmento de tubería será otro isométrico y así sucesivamente.

La elaboración de los isométricos es para visualizar o representar la disposición espacial de la tubería antes de proceder a construirla, con la finalidad de que no hayan errores en su construcción, tampoco de que falten o sobren componentes a la hora de montarlos, porque hay que recordar que la mayoría de las veces esta se construye en lugares lejanos a centro poblados y en su mayoría de difícil acceso por lo tanto es preferible encontrar los errores en la oficina donde se generan los isométricos y no en el campo donde se generarían pérdidas.

El plano mostrado en el [Anexo 1], pertenece a uno de los planos isométricos perteneciente a la planta de mejoramiento. En el mismo se observa un arreglo en el cual se tiene una tubería A106 de 5209 m de longitud y 2 pulg de diámetro con un espesor de pared de 80 (Schedule 80), acero al carbono de grado B sellada y norma ASME B36.10, dos (2) térs A 105 recta de 2x2 pulg y una reductora de 2x1, ambas de clase 3000, de enchufe y soldadura, acero al carbono y bajo la norma ASME B16.11, dos (2) codo A 105 de 90° de 2 pulg de diámetro, de enchufe y soldadura, acero al carbono y norma ASME B16.11, dos (2) bridas A105 de 2 pulg de diámetro y clase 150 con cara levantada, acero al carbono y bajo la norma ASME B16.5, una empacadura de 2 pulg de diámetro, clase 150 de acero inoxidable y norma ASME B16.20, cuatro (4) pernos de 5/8 pulg, una válvula compuerta A105N de 2 pulg de diámetro, clase 150 cara levantada, de operación manual y bajo la norma ASME B16.5.

Cada plano isométrico tiene una configuración totalmente diferente a esta aunque haya tramos de tuberías que puedan ser parecidos, en cambio hay tramos con un arreglo distinto al mostrado en el [Anexo 1], al igual que la lista de materiales; en algunos se muestran los materiales que se encuentran tanto en campo como en taller a diferencia de este plano, donde solo se muestran los materiales usados en campo.

2.18. Programas Usados en el Desarrollo de un Proyecto de Tuberías

2.18.1. PDS (Project design system)

PDS es el Sistema de Diseño de Plantas (Plant Design System) desarrollado por la compañía INTERGRAPH Inc. Este sistema permite realizar modelos bidimensionales o esquemáticos y tridimensionales que representan una planta real. PDS está comprendido, básicamente, por una interface gráfica (Micro Station) y está formado por varios módulos entre los cuales se encuentran los específicos para las diferentes disciplinas que abarca el programa:

Diseño en 3D.

- Tuberías.
- Estructuras.
- Mecánica (Equipos).
- Electricidad (Bandejas).
- HVAC (Calefacción, Ventilación y Aires acondicionados).

Diseño en 2D.

- P&ID (DTI: Diagramas de Tuberías e Instrumentación):
- PFD (DFP: Diagrama de Flujo de Procesos).
- Instrumentación (Diagrama de lazo).
- Isométricos de Tuberías.

En la figura 24. Se ilustra la planta de mejoramiento, en esta planta se pueden observar tanques de almacenamiento, las columnas, generadores, filtros, la tubería sus soportes y una gran cantidad de equipos y accesorios. Esta es una de las plantas de mejoramiento más grande que tiene la FPO debido a la gran cantidad de barriles que de ahí se extraen, este crudo extraído de esta planta es llevado luego a la refinería

JOSÉ donde se obtendrán los diferentes derivados que esta petróleo extra pesado proporciona.

Uno los derivados que esta planta produce es el coque, este es un subproducto que se obtiene en los procesos d refinación de petróleo crudo y constituye esencialmente el llamado “fondo del barril”. Al extraer la totalidad de líquidos que contiene el crudo mediante procesos físicos con el fin de producir la mayor cantidad de combustibles de alto valor, se obtienen un producto solido que en una base seca consiste de aproximadamente 85% de carbón, 10% volátiles y 5% azufre. Dado su alto contenido de carbón, el coque de petróleo es una excelente fuente de calor.

El coque se utiliza como combustible en la industria cementera y en cerámica. Cada vez es más común su uso por parte de las compañías eléctricas para generar electricidad partiendo de su combustión. El principal uso que se le da es como combustible debido a su alto poder calorífico.

2.18.2. Smart plant free view

Smart Plant Free View es un visualizador creado por INTERGRAPH'S 3D Models, para visualizar y navegar a través de una planta sea de procesos, generación de potencia o marítima. En el programa se puede caminar a través de la planta y seleccionar cualquier objeto que se desee visualizar asociado a la planta. El programa es lo suficientemente manejable para cualquier usuario que use el mismo por primera vez. En la figura 24. Se ilustra la disposición de una planta.

La planta ilustrada es la estación de mejoramiento, esta planta fue creada con PDS, el programa Smart Plant Free View es de la misma casa INTERGRAPH'S este programa es usado para observar cada detalle de la planta una vez creada. En la planta se observan tanques de almacenamiento, columnas, filtros, hidrantes, además de la tubería y sus accesorios. Esta planta es lo suficientemente grande ya que produce 180 mil barriles diarios, en esta se extraen 200 mil barriles a 8° API y se mejoran de 30-32° API por ende solo se obtienen los 180 mil barriles, los otros 20 mil son otros derivados como coque y azufre, en el capítulo 3 se tocara un poco más a fondo el tipo de planta y las otras plantas de mejoramiento que se encuentran en la FPO y sus adyacencias.

2.18.3. AutoCAD (Computer aided design)

AutoCAD es un software del tipo CAD creado y comercializado por Autodesk desde 1982. Es utilizado principalmente para el dibujo en dos y tres dimensiones. Adicionalmente, el software incorpora varios recursos para la visualización en diversos formatos. Es ampliamente usado en arquitectura, diseño de interiores, ingeniería mecánica y en otros ramos de la industria

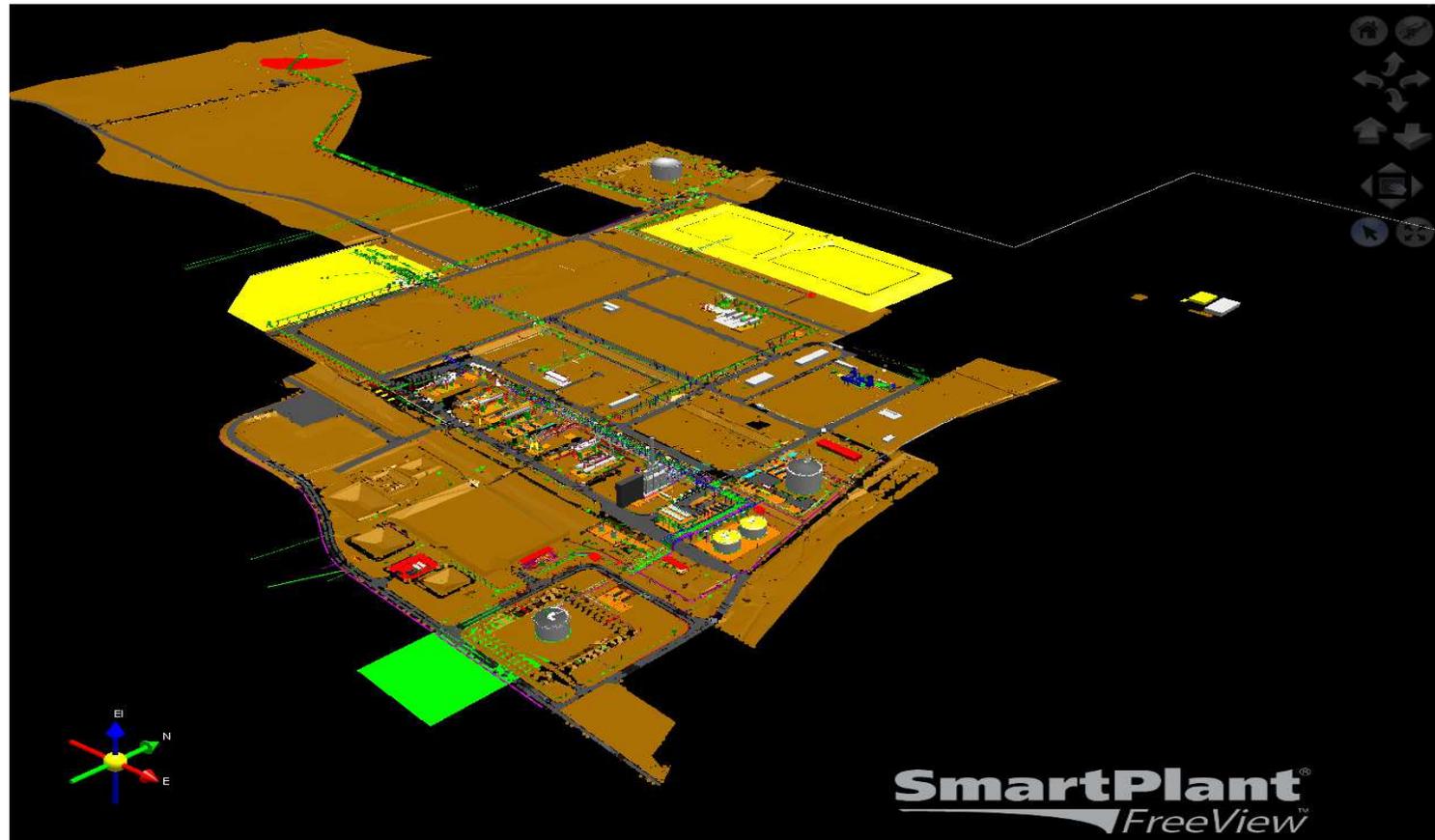


Figura 24. Plano de la Estación de Mejoramiento

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo contempla la descripción de trabajo y programas utilizados para la elaboración de este proyecto de tesis. De forma tal, que otra persona pueda seguir la misma metodología en proyectos similares. La estrategia empleada permitió recolectar, procesar y analizar la información necesaria, para así cumplir con los objetivos planteados.

Es importante mencionar que a pesar de existir un procedimiento secuencial, cada fase y las etapas de la misma están interrelacionadas en proceso de retroalimentación que permitieron la evolución de cada fase. Adicionalmente el proceso conto con la tutoría y evaluación permanente de especialistas del departamento de tuberías de Empresas Y&V, que garantizaron la comprensión de cada elemento que conforma la base de conocimientos y la validez del producto elaborado.

3.1. Información Teórica y Técnica Sobre Plantas Petroquímicas

Para poder llevar a cabo este proyecto se obtuvo un conocimiento previo sobre las tres tipos de plantas suministrados por la gerencia de tuberías de Empresas Y&V, los equipos que la conforman y los materiales que se usan para su montaje, entre los que destacan: tuberías, válvulas y sus accesorios (bridas, codos, té y reductores). Sea una estación de mejoramiento, fertilizante, refinería.

3.1.1. Plantas mejoradoras

Son las encargadas de la producción de crudo sintético, a partir del crudo pesado y extra-pesado provenientes de la faja petrolífera del Orinoco. En la FPO se cuenta con cuatro plantas de mejoramiento de crudo, las cuales son: Petrocedeño, Petroanzoátegui, Petropiar y Petromonagas.

Petrocedeño, es una mejoradora de crudo con conversión a refinería, que produce 200 mil barriles diarios de crudo extra-pesado de 8 API (proveniente de la estación principal de San Diego, Cabrutica), y la mejora en 180 mil barriles (30-32 API) diarios de Zuata Swee, un crudo sintético liviano y dulce. Durante este proceso de mejoramiento se obtienen a diario 900 toneladas de azufre y 6 mil toneladas de coque. Petrocedeño, antes Sincor, es controlada por PDVSA, Total y Statoil.

Petroanzoátegui, es el complejo industrial José Antonio Anzoátegui ubicado al norte del estado, se encarga de procesar y mejorar el crudo extra pesado del Bloque Junín de la Faja Petrolífera del Orinoco. Procesa 119 mil barriles diarios de crudo diluido, así como recupera 15 mil barriles de diluyente, para abrir del año 2001 esta empresa produce el primer barril mejorado con especificaciones comerciales, produciendo un crudo sintético con un rango de (19-25) ° API, con productos asociados de GLP, azufre, coque de petróleo y aceite de gas pesado.

Petropiar, empresa mixta venezolana operadora del proyecto integrado de la FPO, refina crudo extra pesado y produce crudo sintético. En 2010, su producción promedio 134.000 b/d de crudo sintético y 49.000 PCND de gas natural. Durante el 2012 debiera promediar 175.000 b/d, con una producción máxima estimada en 181.000 b/d.

Petromonagas, ubicado en el campo al sur del estado Anzoátegui, fue creado como empresa mixta, la cual procesa 120 mil barriles diarios de petróleo de 98 pozos. Para el 2012 se estima el incremento de la producción en 145 mil barriles.

3.1.2. Plantas fertilizantes

La función de las plantas fertilizantes es incrementar la producción de compuestos petroquímicos usando como materia prima amoníaco, urea, entre otros. El amoníaco es la materia prima fundamental para producir fertilizantes fosfatados (NKP y Sulfato de Amonio) y nitrogenados (Urea), así como para productos industriales, textiles, plásticos, explosivos, producción de pulpa de papel, bebidas, etc.

Una de las tres plantas usadas para el cálculo de los índices fue el complejo petroquímico MORON, ubicado en el estado Carabobo. Este complejo está compuesto de varias plantas las cuales son: planta de amoníaco, planta de urea, planta de ácido sulfúrico, planta de superfosfato, planta de explosivos, planta de cloro-soda, planta mezcladora de fertilizantes y una planta de generación y distribución de electricidad, vapor y otros servicios.

3.1.3. Plantas refinadoras

Una refinería de petróleo es un complejo industrial destinado a la refinación, por medio de la cual, mediante un proceso adecuado, se obtienen diversos combustibles fósiles capaces de ser utilizados en motores de combustión (gas oíl, nafta, etc.), aceites minerales, asfalto y otros.

3.1.4. Equipos y accesorios

En una planta petroquímica, se pueden encontrar una gran cantidad de equipos entre lo que más destacan:

- Tanques presurizados.
- Tanques de almacenamiento.
- Torres de separación.
- Filtro.
- Bombas.
- Hidrantes.
- Intercambiadores de calor.
- Turbogeneradores.
- Compresores.
- Desmineralizadora.

Entre los accesorios que se usan en la creación de una planta, predominan los siguientes:

- Tuberías.
- Válvulas.
- Bridas.
- Codos.
- Tés.
- Reductores.

Los equipos y accesorios mencionados son los que podemos encontrar en una planta petroquímica. Siendo una de las partes predominante en este tipo de plantas las tuberías, válvulas y sus accesorios. Por la tubería se transportan los siguientes servicios: crudo, agua, gas, ácidos y diluyentes para acelerar la fase de mejoramiento. Dependiendo del área (tratamiento de crudo, tratamiento de agua, generación de

potencia, etc.), en que se encuentre la tubería, posee un arreglo peculiar debido al proceso a que será sometido y al tipo de servicio que será transportado por la misma. Las válvulas son para mantener el control en la tubería y así evitar fugas de cualquier tipo y posibles consecuencias fatales a futuro.

3.2. Diseño de Tubería en Proyectos IPC

El inicio de la elaboración de los cómputos-métricos, se obtuvo la información de la documentación de la empresa sobre el proceso que rige la elaboración de proyectos conocidos como “ Ingeniería, Procura y Construcción (IPC)” y se determinó que la implementación de las guías de diseño se lleva a cabo en las etapas de ingeniería básica y de detalle pertenecientes a la fase de ingeniería y adicionalmente representa también el documento base para el diseño en la elaboración de ofertas de proyectos.

3.2.1. Bases del diseño

En la realización de todo proyecto se cumplen fases muy importantes de diseño de ingeniería, las cuales van reflejando mayor complejidad y mayor confiabilidad mientras se vaya cumpliendo con las mismas. Estas son: Ingeniería Conceptual, Ingeniería Básica, Ingeniería de Detalles.

En la Ingeniería Conceptual se tienen las investigaciones preliminares y asesoría, estudios técnicos y económicos (Preliminares y/o Definitivos). En esta etapa del proyecto se definen inicialmente algunos aspectos como:

- ✓ Cronograma inicial del proyecto.
- ✓ Recopilación de requerimientos del cliente.
- ✓ Costos de inversión.
- ✓ Costos de mantenimiento.

- ✓ Diagrama de flujo de procesos.

Ingeniería básica, es el siguiente paso en el proyecto de ingeniería y no es más que la profundización de todo lo relacionado con la ingeniería conceptual. En esta etapa se desarrollan actividades o tareas como:

- ✓ Realizar el estudio de instalaciones físicas (planta) y revisión de planos de equipos en función de medidas para que cumpla con normas y estándares de seguridad industrial.
- ✓ Revisar los diagramas de flujo de los procesos y elaboración de los diagramas P&ID Diagrama de Tuberías e Instrumentación.
- ✓ Seleccionar el software y el hardware que hará parte del proyecto.
- ✓ Realizar la lista inicial de equipos: sensores, válvulas, tubería, motores, fuentes de alimentación y en general todo lo que hará parte del proyecto.

La Ingeniería de detalle (ID) constituye el aspecto más importante en el desarrollo de lo que al inicio solo fue concebido como una posibilidad, como una idea y que en esta etapa del desarrollo se visualiza ya como algo tangible y real. En la ingeniería de detalles se desarrollan las siguientes actividades:

- ✓ Servicios de procura.
- ✓ Materiales y equipos (compra, inspección y tráfico).

En las primeras etapas de la realización de un proyecto, se estudian los alcances que dicho proyecto tiene que tener, en estas etapas se realizan cálculos sin tener profundidad en los detalles para poder así dar respuestas aproximadas a la solución del diseño del proyecto, tiempo y costo aproximado de construcción, para luego ir con estas soluciones temporales a la oferta pública, y tratar de ganar la oferta, para poder realizar la construcción de dicho proyecto y obtener las ganancias correspondientes.

En estas etapas se realizan cálculos estimados del diámetro nominal de la tubería sin tomar muchos detalles en factores importantes, tales como: pérdidas por fricción, corrosión, etc. Ya que son detalles que implican mucho tiempo y dedicación, y no es prudente perder mucho tiempo para presentar una buena oferta al posible cliente.

Luego de ganar la oferta propuesta y tener aprobado la realización del proyecto por parte del cliente se procede a la siguiente etapa (Ingeniería Conceptual Básica), en esta fase de la realización del proyecto se toman con más detalle, los alcances y métodos de realización del mismo, aquí se estudian con mayor detenimiento las condiciones de proceso del proyecto, también se estudian, tomando en cuenta los estudios anteriores de tuberías, la selección de los materiales que serán usados, entonces se procede a la utilización del *piping class (clases de tuberías)* donde surgen las especificaciones, los *piping class (clases de tuberías)* son listas en donde están reflejados todos los posibles materiales (tuberías, válvulas, bridas, codos, etc.), surge con mutuo acuerdo entre la empresa consultora y el cliente, estudiando costos y disponibilidad en el mercado de estos materiales.

En esta etapa también son realizados los P&ID, los cuales son diagramas de proceso, en estos diagramas de proceso van representadas las tuberías, longitudes, cruces, válvulas, etc. Solamente en los P&ID están reflejados los procesos que tienen que realizarse con el fluido, tales como entradas y salidas en equipos (Intercambiadores de calor, Bombas, Equipos de mezclado, Venteos de proceso, Drenajes, etc.), en estos diagramas también se observan las tuberías que van enterradas (Underground) y tuberías que van sobre la superficie (Aboveground), todas estas referencias son de vital importancia en la realización de isométricos ya que todas ellas deben ser tomadas en cuenta para la producción de estos, o sea, que no se puede realizar un buen isométrico, si no se han tomado las condiciones de proceso, que fueron especificadas en los diagramas de proceso, ya que es sumamente necesario que el fluido cumpla con las condiciones de proceso.

También en los diagramas de procesos P&ID están incluidos la identificación de las tuberías, en los cuales están incluidos:

- Diámetro nominal de la tubería.
- Especificaciones del material (Piping Class).
- Tipo de fluido que la tubería transporta (servicio).
- Numeración asignada a dicha tubería.
- Tipo de aislamiento

Para poder culminar la fase de Ingeniería Conceptual Básica, se tiene que construir una base de datos, o incluir una ya existente. Luego de haber comprendido los diagramas de procesos representados en los P&ID, y haber realizado la base de datos que contiene los materiales a utilizar se procede a la construcción de los isométricos y comenzar con la etapa de la ingeniería de detalles (ID), esta construcción de los isométricos contempla la distribución espacial de las distintas tuberías presentadas en los P&ID, aunque cada arreglo de tuberías representa un isométrico, debemos tener especial cuidado, ya que pueden coincidir espacialmente una tubería con otra lo que traería como consecuencias errores en el diseño, que son arrastrados hasta la construcción, por lo tanto es muy importante las acotaciones realizadas en los isométricos de manera tal que la distribución espacial sea la más eficiente posible.

Otro factor a tomar en cuenta para la construcción de los isométricos, es la ubicación geográfica de la zona donde serán construidos, esto se representa en los isométricos indicando las latitudes de puntos especiales seleccionados al azar esto con la finalidad que al momento de la construcción del sistema de tuberías, se estén utilizando los isométricos correctos en la zona correcta. La funcionalidad de los isométricos y de todos los cuidados que se toman en su elaboración, es la de evitar la mayor cantidad de errores posibles al momento de la construcción de los sistemas de tuberías, ya que estos errores, ocasionan pérdidas de tiempo en la corrección de

dichos fallos, exceso o deficiencia de materiales, etc. Todos estos inconvenientes que se pueden presentar, al final lo único que traen como consecuencia es pérdida de dinero, y se pone en riesgo la reputación de la empresa consultora para la elaboración de esta clase de proyectos y la calidad se perdería.

3.3. Análisis y Evaluación de Índices en los Planos Isométricos

Los planos isométricos de la planta fueron separados en 5 diferentes áreas las cuales son:

- ✓ Área de tratamiento de crudo.
- ✓ Área de tratamiento de agua.
- ✓ Área de generación de potencia.
- ✓ Servicios comunes.
- ✓ General.

Las áreas se denotan de la siguiente manera: área 10, área 20, área 30, área 40 y área 90, cada área tiene una cantidad de isométricos para sumar una total de 4425 planos.

- ✓ Área 10: 1583 isométricos.
- ✓ Área 20: 1115 isométricos.
- ✓ Área 30: 195 isométricos.
- ✓ Área 40: 593 isométricos.
- ✓ Área 90: 939 isométricos.

El área que tiene mayor cantidad de isométricos es el área 10, esta área es donde se pueden encontrar la mayor cantidad de tuberías, válvulas y accesorios. En la misma se trabaja directamente con el crudo. Es de gran importancia, es la que se encarga de transportar el crudo extra-pesado a una planta de producción rápida, mejorarlo de 8 ° API a 30-32° API, para luego llevarlo a la refinería y procesar los

diferentes derivados como lo son: Gas Oil, Gasolina, Nafta, etc. Ver [Anexo 2], [Anexo 3] y [Anexo 4].

La siguiente área con una cantidad de isométricos considerables es el área 20, a pesar de que posee esta gran cantidad de isométricos no posee la cantidad de metrajes de tuberías que posee el área 10. En esta solo se necesitan tuberías para separar el agua del petróleo, esta agua es tratada con una cantidad de equipos como: desmineralizadores, filtros, entre otros y ser reutilizada en otras áreas. Ver [Anexo 5], [Anexo 6] y [Anexo 7].

En el área 30 se puede observar que no hay una cantidad tan considerable de isométricos como las otras 2 anteriores, debido a que en esta solo se usan tuberías de vapor, ya que es el área de generación de potencia, el diámetro de mayor uso en esta área es 6 pulg, algo completamente distinto en las dos anteriores en la cual se usaron tuberías de diámetros considerables, como por ejemplo en el área 10 la tubería de mayor diámetro es de 30 pulg y en el área 20 es de 20 pulg por ende no se necesitan tantos metros de tubería. Ver [Anexo 8], [Anexo 9].

Las últimas dos áreas son la de servicios comunes y la general. La de servicios comunes es donde se encuentran las tuberías que se conectan con las otras tres áreas, es decir, pueden estar conectadas con tuberías de tratamiento de crudo, tratamiento de agua y la de generación de potencia. En cambio el área general es donde se encuentra la tubería para filtros de agua potable, baños, tubería contra incendios, entre otros servicios. Ver [Anexo 10] y [Anexo 11].

En los isométricos normalmente van incluidos el listado de materiales, el cual incluye desde los pernos y sus tuercas, hasta las válvulas, bridas, metrajes de tuberías y sus accesorios.

En este reporte se separan los elementos que son armados en campo y los elementos armados en taller, siendo esto de gran importancia. Este reporte es fundamental para la siguiente etapa del proyecto que es la procura, es necesario conseguir los materiales necesarios para su construcción, generalmente, al ser muchos números los que explican las características de los materiales, se cometen muchos errores de transcripción, por lo tanto se opta por el uso de programas que realicen esas operaciones.

Si se comete un error en la transcripción este fallo se puede arrastrar a la montura de los equipos tanto en taller como en campo lo que tendría una pérdida de tiempo, dinero y en consecuencia se podría atrasar el tiempo de entrega de la planta y el cliente podría demandar a la consultora por incumplimiento de contrato.

Los isométricos comprenden la ingeniería de detalles de la construcción de la planta. En él se puede observar el “Spool”, el “Spool” es donde se observa el arreglo de la tubería, la conexión con tuberías ya existentes, las juntas (soldadas o roscadas), válvulas y los accesorios.

Estos Spools son diferentes unos de los otros ya que existen tramos de tuberías que por sus dimensiones no tienen otra opción más que ser construidos obligatoriamente en el campo abierto, por ejemplo, tramos de tubería que excedan las dimensiones de transporte de los camiones o secciones de tuberías que excedan los 12 m de longitud, tiene que existir una manera de diferenciar estos casos en los isométricos, y esta forma de diferenciarlos, es con las denominaciones “Field” de manera que los materiales que van para “Field” sean transportados directamente al campo y los materiales “Shop” sean trasladados al taller de producción y luego al campo.

A manera de conseguir que la producción de tuberías sea lo más fácil y económica posible, se ha conseguido la manera de construir piezas en sitios cercanos

a poblados de manera tal de disminuir la movilización de una cantidad de trabajadores y así reducir costos. Estos Spools luego de ser contruidos son transportados en camiones a su lugar de ensamblaje en donde serán unidos unos con otros.

Esto deben cumplir con unas capacidades espaciales limitadas por la capacidad espacial de los camiones que los transportan, que no puede ser sobrepasada porque si se sobrepasan, no se podrían transportar.

3.4. Elaboración de los Cómputos-Métricos

Para la elaboración de los Cómputos-Métricos se tomo en cuenta que su desarrollo e implementación estaba destinado al departamento de tuberías de Empresas Y&V, esto implica que según las labores que en este departamento se llevaban a cabo se determinó el contenido de la misma, de esta manera se contempló que el documento debía abarcar aspectos de diseño que implica un sistema de tubería en el procedimiento de diseño con ciertas excepciones.

Los objetivos definen al documento como una guía de diseño recopilatorio de recomendaciones, normas y lineamientos básicos para la orientación y consulta en el proceso de diseño de tubería. Mediante estos parámetros se determinó que el desarrollo de los Cómputos-Métricos deberá incluir tanto para el transporte de hidrocarburos líquidos como gaseosos.

En el desarrollo de los cómputos-métricos se suministró la lista de materiales de cada una de las plantas a trabajar en este proyecto. En la siguiente lista se puede observar una serie de columnas las cuales son:

- Cantidad.
- Unidad.
- Diámetro.
- Espesor de pared (Schedule).

- Identificación de peso.
- Grupo.
- Parte.
- Código de la materia.
- Código de identidad.
- Descripción de identidad.
- Descripción completa.

En la tabla 2. Se puede observar un listado de materiales, en este se encuentran tuberías, válvulas, y los accesorios usados en el montaje y creación de una planta petroquímica.

En la lista se encuentra todo los elementos mezclados lo cual dificulta el desarrollo del cálculo de los índices. En la elaboración de los cómputos-métricos, se empleó un método diferente al usado por la empresa en el arreglo de la lista, ya que en esta disposición no es posible realizar un trabajo de calidad y que fuese posible de entender. En la tabla. 2. se ilustra el arreglo de materiales suministrado por la gerencia de tubería.

Quantity	Unit	Size1	Size2	Size3	Size4	Size5	Item Type	Group	Part	Commodity Code	Ident Code	Ident Description	CCL Long
1	EA	6					STD WO TAG	F	SO	FSOABDRFACGZ	12619891	6" SO Flg., A105, CL150, RF, B16.5	Slip-on Flange, A105, Class 150, Raised Face, ASME B16.5
1	EA	2	S-40				STD WO TAG	F	WN	FWNABDRFACGZ	13463654	2" x S-40 WN Flg., A105, CL150, RF, B16.5	Weldneck Flange, A105, Class 150, Raised Face, ASME B16.5
1	EA	2	S-40				STD WO TAG	F	WN	FWNABDRFACGZ	13463654	2" x S-40 WN Flg., A105, CL150, RF, B16.5	Weldneck Flange, A105, Class 150, Raised Face, ASME B16.5
1	EA	1.5					STD WO TAG	VG	R	VGRAA5MTFAFAC	13465568	1.5" Gate Vlv, CL800, FTE, Bltd Bonnet, A105, Trim: #8 to API 600.	Gate Valve, Class 800, Female Threaded End, Bolted Bonnet, A105, Trim: #8 According to API
1	EA	2	S-10S				STD WO TAG	B	SES	BSESABMBWASTA	13461827	2" x S-10S Stub End Sh Pattern , A 403 Gr. WP304, BW, Welded , B	Stub End Short Pattern , A 403 Grade WP304, Butt Weld, Welded , ASME B16.9
1	EA	2					STD WO TAG	F	LJ	FLJABLDFFACGZ	10109212	2" Lap Joint Flg., A105, CL150, FF, B16.5	Lap Joint Flange, A105, Class 150, Flat Face, ASME B16.5
1	EA	4					STD WO TAG	F	SO	FSOABDRFACGZ	12619889	4" SO Flg., A105, CL150, RF, B16.5	Slip-on Flange, A105, Class 150, Raised Face, ASME B16.5
1	EA	2					STD WO TAG	F	SO	FSOABDRFACGZ	12619882	2" SO Flg., A105, CL150, RF, B16.5	Slip-on Flange, A105, Class 150, Raised Face, ASME B16.5
1	EA	12					STD WO TAG	F	SO	FSOABDRFACGZ	12619878	12" SO Flg., A105, CL150, RF, B16.5	Slip-on Flange, A105, Class 150, Raised Face, ASME B16.5
1	EA	4					STD WO TAG	F	SO	FSOABDRFACGZ	12619889	4" SO Flg., A105, CL150, RF, B16.5	Slip-on Flange, A105, Class 150, Raised Face, ASME B16.5
1	EA	2					STD WO TAG	F	SO	FSOABDRFACGZ	12619882	2" SO Flg., A105, CL150, RF, B16.5	Slip-on Flange, A105, Class 150, Raised Face, ASME B16.5
1	EA	2	S-10S				STD WO TAG	B	SES	BSESABMBWASTA	13461827	2" x S-10S Stub End Sh Pattern . A 403 Gr. WP304, BW, Welded , B	Stub End Short Pattern , A 403 Grade WP304, Butt Weld, Welded , ASME B16.9
1	EA	2					STD WO TAG	F	LJ	FLJABLDFFACGZ	10109212	2" Lap Joint Flg., A105, CL150, FF, B16.5	Lap Joint Flange, A105, Class 150, Flat Face, ASME B16.5
1	EA	12					STD WO TAG	F	SO	FSOABDRFACGZ	12619878	12" SO Flg., A105, CL150, RF, B16.5	Slip-on Flange, A105, Class 150, Raised Face, ASME B16.5
1	EA	4					STD WO TAG	F	SO	FSOABDRFACGZ	12619889	4" SO Flg., A105, CL150, RF, B16.5	Slip-on Flange, A105, Class 150, Raised Face, ASME B16.5
39.46	M	18	S-STD				STD WO TAG	P	PP	PPPABQBBAEEXX	13460961	18" x S-STD Pipe, API 5L Gr. B, BE, SAW, EC, B36.10M	Pipe, API 5L Grade B, Bevel End, Sumerged Arc Welding, External Coated, ASME B36.10M
3	EA	18	S-STD				STD WO TAG	B	E9L	BE9LABMBWACKA	13464297	18" x S-STD 90 Deg. Elbow 1.5D, A 234 Gr. WPB, BW, Welded , B	90 Degree Elbow Long Radius (R=1.5D), A 234 Grade WPB, Butt Weld, Welded , ASME B16.5
2	EA	18	S-STD				STD WO TAG	B	E4L	BE4LABMBWACKA	13464425	18" x S-STD 45 Deg. Elbow 1.5D, A 234 Gr. WPB, BW, Welded , B	45 Degree Elbow Long Radius (R=1.5D), A 234 Grade WPB, Butt Weld, Welded , ASME B16.5
3	EA	18	S-STD				STD WO TAG	B	E9L	BE9LABMBWACKA	13464297	18" x S-STD 90 Deg. Elbow 1.5D, A 234 Gr. WPB, BW, Welded , B	90 Degree Elbow Long Radius (R=1.5D), A 234 Grade WPB, Butt Weld, Welded , ASME B16.5
28.653	M	18	S-STD				STD WO TAG	P	PP	PPPABQBBAEEXX	13460961	18" x S-STD Pipe, API 5L Gr. B, BE, SAW, EC, B36.10M	Pipe, API 5L Grade B, Bevel End, Sumerged Arc Welding, External Coated, ASME B36.10M
8.64	M	30	S-STD				STD WO TAG	P	PP	PPPABQBBAEEXX	13460966	30" x S-STD Pipe, API 5L Gr. B, BE, SAW, EC, B36.10M	Pipe, API 5L Grade B, Bevel End, Sumerged Arc Welding, External Coated, ASME B36.10M
1	EA	30	S-STD				STD WO TAG	B	E9L	BE9LABMBWACKA	13464303	30" x S-STD 90 Deg. Elbow 1.5D, A 234 Gr. WPB, BW, Welded , B	90 Degree Elbow Long Radius (R=1.5D), A 234 Grade WPB, Butt Weld, Welded , ASME B16.5
3	EA	30	S-STD				STD WO TAG	B	E4L	BE4LABMBWACKA	13464431	30" x S-STD 45 Deg. Elbow 1.5D, A 234 Gr. WPB, BW, Welded , B	45 Degree Elbow Long Radius (R=1.5D), A 234 Grade WPB, Butt Weld, Welded , ASME B16.5
1	EA	30	S-STD				STD WO TAG	B	E9L	BE9LABMBWACKA	13464303	30" x S-STD 90 Deg. Elbow 1.5D, A 234 Gr. WPB, BW, Welded , B	90 Degree Elbow Long Radius (R=1.5D), A 234 Grade WPB, Butt Weld, Welded , ASME B16.5
1	M	30	S-STD				STD WO TAG	P	PP	PPPABQBBAEEXX	13460966	30" x S-STD Pipe, API 5L Gr. B, BE, SAW, EC, B36.10M	Pipe, API 5L Grade B, Bevel End, Sumerged Arc Welding, External Coated, ASME B36.10M
51.56	M	56	17.48MM				STD WO TAG	P	PP	PPPABQBBAEEXX	13460978	56" x 17.48MM Pipe, API 5L Gr. B, BE, SAW, EC, B36.10M	Pipe, API 5L Grade B, Bevel End, Sumerged Arc Welding, External Coated, ASME B36.10M
1	EA	56	17.48MM				STD WO TAG	F	WN	FWNABDRFACGZ	13463662	56" x 17.48MM WN Flg., A105, CL150, RF, B16.47 Sr. B	Weldneck Flange, A105, Class 150, Raised Face, ASME B16.47 Series B
2	EA	56	17.48MM				STD WO TAG	B	E9L	BE9LAP2BWACKA	13464313	56" x 17.48MM 90 Deg. Elbow 1.5D, A 234 Gr. WPB, BW, Welded , B	90 Degree Elbow Long Radius (R=1.5D), A 234 Grade WPB, Butt Weld, Welded , Manufacture
1	EA	56	17.48MM				STD WO TAG	B	CAP	BCAPAP2BWACKA	13466184	56" x 17.48MM Cap, A 234 Gr. WPB, BW, Welded , Manuf. Std	Cap, A 234 Grade WPB, Butt Weld, Welded , Manufacturer Standard
1	EA				0	0	TAG WO MS	P_TAG	P_TAG	P-INS-56	13634059	- Insulating Kit for electrical isolation for 56" CL150 Flange RF ASME	Insulating Kit for electrical isolation for 56" CL150 Flange Raised Face ASME B16.47 Series B
1	EA	56	17.48MM				STD WO TAG	B	CAP	BCAPAP2BWACKA	13466184	56" x 17.48MM Cap, A 234 Gr. WPB, BW, Welded , Manuf. Std	Cap, A 234 Grade WPB, Butt Weld, Welded , Manufacturer Standard
2	EA	56	17.48MM				STD WO TAG	B	E9L	BE9LAP2BWACKA	13464313	56" x 17.48MM 90 Deg. Elbow 1.5D, A 234 Gr. WPB, BW, Welded , B	90 Degree Elbow Long Radius (R=1.5D), A 234 Grade WPB, Butt Weld, Welded , Manufacture
1	EA	56	17.48MM				STD WO TAG	F	WN	FWNABDRFACGZ	13463662	56" x 17.48MM WN Flg., A105, CL150, RF, B16.47 Sr. B	Weldneck Flange, A105, Class 150, Raised Face, ASME B16.47 Series B
51.022	M	56	17.48MM				STD WO TAG	P	PP	PPPABQBBAEEXX	13460978	56" x 17.48MM Pipe, API 5L Gr. B, BE, SAW, EC, B36.10M	Pipe, API 5L Grade B, Bevel End, Sumerged Arc Welding, External Coated, ASME B36.10M
1.89	M	24	S-STD				STD WO TAG	P	PP	PPPABQBBAEEXX	13460963	24" x S-STD Pipe, API 5L Gr. B, BE, SAW, EC, B36.10M	Pipe, API 5L Grade B, Bevel End, Sumerged Arc Welding, External Coated, ASME B36.10M

Tabla 2. Listado de Materiales

En el siguiente arreglo se tomaron las columnas más representativas y de mayor importancia para que al momento de realizar el cálculo de los índices pueda ser manejable para la gerencia de tubería. Se elaboraron un total de siete hojas en Excel, cada hoja es una lista de materiales de: tuberías, válvulas, bridas, codos, té, reductores y una listado general donde se encuentran los metrajes de tuberías por diámetro con las válvulas y los accesorios, esto se hizo para cada área de la planta de mejoramiento y para las otras dos plantas. En la figura 3. Se ilustra el nuevo arreglo de la lista de materiales.

De los accesorios solo se tomaron las bridas, codos, té y reductores, ya que son los más usados e importantes al momento de llevar a cabo la construcción de la planta, los demás accesorios como: los tapones (Caps), las tapas (Plugs), pernos, espárragos, empacaduras etc., son importantes pero cuando se procede al montaje de las piezas. Cuando se realiza una oferta solo son necesarios los accesorios tomados en estos cómputos-métricos.

En vista de la importancia de los cómputos-métricos se ingresaron los materiales en la nueva lista con sumo cuidado, para evitar errores en los datos, ya que si esto ocurre al momento de calcular los índices podrían dar números que no concuerdan con lo previsto. Es de suma importancia verificar las cantidades de la lista de materiales con los isométricos, de este modo habrá mayor confiabilidad y seguridad al momento realizar el cálculo de los índices. En la tabla. 3. se puede observar que solo se muestran tuberías de ½ pulg, debido a que las tablas son amplias se tomó ese diámetro para poder ilustrar el arreglo de la nueva lista de materiales, esta tabla comienza desde ½ pulg y finaliza en 30 pulg, y tiene una cantidad considerable de isométricos lo cual impide mostrarla en su totalidad.

Las tablas realizadas para la planta de fertilizantes y para el área de generación de potencia de la refinería no contaban con la columna de los isométricos, debido a que los isométricos de estas dos plantas no fueron suministrados, por ende la lista de materiales que se entregó ya contaba con las correcciones y revisiones pertinentes.

Esto a causa que ambos proyectos ya estaban realizados y fue un poco más sencillo que la planta de mejoramiento, que a su vez es la más amplia y que posee el contenido más completo. En la tabla. 4. y en la tabla. 5. se pueden observar los arreglos de las lista de materiales de la planta de fertilizantes y del área de generación de potencia de la refinería.

En él [Anexo 12] se encuentra incluido en un CD todos los arreglos de las listas de materiales de las tres plantas, y si se requiere su verificación también se encuentran todos los isométricos de la planta de mejoramiento.

ITEM	ISOMETRIC	SIZE	UNIT	QUANTITY	SCHEDULE	MATERIAL	GROUP	PART	IDENT CODE	IDENT DESCRIPTION
1	875D-44-48-L-PS-A2-I	1/2"	M	6,12	80	CS			I3989296	1/2" PIPE SCH 80 THREADED ENDS CS ASTM A53 GR B SMLS GALVANIZED ASME B.36.10
2	875D-44-48-L-PS-A2-I	1/2"	M	6,12	80	CS			I3989296	1/2" PIPE SCH 80 THREADED ENDS CS ASTM A53 GR B SMLS GALVANIZED ASME B.36.10
3	875D-44-48-L-PS-A2-I	1/2"	M	6,12	80	CS			I3989296	1/2" PIPE SCH 80 THREADED ENDS CS ASTM A53 GR B SMLS GALVANIZED ASME B.36.10
4	875D-44-48-L-PS-A2-I	1/2"	M	6,12	80	CS			I3989296	1/2" PIPE SCH 80 THREADED ENDS CS ASTM A53 GR B SMLS GALVANIZED ASME B.36.10
5	875D-44-48-L-PS-A2-I	1/2"	M	3,67	80	CS			I3989296	1/2" PIPE SCH 80 THREADED ENDS CS ASTM A53 GR B SMLS GALVANIZED ASME B.36.10
6	875D-44-48-L-PS-A2-I	1/2"	M	6,12	80	CS			I3989296	1/2" PIPE SCH 80 THREADED ENDS CS ASTM A53 GR B SMLS GALVANIZED ASME B.36.10
7	875D-44-48-L-PS-A2-I	1/2"	M	6,12	80	CS			I3989296	1/2" PIPE SCH 80 THREADED ENDS CS ASTM A53 GR B SMLS GALVANIZED ASME B.36.10
8	875D-44-48-L-PS-A2-I	1/2"	M	6,12	80	CS			I3989296	1/2" PIPE SCH 80 THREADED ENDS CS ASTM A53 GR B SMLS GALVANIZED ASME B.36.10
9	875D-44-48-L-PS-A2-I	1/2"	M	6,12	80	CS			I3989296	1/2" PIPE SCH 80 THREADED ENDS CS ASTM A53 GR B SMLS GALVANIZED ASME B.36.10
10	875D-44-48-L-PS-A2-I	1/2"	M	3,67	80	CS			I3989296	1/2" PIPE SCH 80 THREADED ENDS CS ASTM A53 GR B SMLS GALVANIZED ASME B.36.10
11	875D-44-48-L-PS-A2-I	1/2"	M	3,5	80	CS			I3989296	1/2" PIPE SCH 80 THREADED ENDS CS ASTM A53 GR B SMLS GALVANIZED ASME B.36.10
12	875D-44-48-L-PS-A2-I	1/2"	M	6,12	80	CS			I3989296	1/2" PIPE SCH 80 THREADED ENDS CS ASTM A53 GR B SMLS GALVANIZED ASME B.36.10
13	875D-44-48-L-PS-A2-I	1/2"	M	6,12	80	CS			I3989296	1/2" PIPE SCH 80 THREADED ENDS CS ASTM A53 GR B SMLS GALVANIZED ASME B.36.10
14	875D-44-48-L-PS-A2-I	1/2"	M	6,12	80	CS			I3989296	1/2" PIPE SCH 80 THREADED ENDS CS ASTM A53 GR B SMLS GALVANIZED ASME B.36.10
15	875D-44-48-L-PS-A2-L	1/2"	M	6,12	80	CS			I3989296	1/2" PIPE SCH 80 THREADED ENDS CS ASTM A53 GR B SMLS GALVANIZED ASME B.36.10
16	875D-44-48-L-PS-A4-C	1/2"	M	0,32	160	CS	P	PP	I3989364	1/2" PIPE SCH 160 PE CS ASTM A106 GR B SMLS ASME B36.10
17	875D-44-48-L-PS-A4-C	1/2"	M	0,32	160	CS	P	PP	I3989364	1/2" PIPE SCH 160 PE CS ASTM A106 GR B SMLS ASME B36.10
18	875D-44-48-L-PS-A4-C	1/2"	M	0,10	160	CS			I3989364	1/2" PIPE SCH 160 PE CS ASTM A106 GR B SMLS ASME B36.10
19	875D-44-48-L-PS-A4-C	1/2"	M	0,10	160	CS			I3989364	1/2" PIPE SCH 160 PE CS ASTM A106 GR B SMLS ASME B36.10
20	875D-44-48-L-PS-A4-C	1/2"	M	0,10	160	CS			I3989364	1/2" PIPE SCH 160 PE CS ASTM A106 GR B SMLS ASME B36.10
21	875D-44-48-L-PS-A4-C	1/2"	M	0,10	160	CS			I3989364	1/2" PIPE SCH 160 PE CS ASTM A106 GR B SMLS ASME B36.10
22	875D-44-48-L-PS-A4-C	1/2"	M	0,10	160	CS			I3989364	1/2" PIPE SCH 160 PE CS ASTM A106 GR B SMLS ASME B36.10
23	875D-44-48-L-PS-A4-C	1/2"	M	0,10	160	CS			I3989364	1/2" PIPE SCH 160 PE CS ASTM A106 GR B SMLS ASME B36.10
26	875D-44-48-L-PS-A4-P	1/2"	M	0,09	160	CS			I3989364	1/2" PIPE SCH 160 PE CS ASTM A106 GR B SMLS ASME B36.10
27	875D-44-48-L-PS-A4-P	1/2"	M	0,092	160	CS			I3989364	1/2" PIPE SCH 160 PE CS ASTM A106 GR B SMLS ASME B36.10
28	875D-44-48-L-PS-A6-C	1/2"	M	0,32	160	CS	P	PP	I3989364	1/2" PIPE SCH 160 PE CS ASTM A106 GR B SMLS ASME B36.10
29	875D-44-48-L-PS-A6-C	1/2"	M	0,32	160	CS	P	PP	I3989364	1/2" PIPE SCH 160 PE CS ASTM A106 GR B SMLS ASME B36.10
30	875D-44-48-L-PS-A6-C	1/2"	M	0,32	160	CS	P	PP	I3989364	1/2" PIPE SCH 160 PE CS ASTM A106 GR B SMLS ASME B36.10
31	875D-44-48-L-PS-A6-C	1/2"	M	0,32	160	CS	P	PP	I3989364	1/2" PIPE SCH 160 PE CS ASTM A106 GR B SMLS ASME B36.10
32	875D-44-48-L-PS-A6-C	1/2"	M	0,32	160	CS	P	PP	I3989364	1/2" PIPE SCH 160 PE CS ASTM A106 GR B SMLS ASME B36.10
33	875D-44-48-L-PS-A6-C	1/2"	M	0,32	160	CS	P	PP	I3989364	1/2" PIPE SCH 160 PE CS ASTM A106 GR B SMLS ASME B36.10
34	875D-44-48-L-PS-A6-P	1/2"	M	0,09	XXS	CS	P	PP	I3989455	1/2" PIPE SCH XXS PE CS ASTM A106 GR B SMLS ASME B36.10
35	875D-44-48-L-PS-A6-P	1/2"	M	0,09	XXS	CS	P	PP	I3989455	1/2" PIPE SCH XXS PE CS ASTM A106 GR B SMLS ASME B36.10
36	875D-44-48-L-PS-A6-P	1/2"	M	0,086	XXS	CS	P	PP	I3989455	1/2" PIPE SCH XXS PE CS ASTM A106 GR B SMLS ASME B36.10
37	875D-44-48-L-PS-A6-P	1/2"	M	0,086	XXS	CS	P	PP	I3989455	1/2" PIPE SCH XXS PE CS ASTM A106 GR B SMLS ASME B36.10
38	875D-44-48-L-PS-A6-P	1/2"	M	0,086	XXS	CS	P	PP	I3989455	1/2" PIPE SCH XXS PE CS ASTM A106 GR B SMLS ASME B36.10
39	875D-44-48-L-PS-A6-P	1/2"	M	0,09	XXS	CS	P	PP	I3989455	1/2" PIPE SCH XXS PE CS ASTM A106 GR B SMLS ASME B36.10

Tabla 3. Listado de Materiales de Estación de Mejoramiento

Size1	Size2	Item Type	Group	Part	Commodity Code	Ident Code	Ident Description	Unit	Total
1"	S-40S	STD WO TAG	P	PP	PPPABRPEAT1AAD	I3894025	A 312 Gr. TP304, PE,	M	1,543
1"	S-XS	STD WO TAG	P	PP	PPPABQPEACRAAG	I0128516	e, A 106 Gr. B, PE, SM	M	4,602
1-1/2"	S-XS	STD WO TAG	P	PP	PPPABQPEACRAAG	I0128538	be, A 106 Gr. B, PE, SM	M	1,769
2"	S-40S	STD WO TAG	P	PP	PPPABRPEAT1AAD	I3894174	A 312 Gr. TP304, PE,	M	1,103
2"	S-40S	STD WO TAG	P	PP	PPPABRPEAT1AAD	I3894174	A 312 Gr. TP304, PE,	M	43,018
2"	S-80S	STD WO TAG	P	PP	PPPABRPEAT1AAG	I0149294	A 312 Gr. TP304, PE,	M	14,698
2"	S-XS	STD WO TAG	P	PP	PPPABQBEACRAAG	I2751022	e, A 106 Gr. B, BE, SM	M	11,82
2"	S-XS	STD WO TAG	P	PP	PPPABQPEACRAAG	I0128623	e, A 106 Gr. B, PE, SM	M	469,2
2"	S-80	STD WO TAG	P	PP	PPPABQPEACRAAG	I3564304	e, A 106 Gr. B, PE, SM	M	41,487
2"	S-80	STD WO TAG	P	PP	PPPABQTEADLXXC	I3956775	A 53 Gr. B, TE, SMLS,	M	508,521
2"	S-80	STD WO TAG	P	PP	PPPABQTMACRAAG	I3892064	, A 106 Gr. B, MTE, SM	M	243,592
2"	S-40S	STD WO TAG	P	PP	PPPABRPEAT1AAD	I3894174	A 312 Gr. TP304, PE,	M	278,127
3"	S-STD	STD WO TAG	P	PP	PPPABQBEADLAAC	I3726441	pe, A 53 Gr. B, BE, ER	M	33,05
3"	S-40	STD WO TAG	P	PP	PPPABQBEADLAAC	I3854464	pe, A 53 Gr. B, BE, SM	M	260,036
3"	S-40	STD WO TAG	P	PP	PPPABQBEADLXXF	I3957584	A 53 Gr. B, BE, ERW,	M	20,264
3"	S-10S	STD WO TAG	P	PP	PPPABRBEAT1AAD	I2736883	A 312 Gr. TP304, BE,	M	0,3
3"	S-40S	STD WO TAG	P	PP	PPPABRBEAT1AAD	I3894808	A 312 Gr. TP304, BE,	M	9,31
4"	S-XS	STD WO TAG	P	PP	PPPABQBEADLAAC	I3726533	pe, A 53 Gr. B, BE, ERV	M	117,678
4"	S-STD	STD WO TAG	P	PP	PPPABQBEAXWAAC	I3984052	A 53 Gr. B Type E, BE,	M	160,796
4"	S-STD	STD WO TAG	P	PP	PPPABQPEACRAAG	I0128739	be, A 106 Gr. B, PE, SM	M	2,176
4"	S-10S	STD WO TAG	P	PP	PPPABRBEAT1AAD	I2736903	A 312 Gr. TP304, BE,	M	358,296
4"	S-40S	STD WO TAG	P	PP	PPPABRBEAT1AAD	I3894900	A 312 Gr. TP304, BE,	M	37,765
6"	S-STD	STD WO TAG	P	PP	PPPABQBEADLAAC	I3726585	pe, A 53 Gr. B, BE, ER	M	445,004
6"	S-XS	STD WO TAG	P	PP	PPPABQBEADLAAC	I3726586	be, A 53 Gr. B, BE, ERV	M	6,688
6"	S-STD	STD WO TAG	P	PP	PPPABQBEADLAAG	I3009637	pe, A 53 Gr. B, BE, SM	M	2,549
6"	S-10S	STD WO TAG	P	PP	PPPABRBEAT1AAD	I2736928	A 312 Gr. TP304, BE,	M	102,221
6"	S-80S	STD WO TAG	P	PP	PPPABRBEAT1AAD	I3894966	A 312 Gr. TP304, BE,	M	1,374
8"	S-STD	STD WO TAG	P	PP	PPPABQBEADLAAC	I3726606	pe, A 53 Gr. B, BE, ER	M	59,256
8"	S-XS	STD WO TAG	P	PP	PPPABQBEADLAAC	I3726607	be, A 53 Gr. B, BE, ERV	M	279,271
8"	S-STD	STD WO TAG	P	PP	PPPABQBEADLAAG	I3009653	pe, A 53 Gr. B, BE, SM	M	98

Tabla 5. Listado de Materiales del Área de Generación de Potencia de la Refinería

3.5. Recursos Disponibles

3.5.1. Recursos materiales

Estos recursos son básicamente, material suministrado por la gerencia como lo son: planos de la planta, planos de las líneas de tubería, material bibliográfico (Normas ASME, API.). También recursos suministrados por los ingenieros a cargo del proyecto.

3.5.2. Recursos computacionales

Se posee una Tableta personal en conjunto con un computador de escritorio suministrado por la empresa **Y&V**, además de una impresora, fotocopidora, plotter y por supuesto el software que posee el computador, y los programas los cuales son:

- Microsoft Windows
- Paquete Microsoft Office (Word, Power Point, Excel, Outlook).
- AutoCAD
- Smart Plant Free View.
- Adobe Reader.
- Internet Explorer.

3.5.3. Recursos bibliográficos

- Biblioteca Central de la UCV.
- Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UCV.
- Biblioteca de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la UCV.
- Biblioteca Adolfo Yáñez Empresas Y&V.
- Libros y Normas suministradas por la Gerencia de Tuberías.

- Internet.

3.5.4. Recursos técnicos

Para realizar el cálculo de los índices, se contó con la ayuda de un equipo de ingenieros y la gerencia de tubería, que fueron los encargados de aportar la data y la información necesaria para la realización de las hojas de cálculo.

CAPITULO IV

4. ANÁLISIS Y RESULTADOS

En el presente capítulo se desarrolló el cálculo y estimaciones de los índices, para el diseño de selección de tuberías, válvulas y accesorios según sea el proyecto y las condiciones de proceso que se requieran, explicando de manera sistemática el método de selección de la misma.

En los cálculos y estimación de los índices se siguieron ciertos parámetros para obtener los números deseados y lograr el cometido, que es usar los cómputos-métricos para la realización de ofertas y ganar la mayor cantidad de construcciones de plantas posibles.

4.1. Bases y Criterios

El conjunto bibliográfico principal fue escogido de la base de datos de PDVSA por ser la empresa nacional con más desarrollo normativo propio, y ser considerada pionera en construcciones asociadas a la industria, adicionalmente, como ya se ha mencionado, representa el principal cliente de Empresas Y&V por lo que el uso de esta información permite compartir la misma normativa y lenguaje.

La base principalmente fue el conocimiento obtenido anteriormente en el diseño de tuberías y todo lo que conlleva, además del material proporcionado para realizar un trabajo de calidad, acorde a lo que requiere la empresa. La data usada es

completamente real y el listado de materiales en los que se trabajó son los que actualmente están montados en las diferentes plantas. En cada una se usaron ciertas normas como la PDVSA N° H-221, H-231, H-251. También otras normas como la ASME/ANSI-B31.3, ASME-B31.4, ya que de estas es donde se puede verificar el material usado y qué tipo de servicio debía transportar la tubería.

4.2. Elaboración de los Índices

En la elaboración de los índices se siguieron una serie de indicaciones, las cuales determinan que los números obtenidos sean los que se requieren y no haya un conteo adicional, todo esto se realiza en la nueva lista de materiales. Las especificaciones son las siguientes:

- En la lista no se deben contar los materiales que sean acero inoxidable (SS) como se denota en la tabla, ya que estos materiales se consideran como materiales especiales y su fabricación tiene un costo muy alto.
- Solo se contarán los materiales, acero al carbono (CS), hierro colado, bronce en el caso de las válvulas, si y solo si, es solo el cuerpo de la válvula. Estos materiales son los que se usan en el conteo, porque son los que se compran en gran cantidad. A diferencia de acero inoxidable, como ya se había mencionado su fabricación es costosa y solo se usa para servicios especiales y estas se tienen que fabricarse con antelación, a estos materiales se les conoce como materiales de largo tiempo de entrega.
- La lista comienza con el diámetro de menor a mayor, es decir, desde ½ pulg hasta el mayor diámetro que se encuentre en la lista de materiales, para que su búsqueda sea más accesible.
- Verificar que la especificación dada en la lista de materiales sea exactamente igual a la que se encuentra en el isométrico.
- Separar el Small Bore (Calibre Pequeño) del Large Bore (Largo Calibre). Cuando se habla de Small Bore (Calibre Pequeño) nos referimos a la tubería

de menor diámetro respecto a la de mayor diámetro, es decir, desde ½ pulg hasta 2 pulg o 3 pulg dependiendo de la planta, por lo general se toma 3 pulg. El Large Bore (Largo Calibre) es el resto de la tubería, si se tomó el Small hasta 2 pulg el Large será de 3 pulg, hasta el diámetro mayor y si se toma hasta 3 pulg el Small el Large comenzara en 4 pulg hasta el diámetro mayor.

- El rango donde se debe encontrar el índice estará entre el 27% y el 36%.
- La fórmula que se usó para el cálculo del índice es la siguiente:

$$INDICE = \frac{SMALL\ BORE}{SMALL\ BORE + LARGE\ BORE}$$

$$INDICE = \frac{CALIBRE\ PEQUEÑO}{CALIBRE\ PEQUEÑO + LARGO\ CALIBRE}$$

Luego obtener estos parámetros en cuenta, y haber verificado cada uno en su totalidad se procede a realizar el cálculo de los índices en las tuberías y a partir de estos se obtienen los de las válvulas y accesorios (bridas, codos, té y reductores). El cálculo se realiza con el Small Bore (Calibre Pequeño) y el Large Bore (Largo Calibre), la suma de ambas da como resultado la longitud de la tubería total, a partir de esta y del Small Bore (Calibre Pequeño) se calcula el índice esperado. De este se obtiene una data general para las válvulas, bridas y accesorios (codos, té y reductores).

En la tabla. 6. se muestra el resultado de los índices de la estación de mejoramiento, perteneciente al Área 10 (tratamiento de crudo). En esta tabla están calculados los índices tanto para menores iguales a 2 pulg y menores iguales a 3 pulg. Los números que se observan en la lista, son los metrajes de tubería que hay desde ½ pulg hasta 3 pulg y desde 4 pulg hasta 30 pulg. El diámetro máximo que se encuentra en esta área es de 30 pulg. Cada tabla posee una nomenclatura para identificar el small bore del large bore, para el small se dice que es igual a “A” y para el large igual

a "B". Como se puede observar se encuentra la suma del small con el large. En cada caso se puede observar que hay un porcentaje distinto, debido a que el rango obtenido en el small bore de una es mayor a la siguiente.

$(\leq 3") = A \text{ (m)}$	$(> 3") = B \text{ (m)}$	TOTAL (A+B) (m)	INDICE	Porcentaje (%)
5107,89	9029,90	14137,79	0,36	36,13
$(\leq 2") = A \text{ (m)}$	$(> 2") = B \text{ (m)}$	TOTAL (A+B) (m)	INDICE	Porcentaje (%)
4411,56	9726,22	14137,79	0,31	31,20

Tabla 6. Índices el Área 10 (Tratamiento de Crudo)

Para que el cálculo sea lo más representativo posible, se tomo el rango propuesto donde se debe encontrar el índice. Para poder realizar la compra de las tuberías, el índice debe estar entre 27% y 36%, este porcentaje indica que del 100% de tuberías que se usara para la construcción de la planta solo un 32% o 36% será de tubería desde ½ pulg hasta 2 pulg o 3 pulg dependiendo de la tabla a usar. Para realizar la compra los índices obtenidos en esta área son bastante representativos debido a que se encuentran en el rango que se desea, y se ajusta adecuadamente al área 10 que en su totalidad es de procesos.

Una vez obtenido estos índices para las tuberías, se elabora un listado más completo donde se pueden ilustrar los materiales, como lo son: las válvulas, bridas, codos (45° y 90°), té y reductores. Estos fueron los materiales y accesorios más representativos ya que con estos se realizan las ofertas. En la tabla. 7. se ilustra cómo se encuentran distribuidas.

Diámetro	Tuberías (m)	Codos		Tés	Reductores	Bridas	Accesorios total	Valvulas total
		45°	90°					
1/2"	162,02	44	138	50	0	81	313	80
3/4"	209,08	0	130	16	0	10	156	79
1"	1277,07	19	467	93	0	80	659	394
1 1/2"	287,39	2	112	45	0	98	257	0
2"	2476,02	6	604	299	0	517	1426	309
3"	696,33	2	166	72	0	155	395	10
4"	650,02	2	117	16	7	240	382	4
6"	1332,76	14	198	24	36	229	501	19
8"	1109,01	5	146	15	32	146	344	12
10"	750,98	1	165	9	32	147	354	10
12"	1079,70	10	126	10	29	96	271	5
16"	2660,10	11	188	12	38	104	353	9
20"	624,99	5	81	8	21	62	177	14
24"	512,35	1	48	11	15	24	99	6
30"	309,98	5	25	3	1	11	45	0

Tabla 7. Total de Accesorios y Válvulas del Área 10

Como se puede observar en la tabla. 7. hay un total de accesorios y un total de válvulas. Esto se debe a que las válvulas no se cuentan como accesorio, por ende se tuvo que realizar una columna que ilustre un total de válvulas con los metros de tuberías por diámetro al igual que la de los accesorios.

Las áreas que presentaron índices un poco elevados fueron las áreas 20 y 30, en la tabla. 8. y en la tabla. 9. se pueden observar los valores obtenidos. Al igual que en las tablas anteriores y en las posteriores, se usó la misma nomenclatura, donde se indica al small bore como "A" y al large bore como "B" y la suma de ambas.

(≤3") = A (m)	(>3") = B (m)	TOTAL (A+B) (m)	INDICE	Porcentaje
3067,01	2804,15	5871,16	0,52	52,24
(≤2") = A (m)	(>2") = B (m)	TOTAL (A+B) (m)	INDICE	Porcentaje
3031,93	2839,23	5871,16	0,52	51,64

Tabla 8. Índices del Área 20 (Área de Tratamiento de Agua)

$(\leq 3") = A$ (m)	$(> 3") = B$ (m)	TOTAL (A+B) (m)	INDICE	Porcentaje
2194,80	597,36	2792,17	0,79	78,61
$(\leq 2") = A$ (m)	$(> 2") = B$ (m)	TOTAL (A+B) (m)	INDICE	Porcentaje
2154,81	637,35	2792,17	0,77	77,17

Tabla 9. Índices del Área 30 (Área de Generación de Potencia)

Como se ilustra hay valores muy elevados y se encuentran por encima del rango que se ha propuesto que es entre 27% y 36%, estos debido a que el área 20 es el área de tratamiento de agua, en la misma el diámetro mayor es de 20" y la mayor cantidad de tuberías se encuentra en el small bore y el resto en el large bore. También se observa que comparado con el área 10 el total de metros de tuberías es mucho menor por ende la cantidad usada en esa área en su gran mayoría son de diámetros menores o iguales a 3 pulg.

El área 30 es el área de generación de potencia, se tienen hasta diámetros de 6 pulg. En este caso el índice fue mucho mayor, debido a que solo se trabaja con tuberías de vapor para poder transportarlo a las turbinas y generar la energía para las áreas adyacentes y si es posible para las comunidades cercanas. En las mismas era de esperarse que los índices fuesen altos porque son áreas que poseen pocas tuberías y no son de procesos como el área 10 que es netamente procesos lo cual implica más tuberías y accesorios.

Luego de obtener los índices de estas dos áreas se tiene la tabla. 10. y la tabla. 11. donde se observan los totales de los accesorios por diámetro y las válvulas totales.

Diametro	Tuberías (m)	Codos		Tés	Reductores	Bridas	Accesorios total	Valvulas total
		45°	90°					
1/2"	14,54	6	35	0	0	135	176	27
3/4"	167,36	0	116	17	0	36	169	50
1"	602,41	10	324	62	0	60	456	147
1 1/2"	231,33	2	158	34	0	20	214	18
2"	2016,29	41	120	91	0	263	515	58
3"	35,08	0	4	2	0	13	19	0
4"	671,95	17	99	9	0	126	251	19
6"	439,14	16	74	16	12	106	224	12
8"	392,28	8	81	3	13	93	198	25
10"	166,47	7	41	10	15	72	145	18
12"	542,35	6	146	14	18	106	290	31
16"	382,14	10	81	7	10	82	190	14
20"	209,83	4	24	3	4	36	71	5

Tabla 10. Total de Accesorios y Válvulas del Área 20

Diametro	Tuberías (m)	Codos		Tés	Reductores	Bridas	Accesorios total	Valvulas total
		45°	90°					
1/2"	55,56	0	40	0	0	8	48	2
3/4"	139,16	2	94	4	0	26	126	40
1"	776,96	34	366	54	0	104	558	68
1 1/2"	347,33	26	172	10	0	50	258	4
2"	835,33	22	282	110	0	98	512	58
3"	39,99	10	40	4	0	56	110	22
4"	334,20	38	132	10	10	56	246	8
6"	263,16	6	54	2	10	18	90	0

Tabla 11. Total de Accesorios y Válvulas del Área 30

Estas tablas son de suma importancia, ya que a partir de estas se conoce la cantidad válvulas, bridas, codos, té s y reductores usados tanto en campo (Field) como en taller (Shop). Aquí se denota la diferencia de los diámetros usados en cada área, todo esto dependiendo del servicio.

En la tabla. 12. y en la tabla. 13. se detallan las dos últimas áreas que son la de servicios comunes y la general, es decir, área 40 y área 90.

$(\leq 3") = A$ (m)	$(> 3") = B$ (m)	TOTAL (A+B) (m)	INDICE	Porcentaje
4453,90	8244,63	12698,53	0,35	35,07
$(\leq 2") = A$ (m)	$(> 2") = B$ (m)	TOTAL (A+B) (m)	INDICE	Porcentaje
4372,66	8325,88	12698,53	0,34	34,43

Tabla 12. Índices del Área 40

$(\leq 3") = A$ (m)	$(> 3") = B$ (m)	TOTAL (A+B) (m)	INDICE	Porcentaje
2617,87	4016,37	6634,24	0,39	39,46
$(\leq 2") = A$ (m)	$(> 2") = B$ (m)	TOTAL (A+B) (m)	INDICE	Porcentaje
2097,91	4536,33	6634,24	0,32	31,62

Tabla 13. Índices del Área 90

En estas dos últimas áreas los índices obtenidos fueron bastante satisfactorios, estos se encuentran en el rango previsto. El área 40 (servicios comunes), en esta se encuentran una cantidad considerable de tuberías asociadas a las demás incluyendo la última. En la misma hay conexiones y ramales que dirigen hacia las otras áreas, al igual que la primera es de gran importancia por la gran cantidad de tuberías que allí se maneja al igual que los accesorios. El área 90 (General) es donde se encuentran las tuberías para agua de los filtros, baños, sistema contra incendios y otros servicios, en esta se maneja una gran cantidad de tuberías, así se podrá realizar un buen calculo y obtener unos índices congruentes con el listado de materiales.

De igual manera que las áreas anteriores se realizó un listado general donde se encuentran los accesorios y total válvulas para estas dos últimas áreas de la planta de mejoramiento. La tabla. 14. y en la tabla. 15. se pueden observar los accesorios y válvulas.

Diámetro	Tuberías (m)	Codos		Tés	Reductores	Bridas	Accesorios total	Valvulas total
		45°	90°					
3/4"	77,30	0	52	4	0	8	56	49
1"	177,67	0	81	4	0	24	85	160
1 1/2"	35,58	2	10	2	0	22	14	6
2"	4082,12	45	305	98	0	116	448	70
3"	81,24	0	32	1	0	48	33	19
4"	378,50	5	51	3	3	44	62	6
6"	1687,90	11	118	9	3	65	141	3
8"	182,67	4	40	5	6	43	55	5
10"	599,95	9	30	1	2	9	42	0
12"	1533,87	16	103	7	8	59	134	4
16"	1295,69	15	130	4	6	112	155	13
20"	2118,46	9	49	0	1	8	59	1
30"	447,60	0	16	0	0	2	16	0

Tabla 14. Total de Accesorios y Válvulas del Área 30

Diámetro	Tuberías (m)	Codos		Tés	Reductores	Bridas	Accesorios total	Valvulas total
		45°	90°					
1/2"	0,27	1	1	0	0	0	2	11
3/4"	0,10	0	0	0	0	0	0	16
1"	96,92	46	142	1	0	6	195	39
1 1/2"	300,86	7	75	33	0	5	120	30
2"	1698,71	25	171	247	0	94	537	26
2-1/2"	1,05	0	0	0	0	0	0	0
3"	519,97	9	101	5	0	47	162	9
4"	410,04	9	91	46	12	66	224	23
6"	1034,32	60	269	14	37	173	553	53
8"	588,99	12	41	4	3	18	78	9
10"	548,65	14	32	0	2	13	61	5
12"	1434,36	15	77	5	1	33	131	11

Tabla 15. Total de Accesorios y Válvulas del Área 30

Luego de obtener cada índice de cada área y la lista de accesorios por metros de tuberías y diámetros, se calculó el índice total de la planta y un listado general donde se incluyen solo las áreas 10, 40 y 90, debido a que fueron las áreas que se acercaron más a los índices esperados, para luego poder compararla con las otras dos plantas tratadas en este proyecto. Los índices totales de la planta tanto para un small bore menor o igual a 2 pulg y un small bore menor o igual a 3 pulg son los que se muestran en la tabla. 16. y en la tabla. 17. al igual que se realizo con cada una de las

aéreas se creó un listado general de la planta de válvulas y accesorios en la tabla. 18. se puede ilustrar.

INDICE GENERAL DE LA PLANTA PARA ≤3"	
SMALL BORE	LARGE BORE
12179,66	21290,90
TOTAL	33470,56
INDICE	0,36
Porcentaje	36,39

Tabla 16. Índices Total para un Small Bore (Calibre Pequeño) ≤ 3"

INDICE GENERAL DE LA PLANTA ≤2"	
SMALL BORE	LARGE BORE
10882,12	22588,43
TOTAL	33470,56
INDICE	0,33
Porcentaje	32,51

Tabla 17. . Índices Total para un Small Bore (Calibre Pequeño) ≤ 2"

Diametro	Tuberias (m)	Codos		Tés	Reductores	Bridas	Accesorios total	Valvulas total
		45°	90°					
1/2"	232,377	51	214	50	0	224	315	120
3/4"	592,993	2	392	41	0	80	435	234
1"	2931,023	109	1380	214	0	274	1703	808
1 1/2"	1202,478	39	527	124	0	195	690	58
2"	11108,4595	139	1482	845	0	1088	2466	521
2-1/2"	1,05	0	0	0	0	0	0	0
3"	1372,604	21	343	84	0	319	448	60
4"	2444,706	71	490	84	32	532	677	60
6"	4757,276	107	713	65	98	591	983	87
8"	2272,9522	29	308	27	54	300	418	51
10"	2066,052	31	268	20	51	241	370	33
12"	4590,276	47	452	36	56	294	591	51
14"	0	15	130	0	0	0	145	0
16"	4337,934	30	318	23	54	298	425	36
20"	2953,2742	9	121	11	26	106	167	20
24"	512,353	1	48	11	15	24	75	6
30"	757,587	5	25	3	1	13	34	0

Tabla 18. Total de Accesorios y Válvulas.

En la tabla. 16. y en la tabla. 17. se observa un cambio bastante notable de los índices obtenidos por área y el índice general de la planta, para menor igual a 3 pulg el índice se ajusta bastante pero en el caso de menor igual a 2 pulg el índice obtenido es aún más ajustado, esto debido a que no se agregaron las áreas 20 y 30, donde los índices fueron bastante elevados a los que se requiere, si se agregaran los índices elevarían sus niveles y no se encontrarían en el rango propuesto y no se podrían usar estos valores para dichas ofertas. Siendo estos valores bastantes aceptables y confiables es posible realizar una oferta y poder llevar a cabo la compra de materiales para una planta de este tipo.

Las otras plantas usadas en el desarrollo de estos índices fueron una planta de fertilizantes y el área de generación de potencia de una refinería. Estas plantas fueron usadas para realizar una comparación con la planta de mejoramiento y obtener un mejor estudio de cada planta y así obtener la mayor cantidad de datos posibles para lograr el cometido que es ganar la mayor cantidad de ofertas posibles. La tabla. 19, tabla. 20, tabla 21 y tabla. 22 ilustradas son tanto de la planta de fertilizante como el área de generación de potencia de una refinería.

$(\leq 3'') = A (m)$	$(> 3'') = B (m)$	Total A+B (m)	Indice	Porcentaje
11120,63	11083,74	22204,37	0,50	50,08
$(\leq 2'') = A (m)$	$(> 2'') = B (m)$	Total A+B (m)	Indice	Porcentaje
10045,02	12250,69	22204,37	0,45	45,24

Tabla 19. Índices de la Planta de Fertilizantes

$(\leq 3'') = A$	$(> 3'') = B$	TOTAL (A+B)	INDICE	Porcentaje
1595,88	1171,42	2767,30	0,58	57,67
$(\leq 2'') = A$	$(> 2'') = B$	TOTAL (A+B)	INDICE	Porcentaje
1280,99	1484,77	2765,76	0,46	46,32

Tabla 20. Índices del Área de Generación de Potencia de la Refinería

Diámetro	Tuberías total (m)	Codos		Tés	Reductores	Bridas	Accesorios total	Valvulas total
		90°	45°					
1/2"	438,24	241	16	77	158	0	492	109
3/4"	1806,08	667	52	65	283	0	1067	967
1"	1263,63	225	87	31	176	0	519	112
1 1/2"	1417,64	218	19	10	108	0	355	39
2"	5119,43	635	78	88	426	51	1227	161
3"	1166,95	226	18	53	178	25	475	82
4"	2578,29	422	39	116	337	96	914	86
6"	1975,30	320	18	53	242	37	633	74
8"	2226,97	275	16	44	133	41	468	50
10"	664,48	109	10	10	72	25	201	28
12"	1015,05	230	23	23	98	35	374	19
14"	58,87	6	0	4	2	6	12	2
16"	459,41	68	5	7	55	6	135	7
18"	185,59	15	2	1	11	1	29	4
20"	441,84	33	0	3	4	4	40	0
24"	38,89	8	0	0	13	3	21	0
28"	22,68	6	0	0	12	0	18	0
30"	82,86	6	3	0	2	0	11	0
32"	359,40	12	12	0	2	0	26	0
36"	124,45	1	2	0	2	6	5	0
48"	747,07	9	5	4	2	7	20	0
56"	102,58	4	0	0	2	0	6	0

Tabla 21. Total de Accesorios y Válvulas de la Planta de Fertilizantes

Diámetro	Tuberías (m)	Codos		Tés	Reductores	Bridas	Accesorios total	Valvulas total
		90°	45°					
1"	4,60	0	0	1	11	0	12	1
1 1/2"	1,77	0	0	61	7	0	68	0
2"	1274,62	0	0	1	47	0	48	29
3"	313,35	28	0	0	36	3	67	3
4"	280,65	162	25	0	104	16	307	20
6"	454,24	33	34	4	44	3	118	1
8"	436,53	57	0	4	14	10	85	0

Tabla 22. Total de Accesorios y Válvulas del Área de Generación de Potencia de la Refinería

Se observa que los índices calculados tanto para la planta de fertilizantes como para la refinería, son un poco elevados y se encuentran por encima del rango que se propuso, el cual debe estar en un rango entre 27% y 38%. Igualmente estos

valores por no estar tan alejados pueden ser usados para realizar unas estimaciones para este tipo de plantas.

Comparando estos resultados con la planta de mejoramiento, siendo esta la más grande, se puede decir que el resultado más aceptable será el índice para tuberías menores o iguales a 2 pulg, esto debido a que el valor es más ajustado; por ende si se gana la oferta el lote principal de tuberías a comprar será desde ½ pulg hasta 2 pulg, el resto de la tubería se dice que es de largo tiempo de entrega.

Esto quiere decir que la tubería del small bore es de fácil compra y el lote será de entrega inmediata, a diferencia del large bore donde se tiene un tiempo de entrega un poco más largo por ende al momento de ofertar el large bore no puede ser la opción más factible, ya que manejan unos tiempos de entrega. Para la empresa es de gran utilidad, debido a que es más factible obtener un listado de materiales estructurado para un fin que es ganar la mayor cantidad de ofertas y creación de nuevas plantas, para así mantener el estatus a nivel nacional de mantener la calidad y el prestigio que acompaña a Empresas Y&V en la realización de proyectos IPC siendo estos su mayor fuerte.

CONCLUSIONES

Los resultados que se obtienen en el desarrollo de los cálculos-métricos están bajo todas las normas y recomendaciones que exige la industria. Para cumplir de manera satisfactoria todos los procesos o proyectos que quieran ser desarrollados, y emplean un breve periodo de tiempo que se ve reflejado en menores inversiones de tiempo y dinero.

Los índices obtenidos para la construcción de una planta petroquímica fueron bastantes satisfactorios, debido a que se encuentran en el rango propuesto, estos son de gran ayuda para los ingenieros encargados en el conteo de materiales, ya que cuentan con una herramienta que reduce el tiempo y pueden realizar mayor cantidad de ofertas. El nuevo arreglo de las tablas fue de gran importancia, porque facilitó el cálculo de los índices.

Los listados de materiales y los planos isométricos usados para el cálculo de estos índices son 100% reales, ya que es el listado de la ingeniería de detalles. Estos son los que se encuentran montados en la planta, por ende los índices son confiables para la compra y diseño de tuberías de largo y pequeño calibre.

Los documentos se elaboraron exclusivamente para el uso interno en el Departamento de Tuberías de Empresas Y&V. La información contenida en estos así como la recopilación de normas que contienen, están orientados para el uso de los ingenieros de diseño del departamento indicado; los procedimientos correspondientes a otras disciplinas de la empresa son mencionados y referenciados mas no desarrollados a detalle, ya que estos no conciernen sino al usuario para el cual los índices fueron calculados.

RECOMENDACIONES

- Establecer estudios más a fondo de este tipo de cálculos de índices en tuberías y accesorios, para otras plantas que se encuentren en la FPO y en otros lugares del país, obteniendo así un rango de estimación cada vez más bajo y reducir los tiempos en el conteo de materiales.
- Realizar planes de entrenamiento y ayuda, para el personal de tuberías que vaya a estar relacionado con el nuevo listado de materiales.
- Cada planta debe tener sus planos isométricos para compararlo con la lista de materiales, y obtener una mayor confiabilidad que los materiales que se encuentran tanto en la lista como en el plano isométrico coincidan, como se realizó con la planta de mejoramiento. Esta poseía sus planos isométricos a diferencia de las otras dos plantas tanto la de fertilizantes como la refinera que no se obtuvieron.
- Usar los programas como smart plant a una mayor profundidad, para obtener los índices directamente de la lista de materiales que se encuentra en los planos creados.

BIBLIOGRAFÍA

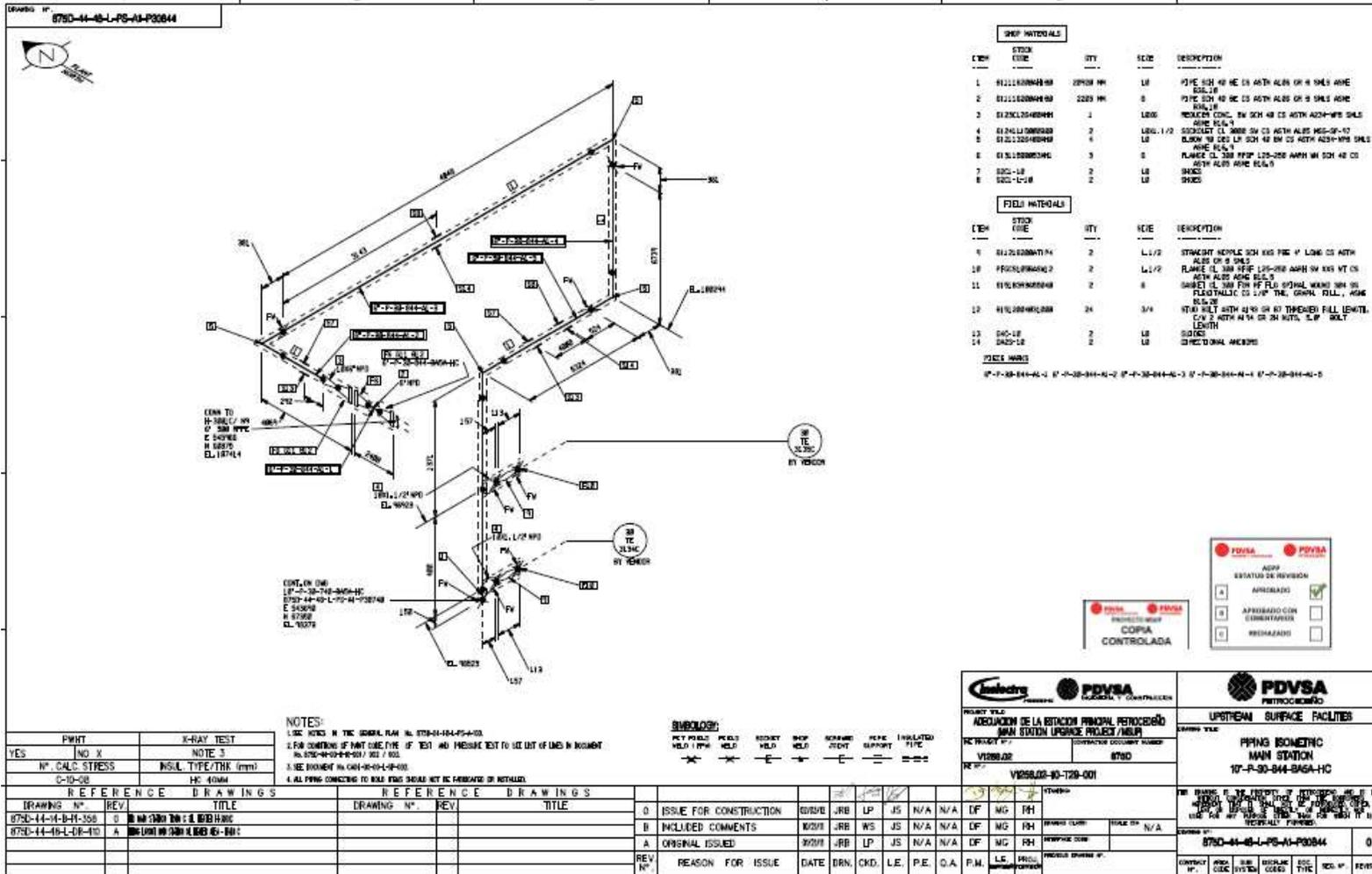
- ASME/ANSI-B31.3. (2009). *Process Piping. American National Standards Institute & American Society for Testing and Materials* .
- ASME-B31.4. (2009). *Pipeline Transportation System for Liquid Hydrocarbons and Other Liquids*. USA.
- Cesar, E. *Elaborar la Documentación Necesaria para Unificar Criterios en los Procesos de Diseño de Tuberías y Analisis de Flexibilidad*. Universidad Central de venezuela.
- Dvorak, L. A. (2011). *Elaboracion de Guías de Diseño para el Trazado de Tuberías de Transporte de Hidrocarburos*. Caracas, Venezuela: Universidad Simon Bolivar .
- Ed Bausbacher, R. H. *Process Plant Layout and Piping Desing (Disposicion de Procesos de una Planta y Diseño de Tuberías)*.
- Fernández Barba Ramón Reynaldo, L. M. (2012). *Descripción de los procesos de mejoramiento de los Crudos Pesados y Extrapesados a Nivel de Superficie Aplicados en La Faja Petrolífera del Orinoco*. Universidad de Oriente.
- H-221, P. (1987). *Piping Materials. Petroleos de Venezuela* .
- H-231, P. (1986). *Piping Fabrication Requirements. Petroleos de Venezuela* .
- H-251, P. (1986). *Process and Utility Piping Desing Requirements. Petroleos de Venezuela* .
- J, E. (2005). *Piping System & Pipeline*. USA: McGraw Hill.
- Jesús, H. (2002). *Automatización del Sistema de Producción de Isometricos y del Metodo de Cálculo de Características Específicas de las Tuberías*. Universidad Central de Venezuela.
- López, V. S. (2006). *Implementacion de Materiales de Tuberías del Proyecto Polinter*. Universidad Simon Bolivar.
- Materials, A. S. <http://www.astm.org/>. *Disponible en internet*.

PDVSA. <http://www.pdvs.com/interface.sp/database/fichero/free/5184/723.PDF>.

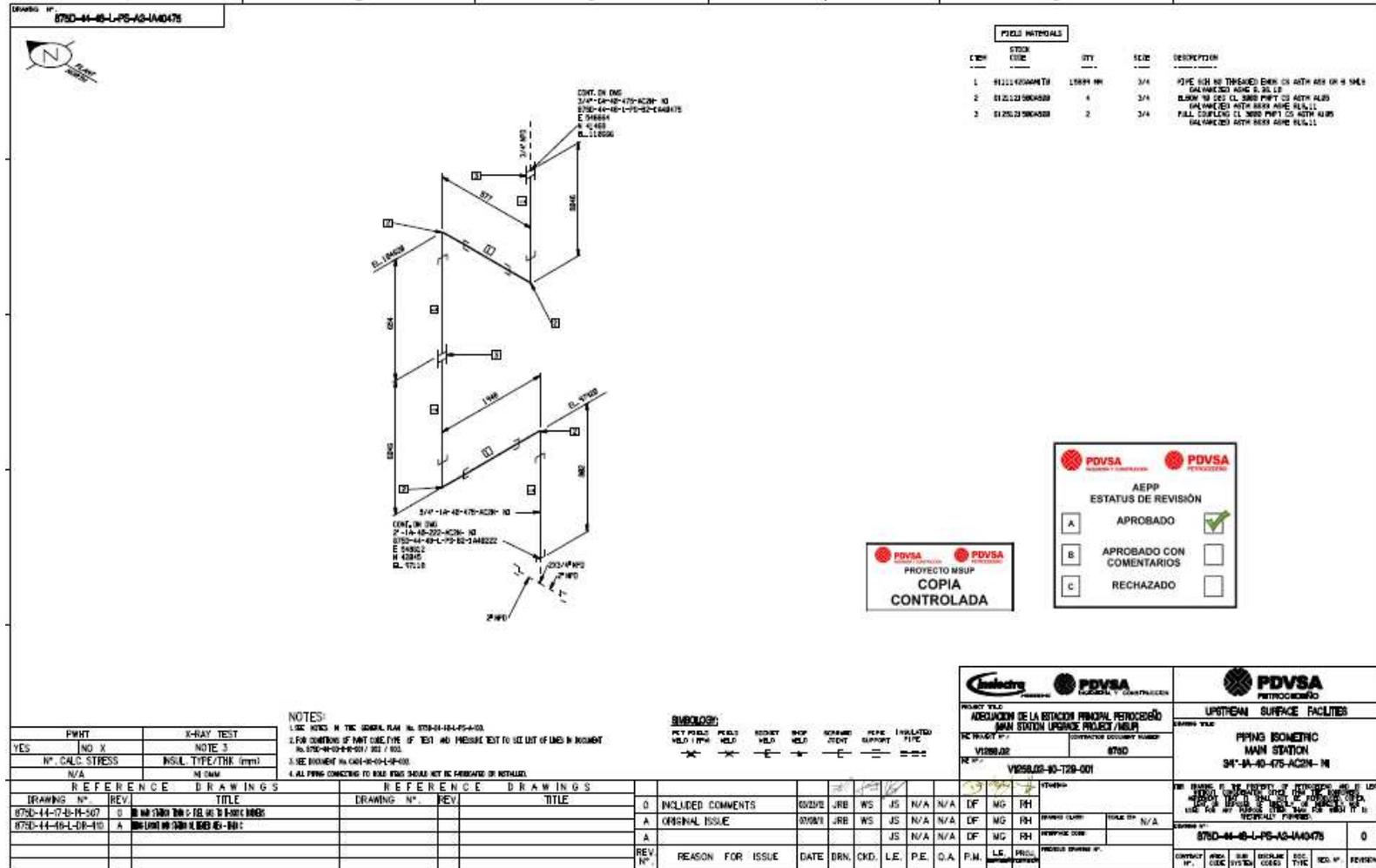
William B. Hooper, M. C. *Predict Fittings for Piping System. (Predicción de Accesorios para Sistemas de Tuberías)*.

ANEXOS

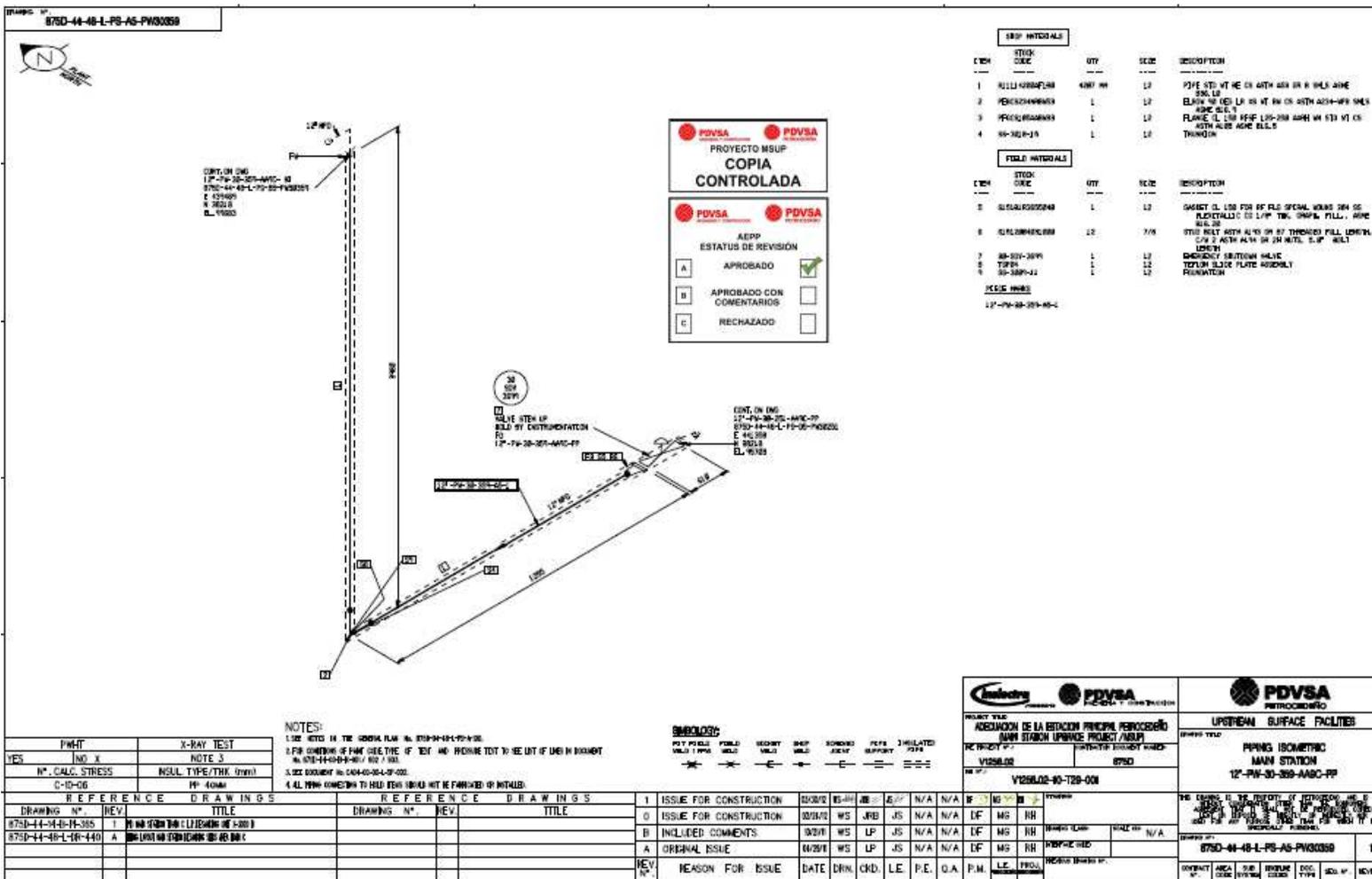
[Anexo 3] Plano Isométrico del Área 10 (Tratamiento de Crudo)



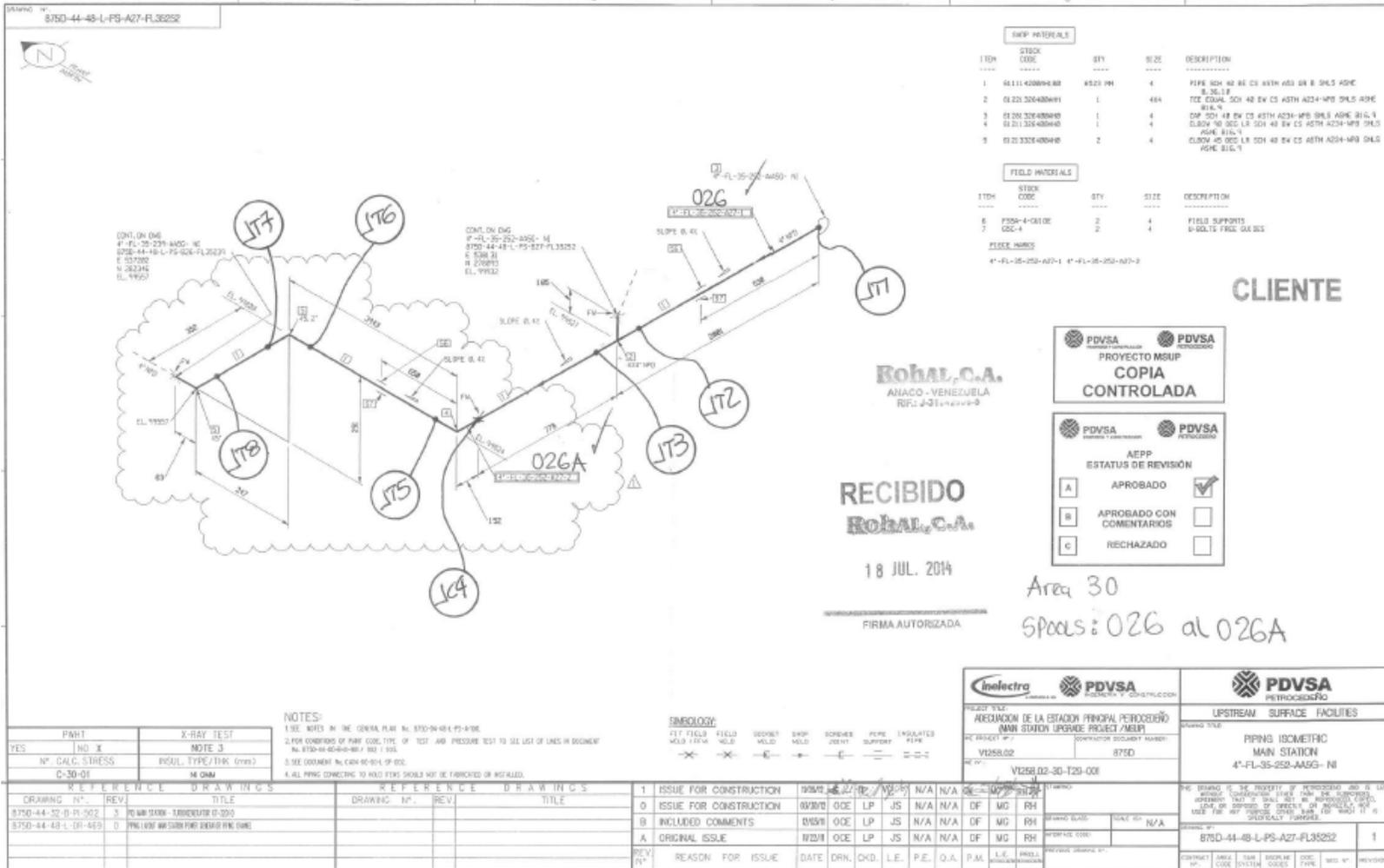
[Anexo 4] Plano Isométrico del Área 10 (Tratamiento de Crudo)



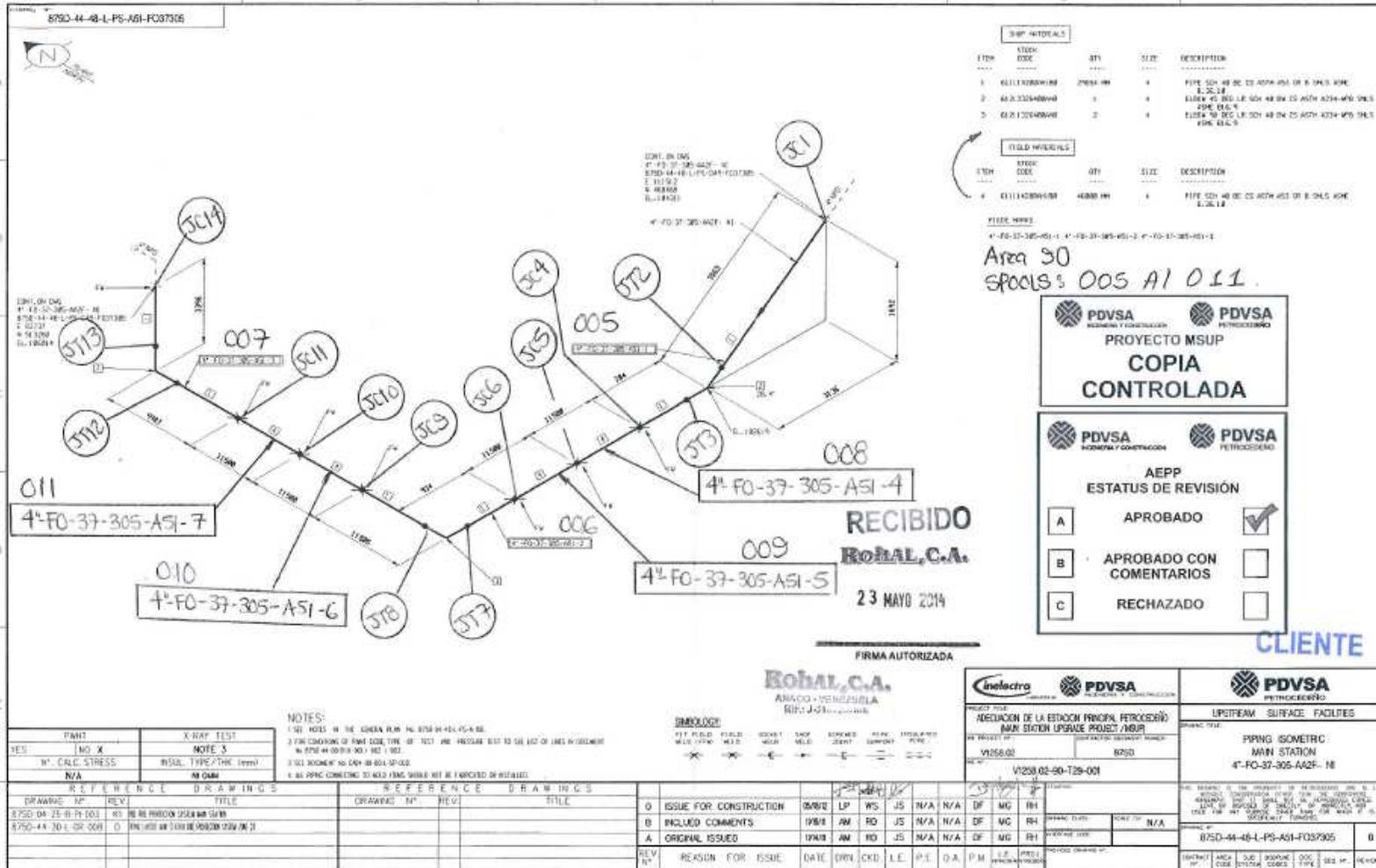
[Anexo 6] Plano Isométrico del Área 20 (Tratamiento de Agua)



[Anexo 9] Plano Isométrico del Área 30 (Generación de Potencia)



[Anexo 11] Plano Isométrico del Área 90 (General)



[Anexo 12] Tablas y planos