



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

ESTANDARIZACIÓN DEL DISEÑO DE SISTEMAS DE INTERCONEXIÓN DE TUBERÍA PARA LA EMPRESA SANTOS CMI

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO

SIXTO GERARDO OÑA ANAGUANO
sixtogerardo@gmail.com

DIRECTOR: ING. CARLOS WIME DÍAZ CAMPOVERDE, M. SC.
carlos.diaz@epn.edu.ec

CODIRECTOR: ING. WILLAN LEOPOLDO MONAR MONAR, M. SC.
william.monar@epn.edu.ec

Quito, Mayo 2017

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por **SIXTO GERARDO OÑA ANAGUANO**, bajo nuestra supervisión.

Carlos Díaz, M. Sc.
DIRECTOR DEL PROYECTO

Willan Monar, M. Sc.
CODIRECTOR DEL PROYECTO

DECLARACIÓN

Yo, **SIXTO GERARDO OÑA ANAGUANO**, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad vigente.

Sixto Gerardo Oña Anaguano

AGRADECIMIENTO

A la empresa SANTOS CMI, por abrirme sus puertas y brindarme su apoyo, en especial a Milton Pozo, Diego Galárraga, Adolfo Tello y Wilson Orbea; quienes contribuyeron con ideas y motivación para que este proyecto llegue a su feliz término.

A la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional, por brindarme la oportunidad de formarme en sus tan ilustres aulas.

A mi director y codirector de tesis, Carlos Díaz, M. Sc. y Willian Monar, M. Sc., respectivamente, por su valioso apoyo, colaboración incondicional, acertada orientación, corrección y permanencia en el desarrollo de este proyecto. Agradezco también a Esteban Valencia, Ph. D., por compartir recomendaciones que le dieron mayor calidad a la presentación de este estudio técnico.

A Jaqueline Lozada, por su valiosa colaboración, motivación y consejos que permitieron concluir felizmente este proyecto.

A los equipos interdisciplinarios de Tubería, Procesos, Instrumentación y Civil, por su desinteresada colaboración.

DEDICATORIA

A Dios, a mi madre Lourdes Anaguano, a mi padre Luis Gonzalo Oña, a mi hermano Luis Fernando Oña, ellos son quienes dieron significado a este esfuerzo. Su aliento, compañía, acertada guía, sacrificio, ejemplo de honestidad y cariño me dio la inspiración necesaria para concluir este trabajo.

A todos los que quieran conocer el fundamento e importancia de la ingeniería de tuberías.

A la empresa SANTOS CMI, empresa que quiero mucho y deseo verla siempre en la cima del éxito.

A cada uno de los docentes y compañeros que aportaron a mi formación.

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN.....	i
DECLARACIÓN.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DEDICATORIA	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE ANEXOS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS DE ANEXOS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE TABLAS DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo general.....	2
Objetivos específicos.....	2
Alcance	2
1. INGENIERÍA DE TUBERÍAS.....	4
1.1 Generalidades.....	4
1.2 Definiciones.....	5
1.3 Conocimiento requerido para diseño de tuberías.....	6
1.4 Importancia de la ingeniería de tuberías.....	7
Dificultad en la ingeniería de tuberías.....	8
1.5 Documentos y planos relevantes durante el diseño de tubería.....	10
Documentos relevantes del área de tubería	11
1.6 Tipos de sistemas de tubería	13
1.7 Materiales de tubería.....	13
1.8 Componentes de tubería y conexiones a equipos.....	14
Tubos.....	14
Válvulas	16
Bridas	17
Derivaciones.....	18
Elementos para soportar tubería.....	19
1.9 Análisis de esfuerzos en tuberías.....	24
Propósito del análisis de esfuerzos en tubería	29

1.10	Códigos y normas para diseño de tuberías.....	29
	Código ASME para tuberías a presión.....	31
	Códigos y normas para realizar un análisis de esfuerzos en tuberías	33
2.	ESTANDARIZACIÓN DEL DISEÑO DE SISTEMAS DE INTERCONEXIÓN DE TUBERÍAS	34
2.1	Procedimiento general de diseño	35
	Disponibilidad (serviciabilidad).....	37
	Confiabilidad	38
	Seguridad	39
	Fabricabilidad.....	39
2.2	Estándar del diseño de un sistema de bombeo de agua para protección contra incendio.....	40
	Generalidades de un sistema de protección contra incendios.....	40
	Selección de alternativas	42
	Evaluación de las alternativas de diseño	47
	Diagramas de cálculo para el dimensionamiento del sistema de bombeo	50
	Verificación de flexibilidad en tubería	52
	Dimensionamiento de soportes de tubería	55
	Lista de verificación del diseño del sistema de bombeo contra incendio	57
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	59
3.1	Resultados.....	59
3.2	Discusión	62
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	65
4.1	Conclusiones	65
4.2	Recomendaciones.....	66
	Referencias Bibliográficas	67

ÍNDICE DE ANEXOS

	ANEXO I. INGENIERÍA DE TUBERÍAS EN SANTOS CMI	70
I.1	GENERALIDADES SOBRE SANTOS CMI	70
	Historia corporativa	70
	Misión	71
	Visión.....	71
	Proposiciones de valor corporativos.....	71
	Productos y servicios.....	72

I.2	Industria de la ingeniería de tuberías	73
	Generalidades	73
	Industria hidrocarburífera.....	74
	Sectores de mercado de SANTOS CMI.....	83
I.3	Fabricación e instalación de tuberías.....	85
	Fabricación de tubos.....	85
	Prefabricación de arreglos de tubería	91
	Fabricación e instalación de arreglos de tubería en campo	93
	Fabricación en paquete (skid).....	96
	Construcción modular.....	97
	Tolerancias dimensionales para fabricación de tubería	98
I.4	Organigrama general de SANTOS CMI.....	100
I.5	Gestión de proyectos en ingeniería de tuberías.....	100
	Gestión de proyectos en SANTOS CMI.....	105
I.6	Sistemas de tubería en plantas industriales	109
	Sistemas de tubería para la industria hidrocarburífera	109
	Sistemas de tubería para centrales eléctricas (power plants).....	109
I.7	Departamento técnico (ingeniería) de SANTOS CMI	111
	Área de procesos	112
	Área civil y estructural	113
	Área de arquitectura.....	113
	Área de mecánica.....	114
	Área de eléctrica	114
	Área de tubería (piping).....	114
	Área de instrumentación y control	115
	Departamento de procura	115
I.8	Uso de sistemas de tubería en SANTOS CMI	116
	ANEXO II. DOCUMENTOS GENERALES DE LA INGENIERÍA DE TUBERÍAS	120
	ANEXO III. DOCUMENTOS UTILIZADOS PARA ELABORAR EL TÍPICO DE UN SISTEMA DE BOMBEO CONTRA INCENDIOS.....	137
	ANEXO IV. DOCUMENTOS Y PLANOS DEL TÍPICO DE UN SISTEMA DE BOMBEO DE UN SISTEMA CONTRA INCENDIO	161

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Desglose típico de costos de los componentes materiales en una planta industrial.	7
Figura 1.2. Desglose típico de horas-hombre empleadas en un departamento técnico de ingeniería.....	8
Figura 1.3. Desglose típico de costos de labor en campo.	8
Figura 1.4. Tipos de sistemas de tubería.	13
Figura 1.5. Componentes de tubería e interfase con equipos.	15
Figura 1.6. Esquema del contenido de una especificación de tuberías y accesorios.	16
Figura 1.7. Clasificación de los tipos de válvulas.	17
Figura 1.8. Tipos de derivaciones (conexiones en derivación u o'lets).	19
Figura 1.9. Colgadores (suspensores) y soportes de tubería.	20
Figura 1.10. Soportado de tubería cerca de perfiles estructurales, colgadores o portacaños de resorte, soportes que permiten libre movimiento de la tubería y soportes de resorte.	21
Figura 1.11. Ejemplo de utilización de cunas, guías y zapatas en líneas de tubería.	22
Figura 1.12. Colgadores y soportes de carga variable y constante.	23
Figura 1.13. Tareas que se realizan en un Análisis de Esfuerzos en Tubería.	24
Figura 1.14. Modos de falla en tuberías.	25
Figura 1.15. Criterio de evaluación de análisis de esfuerzos en tubería para sistemas de tubería de equipos rotativos.	26
Figura 1.16. Criterio de evaluación de análisis de esfuerzos en tubería para todo tipo de sistemas de tubería, excepto para tubería de equipos rotativos.	27
Figura 1.17. Ejemplos de disposición de tubería de manera flexible.	28
Figura 1.18. Diagrama de Venn sobre requerimientos de códigos y normas para Tubería de Procesos.....	30
Figura 1.19. Esquema de un arreglo de tubería en el que se detallan sus diferentes normas aplicables.	31
Figura 1.20. Alcance de los códigos ASME B31.1, B31.4 y B31.8 dentro de la industria de petróleo y gas.	33
Figura 2.1. Diez elementos esenciales de un buen diseño.	34
Figura 2.2. Uso de los sistemas de tubería desde 20/07/2006 en la empresa SANTOS CMI.	36

Figura 2.3. Jerarquía de las consideraciones de diseño. (Stasinopoulos, Smith, Hargroves, & Desha, 2009).	37
Figura 2.4. Sistemas más conocidos de extinción contra incendios.	41
Figura 2.5. Arreglo típico del sistema de bombeo para la alternativa A.	43
Figura 2.6. Arreglo típico del sistema de bombeo para la alternativa B.	45
Figura 2.7. Arreglo típico del sistema de bombeo para la alternativa C.	46
Figura 2.8. Diagrama de flujo para seleccionar una bomba, consideraciones mecánicas.	50
Figura 2.9. Diagrama de flujo para seleccionar una bomba, consideraciones hidráulicas.	51
Figura 2.10. Diagrama de flujo del proceso de selección y diseño de soportes.	53
Figura 2.11. Proceso de Análisis de Flexibilidad en Tubería.	54

ÍNDICE DE FIGURAS DE ANEXOS

Figura I.1. Clasificación general de la industria en la que interviene la ingeniería de tuberías.	74
Figura I.2. Esquema general de la Industria de Petróleo y Gas (Oil & Gas Industry).	76
Figura I.3. Tipos de plantas de generación y consumo mundial de energía.	81
Figura I.4. Los tipos más importantes de conversión en energía eléctrica.	81
Figura I.5. Diagrama simplificado del proceso de producción de energía eléctrica a través de los diversos energéticos primarios.	82
Figura I.6. Esquema de una planta de generación térmica.	82
Figura I.7. Central Villa Flores – México, proyecto en el que participó SANTOS CMI con su conocimiento en el sector civil.	83
Figura I.8. Planta Holcim – Ecuador, proyecto en el que participó SANTOS CMI con su conocimiento en el sector industrial.	83
Figura I.9. Algunas centrales de generación de energía que SANTOS CMI tiene la capacidad de desarrollar.	84
Figura I.10. Algunas plantas de petróleo y gas que SANTOS CMI tiene la capacidad de desarrollar.	85
Figura I.11. Tubo laminado (cilindrado) soldado eléctricamente.	88
Figura I.12. Proceso de laminado (cilindrado) con mandril (Mandrel Mill Process).	88
Figura I.13. Laminado por cilindros oblicuos o proceso de perforado rotativo de tubos Mannesmann (Mannesmann Plug Mill Process).	89
Figura I.14. Materiales principalmente usados para fabricar tubería y sus componentes.	90

Figura I.15. Rotadores (posicionadores) de tubería en un taller de pre-fabricación.	91
Figura I.16. Secciones de tubería listas para ser transportadas.	92
Figura I.17. Rotador (posicionador) en una fabricación en campo.	93
Figura I.18. Instalación o montaje en campo de secciones de tubería que fueron fabricados en taller.	96
Figura I.19. Paquete bomba y motor diesel con tanque de espuma contra incendio.	96
Figura I.20. Envío de una reducción catalítica selectiva (SCR), formada por módulos de vaporizador, descarga y compresión.	97
Figura I.21. Criterios de aceptación de alineación de bridas.	98
Figura I.22. Tolerancias para fabricación de tubería, recomendadas por el Pipe Fabrication Institute.	99
Figura I.23. Organigrama simplificado de SANTOS CMI.	100
Figura I.24. Procesos típico de desarrollo de proyectos a lo largo del ciclo de vida de un pozo petrolero.	101
Figura I.25. Curvas relevantes a tener en cuenta durante la gerencia de proyectos.	102
Figura I.26. Fases de Prerrequisitos, Actividades FEL y Distribución General de Planta (Plot Plan) durante el desarrollo de un proyecto para la Ingeniería de Tuberías.	103
Figura I.27. Fases de Estimación y Compras, Ingeniería, Distribución y Desarrollo e Ingeniería de Detalle durante el desarrollo de un proyecto para la Ingeniería de Tuberías.	104
Figura I.28. Procesos de Macro Ingeniería de las fases de Oferta y Proyectos EPC, para la empresa SANTOS CMI.	105
Figura I.29. Planificación y ejecución de la ingeniería en SANTOS CMI.	106
Figura I.30. Documentos relevantes realizados por el área de Mecánica.	107
Figura I.31. Documentos relevantes realizados por el área de Tubería (Piping).	107
Figura I.32. Documentos relevantes realizados por el área Civil.	107
Figura I.33. Documentos relevantes realizados por el área de Instrumentación, Control y Comunicación.	108
Figura I.34. Documentos relevantes realizados por el área Eléctrica.	108
Figura I.35. En este esquema 3D se muestran 4 sistemas de tubería de alta presión y sus condiciones típicas de operación dentro de la central eléctrica de lignito Neurath en estado de Renania del Norte, Westfalia, Alemania.	111

Figura I.36. Participación en proyectos por área de un total de 278 proyectos, desde julio 2006 hasta abril 2013.	112
Figura I.37. Participación en proyectos por área de un total de 864 ofertas, desde marzo 2008 hasta abril 2013.....	112
Figura I.38. Diagrama de flujo, aplicable al área de Procesos.....	113
Figura I.39. Diagrama de flujo de planos y documentos aplicable al área de Tubería.	115
Figura I.40. Interacción departamental del departamento de Procura.	115
Figura I.41. Diagrama de flujo que muestra la metodología usada para revisión de documentos para la empresa SANTOS CMI.....	116
Figura II.1. Límites jurisdiccionales del Código ASME B31.1 para Tubería — Se presenta un ejemplo de generadores de vapor de flujo forzado (a presión) con líneas no fijas de vapor y agua.....	120
Figura II.2. Límites Jurisdiccionales del Código ASME B31.1 para Tubería - Un Ejemplo para Separador de Vapor de Flujo Forzado, Generadores de Vapor con Líneas Fijas de Vapor y Agua.	121
Figura II.3. Límites Jurisdiccionales del Código ASME B31.1 para Tuberías — Calderas de Tambor.	122
Figura II.4. Límites Jurisdiccionales del Código ASME B31.1 para Tubería - Desobrecalentador por Aspersión.....	123
Figura II.5. Diagrama que ilustra la aplicación del Código ASME B31.3 para tubería en equipos.	124
Figura II.6. Diagrama que indica el alcance del ASME B31.4, excluyendo los sistemas de ductos de dióxido de carbono.	125
Figura II.7. Diagrama que indica el alcance del ASME B31.4 para los sistemas de ductos de dióxido de carbono.	126
Figura II.8. Alcance del Código ASME B31.8 para Tubería de Transporte Costa Fuera (Offshore).	127
Figura II.9. Alcance del Código ASME B31.8 para Tubería de Transporte En Tierra (Onshore).	128
Figura II.10. Alcance del código ASME B31.8 para Tubería de Distribución.	129
Figura II.11. Límites Jurisdiccionales del Código ASME B31.9 para Tuberías — Calderas de Tambor.	130
Figura II.12. Espaciamientos límite para tramos colgados (voladizos) de tubería en esquinas para esquinas con desnivel.	132
Figura II.13. Espaciamientos límite para tramos colgados (voladizos) de tubería en esquinas, para esquinas en forma de L y U.	133

Figura II.14. Esquema de tecnologías de procesamiento de producción de petróleo y gas.....	134
Figura II.15. Esquema de disposición general de equipos principales para la industria upstream de petróleo y gas.....	135
Figura II.16. Esquema de disposición general de equipos principales para la industria downstream de petróleo y gas.....	136
Figura III.1. Especificación de tubería AA1, útil para elaborar el diseño del sistema de bombeo contra incendio, ya que en esta se incluyen los servicios de: drenaje abierto (DRG – drain gravity), diesel (GD – gas diesel), desechos de aceite (OW – oil waste) y línea contra incendios (WFL – water fireline).....	137
Figura III.2. Identificación, dimensionamiento y peso por longitud de tubos, según ASME B36.10.....	138
Figura III.3. Esquema, dimensionamiento y peso de codos de radio largo a 45° y 90°, con extremos biselados.....	139
Figura III.4. Esquema, dimensionamiento y tes rectas y tes reductoras, con extremos biselados.....	140
Figura III.5. Esquema, dimensionamiento y peso de reducciones concéntricas y excéntricas.....	141
Figura III.6. Esquema, dimensionamiento y peso de válvulas de compuerta tipo OS&Y, rating 150#.....	142
Figura III.7. Esquema, dimensionamiento y peso de válvulas de bola, rating 150# y 300#.....	143
Figura III.8. Identificación, dimensionamiento y peso de válvulas de retención tipo oscilante, rating 150#.....	144
Figura III.9. Esquema y dimensionamiento de un colador (strainer) en “Y”.....	145
Figura III.10. Esquema, dimensionamiento y peso de bridas: deslizable, de traslape, ciega, cuello soldable, roscada y caja para soldar (socket welding).....	146
Figura III.11. Esquema, dimensionamiento y peso de una conexión integralmente reforzada socket, rating 3000#.....	146
Figura III.12. Esquema, dimensionamiento y peso un tapón roscado, rating 3000#.....	147
Figura III.13. Esquema, dimensionamiento y peso un codo roscado, rating 3000#.....	147
Figura III.14. Esquema, dimensionamiento y peso de tes roscadas, rating 3000# y 6000#.....	148

Figura III.15. Esquema, dimensionamiento y peso de tes reductoras roscadas, rating 3000#.....	148
Figura III.16. Esquema, dimensionamiento y peso de niples reductores (swages) concéntricos.	149
Figura III.17. Esquema, dimensionamiento y peso de válvulas de retención y de compuerta con extremos roscados.	150
Figura III.18. Esquema, dimensionamiento y peso de una válvula de bola, rating 3000#.	150
Figura III.19. Esquema, dimensionamiento y peso de niples reductores (swages) excéntricos.	151
Figura III.20. Esquema, dimensionamiento y peso de coladores tipo “Y” y canastilla, rating 150#.....	152
Figura III.21. Esquema de la bomba diesel utilizada en el típico del SCI (sistema contra incendio).	153
Figura III.22. Dimensionamiento de la bomba diesel utilizada en el típico del SCI (sistema contra incendio).	154
Figura III.23. Esquema y dimensionamiento del tanque diesel utilizada en el típico del SCI (sistema contra incendio) y que alimenta a la bomba contra incendio a diesel.	155
Figura III.24. Esquema y dimensionamiento de la bomba de presurización (jockey).	156
Figura III.25. Esquema y dimensionamiento de la bomba eléctrica utilizada en el típico del SCI (sistema contra incendio).	157
Figura III.26. Esquema y dimensionamiento de la válvula de alivio de presión utilizada en el típico del SCI (sistema contra incendio).	158
Figura III.27. Esquema y dimensionamiento del cono de alivio con mirilla tipo cerrado utilizado en el típico del SCI (sistema contra incendio).	159
Figura III.28. Esquema y dimensionamiento del medidor de flujo utilizado en el típico del SCI (sistema contra incendio).	160

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Información mínima con que debe contar el contratista para llevar a cabo el diseño de tuberías.....	11
Tabla 1.2. Plantilla de catalogación de las bridas.....	18
Tabla 1.3. Materiales usados en la fabricación de las bridas	18
Tabla 1.4. Códigos y normas de principal aplicación en el diseño de tuberías.....	30
Tabla 1.5. Códigos y normas de principal aplicación en el diseño de tuberías.....	32
Tabla 2.1. Directrices y justificaciones de un sistema diseñado para la serviciabilidad.....	38
Tabla 2.2. Directrices y justificaciones de un sistema diseñado para la confiabilidad.....	38
Tabla 2.3. Directrices y justificaciones de un sistema diseñado para la seguridad.....	39
Tabla 2.4. Directrices y justificaciones de un sistema diseñado para la fabricabilidad.....	39
Tabla 2.5. Evaluación del peso específico de cada criterio de selección.....	47
Tabla 2.6. Evaluación del peso específico del criterio tamaño.....	48
Tabla 2.7. Evaluación del peso específico del criterio precio.....	48
Tabla 2.8. Evaluación del peso específico del criterio accesibilidad.....	48
Tabla 2.9. Evaluación del peso específico del criterio mantenibilidad.....	48
Tabla 2.10. Evaluación del peso específico del criterio seguridad.....	48
Tabla 2.11. Evaluación del peso específico del criterio versatilidad.....	49
Tabla 2.12. Evaluación del peso específico del criterio estética.....	49
Tabla 2.13. Evaluación del peso específico del criterio fabricabilidad.....	49
Tabla 2.14. Evaluación del peso específico del criterio confiabilidad.....	49
Tabla 2.15. Tabla de conclusiones.....	49
Tabla 2.16. Detalle de peso muerto que soporta cada soporte de tubería.....	55
Tabla 2.17. Resultado de selección de perfiles estructurales para soportar tubería.....	56
Tabla 2.18. Perfil estructural necesario para soportar tubería del típico de sistema de bombeo contra incendio.....	57
Tabla 3.1. Resumen de la comparación de horas hombre de los documentos, sin estándar y con estándar.....	59

ÍNDICE DE TABLAS DE ANEXOS

Tabla I.1. Índice de servicios y condiciones de operación para instalaciones de exploración y producción.....	109
---	-----

Tabla I.2. Listado de sistemas de tubería por proyectos, para la empresa SANTOS CMI.	117
Tabla II.1. Espaciamiento permisible para soportar tubo, según la empresa especializada en software de asistencia para diseño de tuberías Pipemill.....	131
Tabla II.2. Espaciamiento entre soportes (span) de tubería sugerido por el código ASME B31.1.....	132
Tabla IV.1. Detalle de cálculo de peso muerto de los varios tramos del sistema de bombeo contra incendio.....	162
Tabla IV.2. Comparación de horas-hombre en la elaboración de los documentos, sin estándar y con estándar.....	164
Tabla IV.3. Detalle de cálculo de peso muerto de los tramos pequeños de derivación de tubería.	165

RESUMEN

La empresa SANTOS CMI requiere plasmar sus conocimientos y experiencia en el diseño de sistemas de tubería mediante la elaboración de estándares, los cuales son arreglos típicos que cuantifican la tubería y muestran el procedimiento de diseño con sugerencias debidamente justificadas de cada sistema de tubería; todo esto, debido a que el mundo laboral es cada vez más competente y se requiere elaborar más cantidad, con alta calidad, seguridad y en el menor tiempo posible. Elaborar estándares para todos los sistemas de tubería consume mucho tiempo, por lo que solo se elegirá uno. Se comenzó el estudio elaborando una tabla de proyectos con sus respectivos sistemas de tubería, luego se elabora un histograma de sistemas tubería y su frecuencia de uso. Se eligió desarrollar como ejemplo de estandarización el sistema de bombeo de agua de un sistema contra incendio, ya que es uno de los más usados y en el que ha habido problemas durante su desarrollo. Luego, basado en buenas prácticas, estándares, metodología y lecciones aprendidas de SANTOS CMI, la ingeniería concurrente, normas y códigos como la NFPA 20 y tomando en cuenta criterios interdisciplinarios, todo esto en un régimen de coparticipación, reciprocidad y mutualidad, se obtuvo un arreglo típico que es: seguro, versátil, ergonómico, confiable, altamente mantenible, accesible, estético, fácil de fabricar, montar y desmontar. Como estándar, para este sistema de tubería, se elaboraron: plano de distribución general de planta (plot plan), modelo 3D, planos de implantación de tubería (piping layouts), planos isométricos, listado detallado de materiales (MTO – material take off) y una lista de verificación (check list) del diseño. La estandarización del diseño de sistemas de tuberías plasmada en este proyecto se considera como la mejor forma de preservar el conocimiento y la experiencia del área de Tubería de SANTOS CMI; al seguir una metodología claramente justificada y muy simplificada, se proporcionan medios para: una base de entrenamiento, medición del desempeño de nuevos diseñadores, prevención de la recurrencia de errores y minimización de la variación de diseños.

Palabras clave: arreglo típico de tuberías, listado detallado de materiales, sistema de tubería, ingeniería de tuberías, sistema de bombeo de agua contra incendios, lista de verificación del diseño.

ABSTRACT

The company SANTOS CMI requires capturing its knowledge and experience in piping systems design by means of the elaboration of standards, which are piping typical arrangements that quantify the piping component and show the design procedure with duly justified suggestions of each piping system; all this, because the labor market is becoming more competent and it is required doing more work, with high quality, safety and in the shortest possible time. Developing standards for all piping systems is time-consuming, so only one will be chosen. The study began by producing a SANTOS CMI project table with their respective piping systems, and then a histogram of piping systems and their frequency of use was made. The water pumping system of a firewater system was chosen to develop as an example of standardization, since it is one of the most used and in which there have been problems during its development. Then, based on good practices, standards, methodology and lessons learned from SANTOS CMI, concurrent engineering, standards and codes such as NFPA 20 and taking into account interdisciplinary criteria, all in a co-participation, reciprocity and mutuality regime, it is gotten a typical arrangement that is: safe, versatile, ergonomic, reliable, highly maintainable, accessible, aesthetic, easy to manufacture, assemble and disassemble. As standard, for this piping system, the following were elaborated: equipment plot plan, 3D model, piping layouts, isometric drawings, material take off and a design checklist. The standardization of the piping system design captured in this project is considered as the best way to preserve the knowledge and experience of the SANTOS CMI piping area; following a clearly justified and very simplified methodology, provides a means to: a training base, performance measurement of new designers, prevent recurrence of errors and minimize design variances.

Keywords: piping typical arrangement, material take off, piping system, piping engineering, firewater pumping system, design checklist.

ESTANDARIZACIÓN DEL DISEÑO DE SISTEMAS DE INTERCONEXIÓN DE TUBERÍA PARA LA EMPRESA SANTOS CMI

INTRODUCCIÓN

En un mundo cada vez más competitivo y con mayor competencia en todos los ámbitos laborales, se hace urgente destacar de alguna manera; esto se lo realiza mediante una incansable búsqueda del mejoramiento de la realización de los productos y servicios, ya sea mejorando el desempeño de las personas (personal de trabajo) o del proceso de elaboración de los mismos. Las empresas que demuestren debilidades en la calidad y/o el tiempo de entrega de su producto o servicio, tendrán problemas a futuro.

El éxito de toda empresa es la suma de todas sus partes y una empresa es tan fuerte como lo es su parte más débil. La ingeniería de tuberías es parte fundamental de toda empresa que trabaja en las industrias hidrocarburífera y de generación eléctrica. Para mejorar un proceso de realización de un servicio o de un producto se utilizan varias técnicas, entre ellas la estandarización. Si se logra determinar un método genérico de estandarización que permita realizar el diseño de una forma rápida y con alta calidad, se estará colaborando a la competitividad de una empresa, siempre y cuando responda a las siguientes preguntas:

- ¿es el estándar que necesita una determinada empresa, se enfoca a lo que realiza la misma?
- ¿el estándar servirá como guía general para la realización de todos los diseños de tubería?
- ¿servirá como guía de capacitación y consulta continua durante el desarrollo de un proyecto?
- ¿cuánto se estima que ahorra de tiempo y dinero?

SANTOS CMI es una empresa EPC (ingeniería, procura o gestión de compras y construcción) que ejecuta proyectos en Latinoamérica y el Caribe para los sectores de generación termoeléctrica, petróleo, gas e industrial especializado; reconocida por la calidad de sus productos y servicios; y por el cumplimiento de sus compromisos. Para realizar la ingeniería de sus proyectos, cuenta con equipos multidisciplinarios que

trabajan en las siguientes áreas o disciplinas: tubería, procesos, instrumentación, civil, arquitectura, eléctrica, mecánica y recientemente HVAC¹.

SANTOS CMI junto a su área de Tubería realiza proyectos cada vez más exigentes, competitivos y con un estricto tiempo de entrega; para seguir cumpliendo sus compromisos se hace necesario reducir el tiempo de ejecución de los proyectos y aumentar su calidad. Para solucionar este problema se propone agilizar el proceso de diseño de sistemas de tubería mediante su estandarización.

Este documento colaborará en desarrollar las habilidades que requiere un diseñador de tuberías y ayudará a resolver la necesidad por parte del área de Tubería de la empresa SANTOS CMI de contar con un estándar en el cual se recopile la información de manera breve, concisa, clara y precisa de todo lo referente al diseño de sus sistemas típicos. Mediante éste estándar se colaborará en el crecimiento de esta gran empresa, ya que es conocido que la estandarización es la base de un sistema de calidad y del mejoramiento continuo de la eficiencia y la eficacia.

Objetivo general

Estandarizar el diseño de sistemas de interconexión de tubería para la empresa SANTOS CMI.

Objetivos específicos

- ◆ Estudiar y determinar los sistemas de interconexión de tubería más utilizados en la empresa SANTOS CMI.
- ◆ Indicar de forma general los diferentes aspectos y criterios a considerar en el diseño de sistemas de interconexión de tubería.
- ◆ Documentar la estandarización para que sirva como una guía general y de permanente consulta para los diseñadores de sistemas de tubería.
- ◆ Reducir el tiempo de realización de los diseños en el área de Tubería.
- ◆ Contribuir en una formación mejor, eficiente y eficaz, del nuevo personal que se involucre en el área de diseño de sistemas de tubería.

Alcance

- ◆ Se emplearán los conocimientos y habilidades adquiridas durante la carrera de Ingeniería Mecánica, además del conocimiento de la empresa SANTOS CMI, para

¹ HVAC es un acrónimo en inglés de las palabras *Heating, Ventilation, and Air Conditioning* que se traduce al español como *Climatización*.

la elaboración del marco teórico, que para este caso servirá de permanente consulta de entrenamiento o reforzamiento de conocimientos.

- ◆ Se estudiarán algunos proyectos realizados en la empresa SANTOS CMI y se determinarán los sistemas de tubería más utilizados y sus normas aplicables para el diseño.
- ◆ Se elaborará un histograma en el que se evidencia el uso de cada sistema de tubería y se determinarán los más usados.
- ◆ Se escogerá un sistema de tubería de los más usados, según lo determine la empresa SANTOS CMI, y se describirán sus aspectos, criterios de diseño y esquemas de conexiones de tubería.
- ◆ Para el sistema de tubería escogido, se describirán concretamente, mediante un diagrama (o varios), sus aspectos de cálculo hidráulico y dimensionamiento.
- ◆ Para el sistema de tubería escogido, se realizará un diagrama concreto en que se muestre el método utilizado para la verificación de flexibilidad de este sistema y se mostrarán los resultados. De este análisis se obtendrá la suportación (colocación de soportes) del sistema de tubería.
- ◆ Para el sistema de tubería escogido, se elaborará un esquema gráfico en el que se muestren las diferentes normas y códigos empleados en su dimensionamiento.
- ◆ Para el sistema de tubería escogido, se elaborarán sus planos de construcción correspondientes, mediante el empleo del software Bentley Plant V8i.
- ◆ Para el sistema de tubería escogido, se elaborará un listado detallado de materiales de tubería.
- ◆ Para el sistema de tubería escogido, se elaborará una tabla comparativa en el que se evidencie la reducción del tiempo de diseño y del costo (de horas hombre de diseño), para los casos en el que se elabore el diseño con estándar y sin estándar.

1. INGENIERÍA DE TUBERÍAS

1.1 Generalidades

Cuando un fabricante decide construir una nueva planta industrial o ampliar una ya existente, ya sea que emplee a una empresa de ingeniería para llevar a cabo el diseño y la construcción, o si su departamento de ingeniería es lo suficientemente grande, hará el trabajo de diseño, la gestión del proyecto, y empleará a uno o más contratistas para hacer el trabajo de construcción.

En cualquiera de los procedimientos, el fabricante suministra información relativa a los efectos de edificaciones, tasas de producción, procesos, criterios de diseño para cumplir con sus prácticas, detalles de las instalaciones existentes, y estudios sobre el terreno, en su caso.

El diseño y la construcción de una planta industrial es una tarea compleja. A excepción de las empresas industriales más grandes, que pueden mantener a su personal propio de diseño, el diseño y construcción de plantas e instalaciones relacionadas, se realizan habitualmente por empresas especializadas.

Para estas industrias citadas, el costo promedio de la tubería es de aproximadamente una quinta parte del costo final de la planta y equipos; sin embargo, grandes variaciones de esta relación son posibles.

En general, la ingeniería de tuberías (en inglés: piping engineering) tiene tres grandes campos:

- ◆ Materiales de tubería
- ◆ Diseño de tuberías
- ◆ Análisis de esfuerzos en tubería

La disciplina ingenieril de diseño de tuberías estudia el transporte eficiente de los fluidos. Los diseñadores de tuberías realizan el ruteo y disposición (implantación) de los accesorios de tuberías en un sistema de interconexión de tuberías. Mediante un correcto análisis de esfuerzos en tubería se obtiene la ubicación adecuada de soportes y colgadores de tubería; además, se asegura que la expansión y contracción térmica de la tubería está compensada y que los esfuerzos de tubería permitidos no están excedidos según los códigos y estándares de diseño apropiados. La comprobación de esfuerzos en tubería se realiza normalmente con la ayuda de software especializado para tubería.

1.2 Definiciones

- a) TUBO (PIPE AND TUBE)²: La principal diferencia entre tubo (pipe) y tubo flux (tube) es el estándar dimensional según el cual es fabricado cada uno.
- Tubo (pipe): Un tubo (pipe) es un tubo (tube) de sección transversal redonda que se ajusta a los requisitos de dimensiones para el tamaño nominal de la tubería como los tabulados en ASME B36.10M, Tabla 1, y ASME B36.19M, Tabla 1. Para tubo (pipe) especial que tiene un diámetro que no se muestra en estas tablas, y también para tubo redondo, el diámetro nominal corresponde al diámetro exterior.
 - Tubo flux (tube): Es un producto hueco redondo o de cualquier otra sección transversal que tiene una periferia continua. El tamaño de tubo redondo puede ser especificado con respecto a cualquiera de los dos, pero no los tres, de los siguientes: diámetro exterior, diámetro interior, espesor de pared. Los tubos flux (tubes) de cobre de tipo K, L, M pueden ser especificados por tamaño nominal y su tipo. Las dimensiones y variaciones permisibles (tolerancias) se especifican en la correspondiente norma ASTM o ASME.
- b) TUBERÍA (PIPING)²: Son ensambles de componentes de tubería (piping components) usados para conjuntos de componentes de tuberías utilizados para transportar, distribuir, mezclar, separar, descargar, medir, controlar, o detener flujo de fluidos. La tubería también incluye a los elementos de soporte, pero excluye los soportes estructurales, tales como armaduras, bastidores, cimentaciones, o cualquier otro equipo excluido en este código.
- c) COMPONENTES DE TUBERÍA (PIPING COMPONENTS)²: Son los elementos mecánicos adecuados para unir o ensamblar sistemas de tubería para conducir fluidos a presión. Los componentes de referencia incluyen tubo rígido (pipe), tubo flexible (tubing), accesorios, bridas, empaques, pernos, válvulas; y dispositivos como juntas de expansión, juntas flexibles, mangueras de presión, trampas, filtros, instrumentos y separadores.
- d) SISTEMA DE TUBERÍA (PIPING SYSTEM)²: Son tuberías interconectadas sujetas a las mismas condiciones de diseño.
- e) DUCTO O LÍNEA DE TUBERÍA (PIPELINE)³: Aquella que presenta facilidades físicas a través de la cual: gas, líquidos peligrosos o dióxido de carbono se mueve en el transporte, incluye tuberías, válvulas, accesorios, bridas (incluyendo

² Definiciones tomadas del código ASME B31.1-2010.

³ Definición tomada del código ASME B31Q-2006.

- tornillos y juntas), reguladores, recipientes a presión, amortiguadores de pulsaciones, válvulas de seguridad, y otros accesorios conectados a la tubería, unidades de compresión, estaciones de medición, estaciones reguladoras, unidades de bombeo, tanques de almacenamiento y ensambles fabricados.
- f) INGENIERÍA DE TUBERÍAS: Disciplina ingenieril que trata sobre el diseño, fabricación, y construcción de líneas para transportar fluidos. Su objetivo es asegurar que un sistema de tubería se encuentre: especificado y designado, fabricado y montado, inspeccionado y probado, y pueda ser operado y mantenido, para que se desempeñe confiable y seguro en todas las condiciones esperadas, durante su vida de diseño.
 - g) BUENAS PRÁCTICAS⁴: Por buenas prácticas se entiende un conjunto coherente de acciones que han rendido buen o incluso excelente servicio en un determinado contexto y que se espera que, en contextos similares, rindan similares resultados. Éstas dependen de las épocas, de las modas y hasta de la empresa consultora o del autor que las preconiza. No es de extrañar que algunas sean incluso contradictorias entre ellas.
 - h) CÓDIGO (CODE)⁵: En general, los códigos son documentos que establecen buenas prácticas de diseño, incluyendo los factores de seguridad y eficiencia. En tuberías, los códigos definen los requisitos de diseño, fabricación, utilización de materiales, pruebas e inspección de tuberías y sistemas de tuberías. Un código tiene una jurisdicción limitada definida por el código.
 - i) NORMA O ESTÁNDAR (STANDARD)⁵: En general, las normas son documentos que establecen métodos de fabricación y prueba. En tuberías, las normas definen las reglas y requisitos de diseño y construcción para componentes de tuberías como bridas, codos, tes, válvulas, etc. Una norma tiene un alcance limitado definido por la norma.

1.3 Conocimiento requerido para diseño de tuberías

La disciplina de diseño de interconexiones de tubería requiere de habilidades técnicas, tales como:

- ◆ Conocimiento de los costos de materiales, métodos de fabricación de tuberías y sus costos relacionados, para tener la capacidad de proporcionar el diseño más económico.

⁴ Definición tomada de Wikipedia: http://es.wikipedia.org/wiki/Buenas_pr%C3%A1cticas

⁵ Definiciones tomadas de la referencia (Sherwood & Whistance, 1991), pág. 137, y de la dirección: http://www.engineeringtoolbox.com/piping-codes-standards-d_6.html

- ◆ La capacidad de visualizar y desarrollar una distribución de equipos en una planta industrial.
- ◆ Un amplio conocimiento de las normas y códigos de sistemas de tuberías para plantas industriales, así como los códigos de seguridad y prácticas de procesos industriales.
- ◆ Una comprensión básica de mecánica de fluidos, materiales, metalurgia y especificaciones de tuberías.
- ◆ El conocimiento de los diversos tipos de conexiones de tuberías, tales como: roscadas, soldadas y bridadas; así como un conocimiento de los diversos tipos de válvulas y por qué y dónde se utilizan.
- ◆ Una buena comprensión del análisis de esfuerzos en tuberías.
- ◆ La familiaridad y la experiencia con aplicaciones informáticas de dibujo y diseño de tuberías.

1.4 Importancia de la ingeniería de tuberías

La ingeniería de tuberías juega un papel muy importante en el concepto del Comisionado (puesta en servicio) de una instalación industrial; esto es, ayuda, mediante el correcto diseño, a asegurar que el proceso de todos los sistemas y componentes de un edificio o planta industrial están diseñados, instalados, probados, operados y mantenidos según los requisitos operativos del cliente o propietario final. Con el énfasis creciente en el transporte de productos petrolíferos, gas natural, productos químicos corrosivos y peligrosos a través de ductos de larga distancia, el requisito de habilidades en la Ingeniería de Tuberías está aumentando día a día.

Además de su importancia en el comisionado, los costos y tiempo involucrado en esta ingeniería son realmente considerables, como se observa en: Figura 1.1, Figura 1.2 y Figura 1.3.

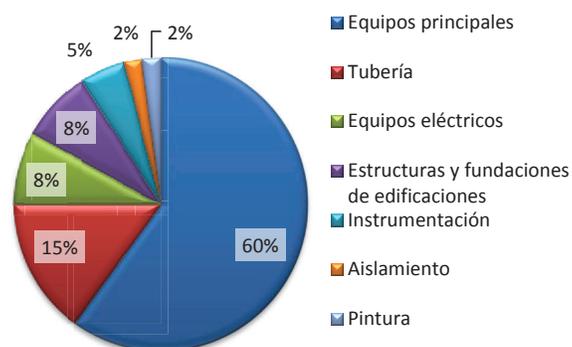


Figura 1.1. Desglose típico de costos de los componentes materiales en una planta industrial.
(UHDE, 2000)

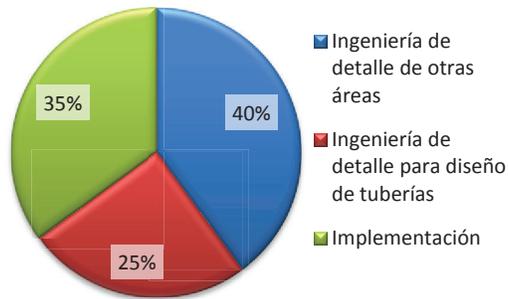


Figura 1.2. Desglose típico de horas-hombre empleadas en un departamento técnico de ingeniería.
(UHDE, 2000)

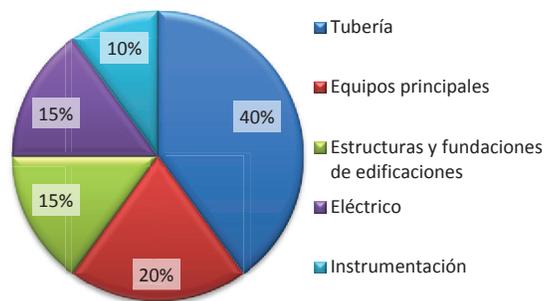


Figura 1.3. Desglose típico de costos de labor en campo.
(UHDE, 2000)

Dificultad en la ingeniería de tuberías

Superficialmente, un tubo es muy simple — una barra de sección circular agujereada que transporta fluido o gas —. Sin embargo, no hay ningún otro equipo dentro de una planta típica que se somete a muy distintas condiciones de carga a lo largo de su vida.

- ◆ La tubería se apoya en ubicaciones puntuales, y debe ser capaz de soportarse sin excesivo arrufo (sagging – combadura hacia abajo) o quebranto (bowing – combadura hacia arriba).
- ◆ El peso de la tubería, en ocasiones, puede cambiar de vacío a lleno, lo que en tuberías de gran diámetro puede crear un peso muerto del doble o triple del peso vacío.
- ◆ Las temperaturas varían desde la temperatura ambiente a la operacional, a veces mayor que 1200 °F (650 °C) en sistemas de proceso o de vapor, o menos de -300 °F (-185 °C) en una aplicación criogénica (May, 2011).

- ◆ A medida que una tubería se calienta y enfría, se mueve debido a la expansión térmica. La flexibilidad en tubería y los soportes de tubería deben alojar (recibir o cubrir) este movimiento.
- ◆ Una tubería está acoplado a un equipo, el cual tiene una capacidad limitada para soportarla.
- ◆ Mientras una tubería se envejece, trata de encontrar su más bajo nivel de esfuerzo (stress level), y por lo tanto se "relaja" - casi siempre en una posición diferente a lo que se calcula del análisis teórico.
- ◆ Una tubería flexible a veces es análoga a soportar espagueti, pues se arquea (curva) y tuerce en todos sus distintos estados de carga. Cambiar de ubicación un soporte a veces tiene un efecto importante sobre el movimiento de la tubería a 80 pies de distancia (24,4 metros).
- ◆ Dependiendo de las condiciones de operación, el material de la tubería puede degradarse con el tiempo debido a la fluencia (creep), fragilidad o algunos otros fenómenos metalúrgicos.
- ◆ El análisis de esfuerzos en tubería no es muy exacto. Hay una gran cantidad de juicio que se requiere en la evaluación de los resultados.
- ◆ Las especificaciones estándar de tuberías permiten $\pm 12,5\%$ de variación en el espesor de la pared. Si bien, la mayoría de espesores de la tubería están dentro del 1% al 2% de lo nominal; en cualquiera de las juntas soldadas, el espesor de pared real puede ser diferente del 12,5%.
- ◆ Hay un elevado número de componentes diferentes en cada sistema de tuberías: codos, tubos rectos, reducciones, válvulas, medidores de flujo, termopozos, tomas de presión, conexiones de ramificación, bridas, juntas, pernos, etc. En una planta típica, cuando los tamaños y cédulas (schedules) de todos estos componentes se cuentan, puede ser mucho más que 10.000 componentes diferentes. Esto representa una gran cantidad de datos para comprender, e identificar correctamente y realizar un seguimiento a través del diseño, instalación y operación de las plantas.
- ◆ Incluso con gran ingeniería y diseño, la instalación está sujeta a irregularidades en la fabricación y montaje de la tubería. Los instaladores de tuberías girarán las juntas soldadas y halarán la tubería para "realizar el montaje de la tubería". Aunque parte de esto puede ser controlado con un estricto Aseguramiento (Garantía) de la Calidad, la realidad es que esto va a ocurrir. La ingeniería debe tratar de controlar y luego asegurar el conservadurismo suficiente en el diseño para que las tolerancias de fabricación no creen problemas significativos.

- ◆ Una tubería tiene sus limitaciones en edad y uso. Una tubería se puede corroer, erosionar, sus características metalúrgicas pueden envejecer; todo lo cual cambiará su resistencia y características de flexibilidad.
- ◆ Los soportes de resorte para tubería pueden desgastarse o fallar debido a una sobrecarga, corrosión u otros factores externos.
- ◆ Algunas modificaciones a menudo han sido hechas a los sistemas de tuberías existentes sin consideración suficiente, y el resultado ha sido tubería dañada y una planta poco fiable.

1.5 Documentos y planos relevantes durante el diseño de tubería

Hay una gran variedad de documentos que se deben tener en cuenta para el arranque de la ingeniería básica de un diseño, ampliación o modificación de una planta de proceso. Varios tipos de estos documentos se muestran en la Tabla 1.1, en la que también se indica, cuáles son proporcionados por el cliente y cuáles los proporciona el contratista.

Los documentos relevantes del área de Procesos corresponden a la ingeniería básica de una instalación industrial (PEMEX, 2011). De los documentos relevantes del área de Tubería, únicamente el piping class corresponde a la ingeniería básica de una instalación industrial; el resto pertenece al a ingeniería de detalle y su tiempo de desarrollo es considerable.

- a) BASES DE DISEÑO (DESIGN BASIS): Es el documento que, de acuerdo a los requisitos del usuario, establece las características específicas de los equipos y materiales requeridos por el proyecto, los tipos de estructuras, los sistemas de seguridad, servicios auxiliares, sistemas de comunicación y filosofía de operación.
- b) BASES DE USUARIO (USER BASIS): Es el documento en el cual se establecen las capacidades, rendimientos, vida útil, condiciones de operación y ambientales, características físicas y químicas de los productos a transportar, así como requisitos de seguridad, flexibilidad operativa y normatividad aplicable.
- c) DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN (P&ID - PIPING AND INSTRUMENTATION DIAGRAM): Es un diagrama de proceso, en el cual se detalla información de los equipos e instrumentos, su identificación y el sentido de flujo de las líneas de interconexión. Ejemplos de normas aplicables a estos diagramas son: ANSI/ISA S5.1, ISO 14617-6/DIN 30600, ISO 14617, etc.

Tabla 1.1. Información mínima con que debe contar el contratista para llevar a cabo el diseño de tuberías.

Concepto	Tipo de documentos a entregar							
	Planos	Dibujos Certificados	Reportes	Gráficas	Especificaciones	Procedimientos	Lista de líneas	Responsable de su entrega
Caminos de acceso	X							Cliente
Información meteorológica			X	X				Cliente y/o Contratista
Servicios auxiliares disponibles					X			Cliente
Bases de usuario					X			Cliente
Bases de diseño					X			Contratista
Diagramas de tubería e instrumentación (DTI's)	X							Contratista
Diagramas de flujo de proceso	X							Contratista
Diagramas de balance de servicios auxiliares	X							Contratista
Planos de localización general	X							Contratista
Planos de localización de equipo	X							Contratista
Planos de niveles del terreno o plataforma marina	X							Contratista
Planos de fabricantes de equipos	X							Contratista
Planos de ductos subterráneos (drenajes, eléctricos, fibra óptica, electrónicos, entre otros)	X				X			Contratista
Planos de clasificación de áreas peligrosas	X							Contratista
Planos civiles	X							Contratista
Hojas de datos y dibujos de válvulas de relevo de presión.					X			Contratista
Índice de servicios (tubería de proceso y servicios auxiliares)					X			Contratista
Lista de líneas (tubería de proceso y servicios auxiliares)							X	Contratista
Hojas de datos de proceso de tanques atmosféricos, sujetos a presión, equipos paquete, equipo térmico y mecánico y válvulas.					X			Contratista
Cimentación y estructuras	X				X			Contratista
Información de fabricante de equipos y recipientes	X	X			X			Proveedores y/o Contratista
Requisitos de seguridad aplicables					X	X		Cliente

Nota: Esta información no es limitativa y en caso de requerirse mayor información para el desarrollo del proyecto, ésta debe generarla el contratista.

(PEMEX, 2011), pág. 65

- d) **LISTADO DE LÍNEAS (LINE LIST):** Es un documento donde se enumeran los sistemas de tuberías (líneas) del proyecto, e incluye la siguiente información requerida por línea: diámetro de tubería, identificación (tag), P&ID de donde se encuentra, punto de partida y llegada de la línea, aislamiento, temperatura de diseño y operación, y presión de diseño, operación y prueba.

Documentos relevantes del área de tubería

- e) **ESPECIFICACIONES DE MATERIALES DE TUBERÍA (PIPING CLASS):** Denominado también clases de tubería o especificaciones de tuberías, válvulas y

accesorios, es un documento en el cual se muestran un conjunto de especificaciones que definen los requerimientos de: tuberías, válvulas y accesorios en los sistemas (líneas) de procesos y utilidades, para cumplir con los códigos de diseño y normas aplicables al proyecto. Las clases de tubería se definen de acuerdo al servicio y de acuerdo a su capacidad normal o libraje (rating) de trabajo.

- f) PLANO DE DISPOSICIÓN GENERAL DE EQUIPOS (PLOT PLAN): Es un plano de ingeniería que muestra la disposición de los equipos, posición de vías, edificios y otras construcciones dentro de una instalación industrial a una escala definida, respetando las normas aplicables.
- g) MODELO 3D: Es un modelo o maqueta tridimensional de sistemas de tuberías, generado en un programa de diseño CAD, que permite asociar al piping class del proyecto que se está ejecutando mediante base de datos.
- h) PLANO DE ÁREAS (KEY PLAN): Es también denominado plano índice, es un plano de ingeniería que indica la distribución y numeración lógica de los planos de implantación (piping layouts) de un determinado proyecto, las cuales se identifican por área y/o zonas.
- i) PLANOS DE IMPLANTACIÓN DE TUBERÍA (PIPING LAYOUTS): Son también denominados planos ortogonales o planimétricos de tuberías, en éstos se indican a escala las rutas de tuberías, equipos, soportes, edificios, áreas de mantenimiento, etc., de una determinada área de una facilidad, definida en el key plan.
- j) PLANO ISOMÉTRICO: Es también denominado dibujo isométrico, es un plano donde se representan en conjunto y sin escala tuberías, válvulas y accesorios en perspectiva isométrica, esto permite que la tubería sea dibujada de una manera por la cual se muestre la longitud, el ancho y la profundidad de la misma en una sola vista. Este plano generalmente incluye en su contenido, un listado de materiales (en inglés: bill of materials).
- k) LISTADO DETALLADO DE MATERIALES (MTO – MATERIAL TAKE OFF): Es un término utilizado en ingeniería y construcción, se refiere a una lista de materiales con cantidades y tipos que se requieren para construir una estructura diseñada o sistemas de proceso. Esta lista se genera mediante el análisis de un proyecto o documento de diseño.
- l) REQUISICIÓN DE MATERIALES (MR – MATERIAL REQUISITION OR MATERIAL REQUEST): Es un documento de requisición o requerimiento de servicios, materiales y/o equipos, en la cual se indica todas las especificaciones técnicas, documentos requeridos, planos y las cantidades requeridas de

servicios, materiales y/o equipos para realizar la cotización y se anexan todos los documentos para que un proveedor pueda realizar una oferta.

1.6 Tipos de sistemas de tubería

Existen distintas clasificaciones y/o tipos de tuberías: según su función, ubicación en planta o fuera de sus límites, etc.

La Figura 1.4 muestra una clasificación de los sistemas de tubería que se aplica en las normas, se debe tener en cuenta que la aplicación de las normas es a nivel contractual y legal.

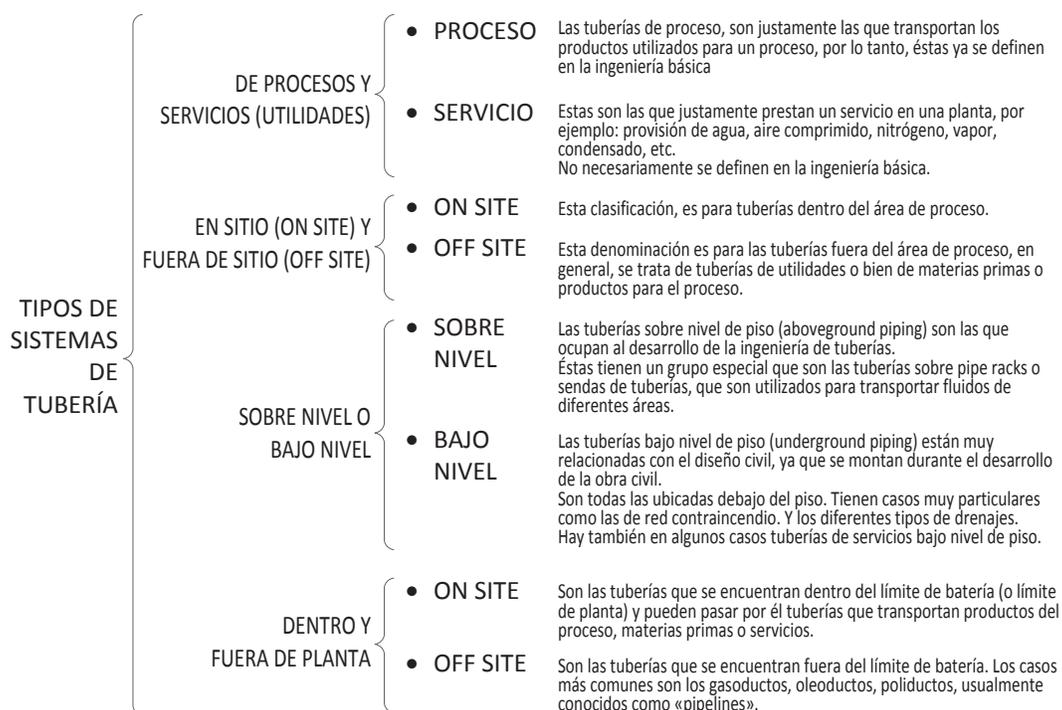


Figura 1.4. Tipos de sistemas de tubería.

(SANTOS CMI)

1.7 Materiales de tubería

Las condiciones de operación como la presión, temperatura, efectos ambientales, entre otros, inciden directamente en los procesos para el manejo de los fluidos, tales como el aceite crudo, gas, productos intermedios y productos terminados del petróleo y el gas, así como fluidos criogénicos, sólidos fluidizados (catalizadores), desfogues y los servicios auxiliares como vapor, aire, agua y gas combustible, entre otros, obligan a contar con criterios de diseño y especificaciones de materiales exigentes para la selección de las tuberías, válvulas, conexiones y accesorios para su uso en los

sistemas de tuberías de plantas industriales terrestres y marinas de una empresa operadora de una planta industrial.

Existe gran variedad de materiales de tubería, algunos de los mayormente usados se puede apreciar en la Figura I.14 (ANEXO I). Son 9 tipos de materiales los que son principalmente usados para la fabricación de componentes de tubería. En cuanto al tubo de conducción (pipe), cabe destacar que los materiales más usados son: de acero al carbono ASTM A53 Gr. A/B, ASTM A106 Gr. A/B/C; de acero inoxidable ASTM A312 TP304; y de acero aleado, el ASTM A335 Gr. P1/P2/P5/P7/P9/P11/P12/P22.

1.8 Componentes de tubería y conexiones a equipos

Tubos

Es de gran importancia aclarar la diferencia que existe entre los términos tubería (en inglés: piping) y tubo (en inglés: pipe), pues comúnmente son confundidos. La tubería corresponde al conjunto conformado por el tubo, los accesorios, las válvulas, etc; encargados de transportar los gases o líquidos que así lo necesitan. Mientras que tubo es aquel producto tubular con dimensiones ya definidas y de material de uso común.

Las tuberías con destino industrial tienen una muy amplia aplicación, pues es por medio de ellas que se transportan todos los fluidos (gases, mezclas, líquidos, etc) para optimizar y no limitar los procesos industriales.

Existen tubos con costura y sin costura, la diferencia entre ellos radica en el modo de fabricación. Los primeros basan su manufactura en la soldadura, mientras los segundos no.

Modo de Especificación:

- ◆ Denominación: Diámetro, Costura, cédula (SCH), Material, Longitud, Tolerancia.
 - Diámetro: Diámetro nominal de la tubería en pulgadas.
 - Costura: SMLS (Tubería sin costura), Welded (Tubería con costura).
 - Cédula (SCH): espesor de la tubería.
 - Material: Material de la tubería. Ej. ASTM A 106 gr. B
 - Longitud: Longitud por pieza. Ej. Piezas de 6m de largo.
 - Tolerancia: Tolerancia de longitud de la tubería.

Ejemplo de especificación de una tubería: Tubería 3" NPS, con costura (Welded), Sch 80, extremos para soldadura a tope (BW), según ASTM A120, galvanizada.

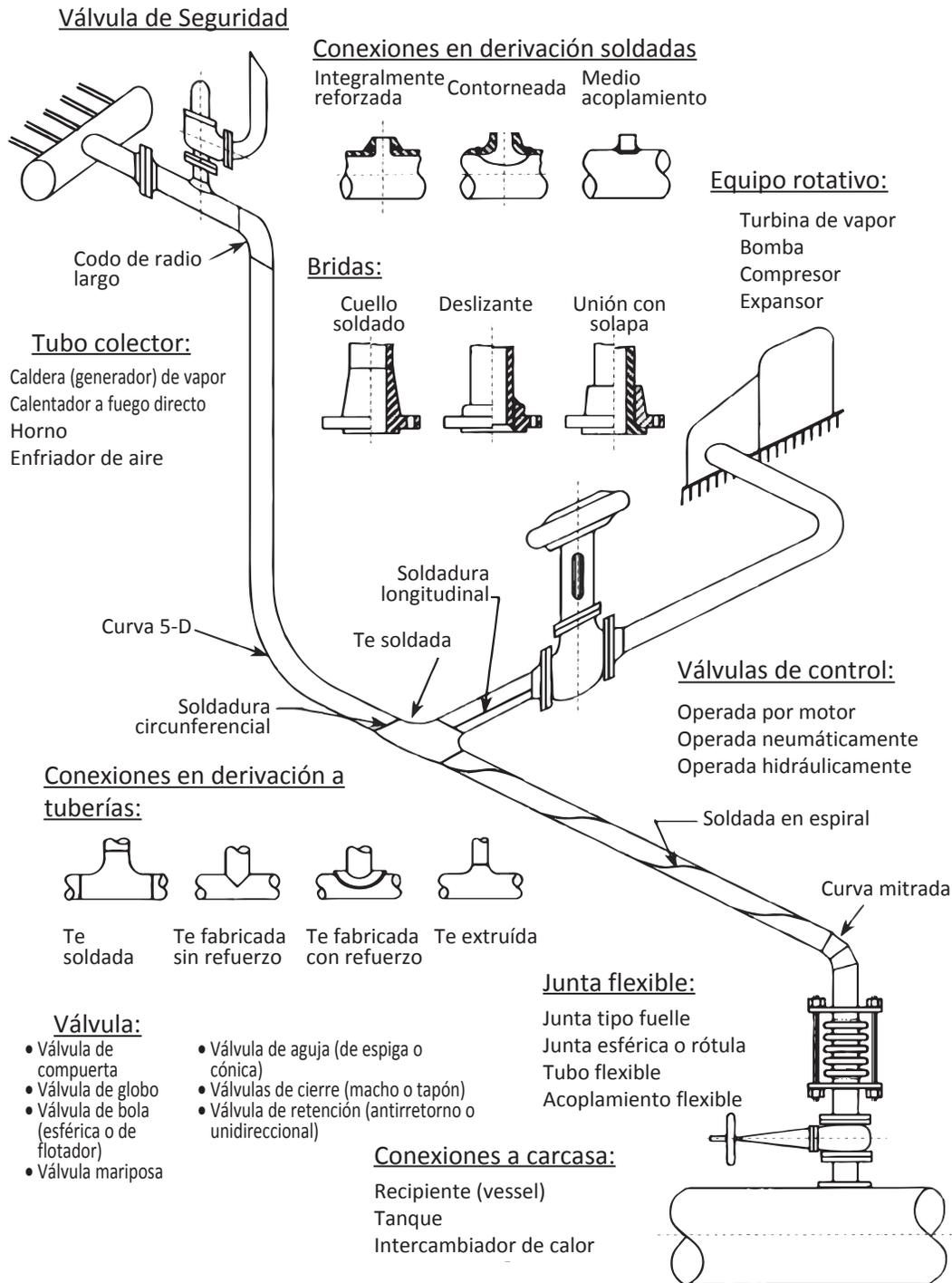


Figura 1.5. Componentes de tubería e interfase con equipos.

(Peng & Peng, 2009), pág. 5.

Para cualquier tamaño de tubería dado y variables números de cédula (schedule) o espesores, su diámetro exterior (en inglés: outside diameter, OD) permanece constante y el diámetro interno (en inglés: internal diameter, ID) varía. Con el aumento del espesor la resistencia aumenta, pero su ID disminuye. El OD se mantiene constante para ayudar al diseño de elementos de soporte para que el mismo elemento

de soporte se puede utilizar para el mismo tamaño de tubería (variando los espesores).

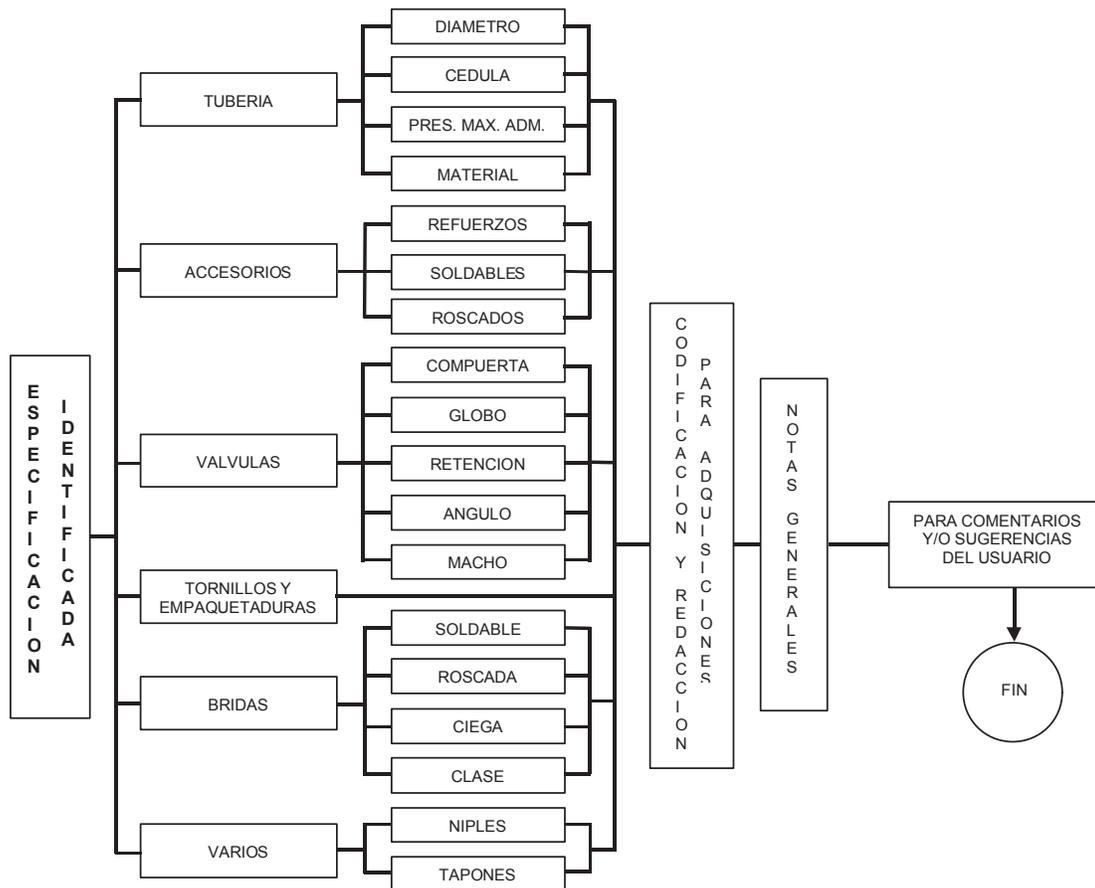


Figura 1.6. Esquema del contenido de una especificación de tuberías y accesorios. (PEMEX, 2000), pág. 27.

Válvulas

Las válvulas son dispositivos mecánicos que controlan el flujo y la presión dentro de un sistema o proceso. Son componentes esenciales de un sistema de tubería que transporta líquidos, gases, vapores, lodos, etc.

Existen muchos tipos de válvulas (p. ej. compuerta, retención, macho, mariposa, alivio), cada una de las cuales tiene algunos modelos, cada uno con diferentes características y capacidades funcionales. Algunas válvulas son auto-operadas mientras que otras son operadas manualmente o con un actuador neumático o hidráulico.

Las funciones de las válvulas son:

- ◆ Detener e iniciar el flujo

- ◆ Reducir o aumentar un flujo
- ◆ Controlar la dirección del flujo
- ◆ Regular el flujo o la presión de un proceso
- ◆ Aliviar un sistema de tubería de una cierta presión

Hay muchos diseños de válvulas, tipos y modelos, con una amplia gama de aplicaciones industriales. Todas satisfacen una o más de las funciones indicadas anteriormente. Las válvulas son productos caros, y es importante que se especifique correctamente una válvula para la función, y deberá ser de un material adecuado para el fluido de proceso.

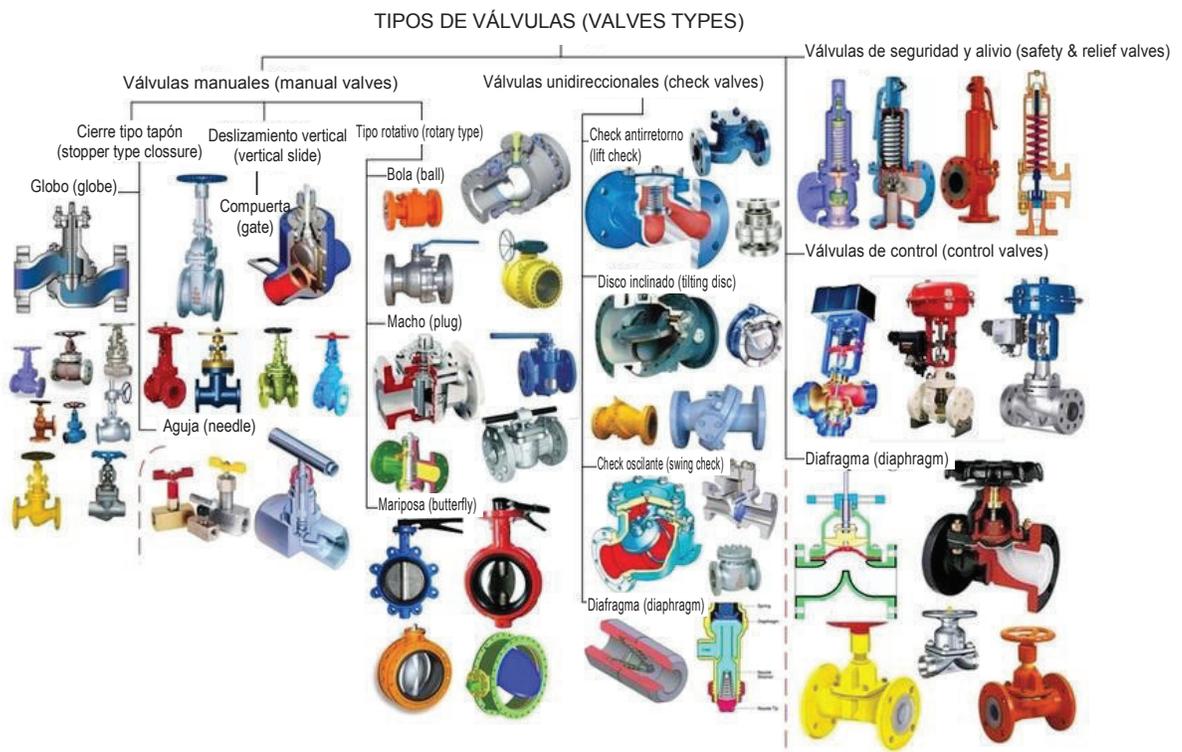


Figura 1.7. Clasificación de los tipos de válvulas.
<http://www.provaltec.cl/images/tipos%20de%20valvulas.jpg>

Bridas

Las bridas (en inglés: flanges) son accesorios para conectar tuberías con equipos (Bombas, intercambiadores de calor, calderas, tanques, etc.) o accesorios (codos, válvulas, etc.). La unión se hace por medio de dos bridas, en la cual una de ellas pertenece a la tubería y la otra al equipo o accesorio a ser conectado. La ventaja de las uniones bridadas radica en el hecho de que, por estar unidas por espárragos,

permite el rápido montaje y desmontaje del objeto para realizar reparaciones o mantenimiento.

Estas se clasifican en:

- ◆ Brida con cuello para soldar.
- ◆ Brida deslizante.
- ◆ Brida roscada.
- ◆ Brida loca con tubo rebordeado.
- ◆ Brida ciega.
- ◆ Brida con boquilla para soldar.
- ◆ Brida de reducción.
- ◆ Brida orificio.
- ◆ Brida de cuello largo para soldar.

Tabla 1.2. Plantilla de catalogación de las bridas

Información	Descripción de la información
Tipo de Brida	Las Bridas pueden ser: WN, SW, SLIP-ON, Roscada, Blind, Reductora, LWN y Orificio.
Tipo de cara de junta	Los tipos de cara de junta pueden ser: FF, RF, RTJ.
Tamaño	Se refiere al diámetro nominal del tubo que va a ser empalmado con la brida.
Clase o Rating	Es la relación Presión-Temperatura (125, 150, 250, 300, 600, 900, 1500 Lbs).
Schedule	Se refiere al del tubo que va a ser unido a la brida. Aplica para Bridas WN, SW o Reductoras.
Material	Se debe indicar la norma de fabricación de la Brida.

(Elaboración propia)

Tabla 1.3. Materiales usados en la fabricación de las bridas

Material	Designación	Grado	Aplicación
Acero al carbono	A-105	-	Altas Temperaturas
	A-181	I y II	Uso General
	A-350	LF1,LF2, LF3 y LF5	Bajas Temperaturas
Acero aleado	A-182	F1 y F2	Altas Temperaturas y moderada corrosión
	A-335	P2,P11,P21	Altas temperaturas
Acero Inoxidable	A-182	F5ab, F6a-2, F9, F11, F12, F22, F304, F304L, F310, F316, F316L, F321	Altas temperaturas y servicios severos de corrosión

(Elaboración propia)

Derivaciones

Los accesorios de derivaciones o conexiones en derivación (en inglés: branches, también conocidos como O'lets) son accesorios que proporcionan una salida de un

tubo más grande a uno más pequeño (o uno del mismo tamaño). El tubo principal sobre el que la conexión en derivación se suelda generalmente se llama principal (Run) o cabezal. La tubería a la que la conexión en derivación proporciona un canal generalmente se llama derivación (branch) o salida. Las derivaciones (Branch) están en todos los tamaños, tipos, calibres y clases, en una amplia gama de acero inoxidable, cromo-molibdeno, y otras aleaciones.

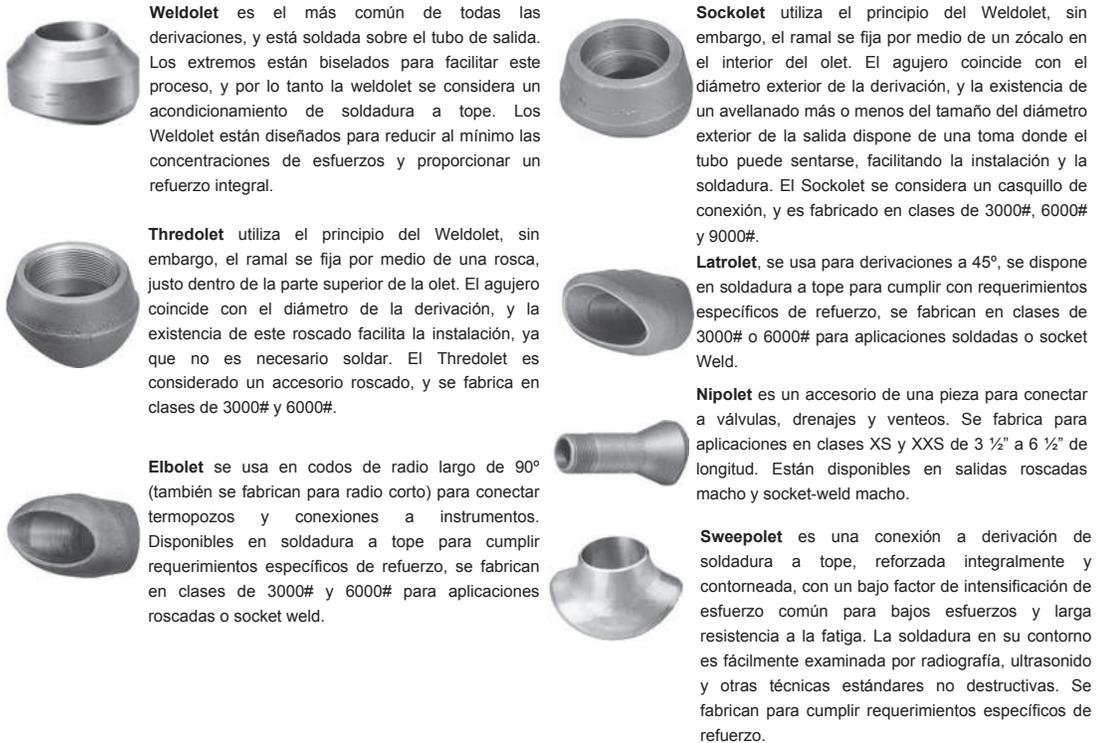


Figura 1.8. Tipos de derivaciones (conexiones en derivación u o'lets).

(Elaboración propia)

Las empresas que fabrican conexiones en derivación deben cumplir el 100% de los requerimientos de los códigos de tubería aplicables, por ejemplo, ASME B31.1, B31.3, B31.4 y B31.8. También deben cumplir con la norma MSS-SP-97 (Integrally Reinforced Forged Branch Outlet Fittings). Estas conexiones en derivación deben ofrecer refuerzo completo a la tubería principal, evitando grietas, soldaduras de filete y esquinas afiladas a los lados, además, evitar bruscos de espesor donde el accesorio se una a la tubería principal.

Elementos para soportar tubería

Los soportes de tubería deben ser tan simples como las condiciones lo permitan. Los productos de mercadería (stock items) se utilizan siempre que sea posible, especialmente para las tuberías sujetas desde arriba. Para sostener la tubería desde

abajo, los soportes se hacen generalmente para adaptarse a placas base, tubería y piezas de acero estructural.

Una selección de soportes disponibles se ilustra en la Figura 1.9 y Figura 1.10.

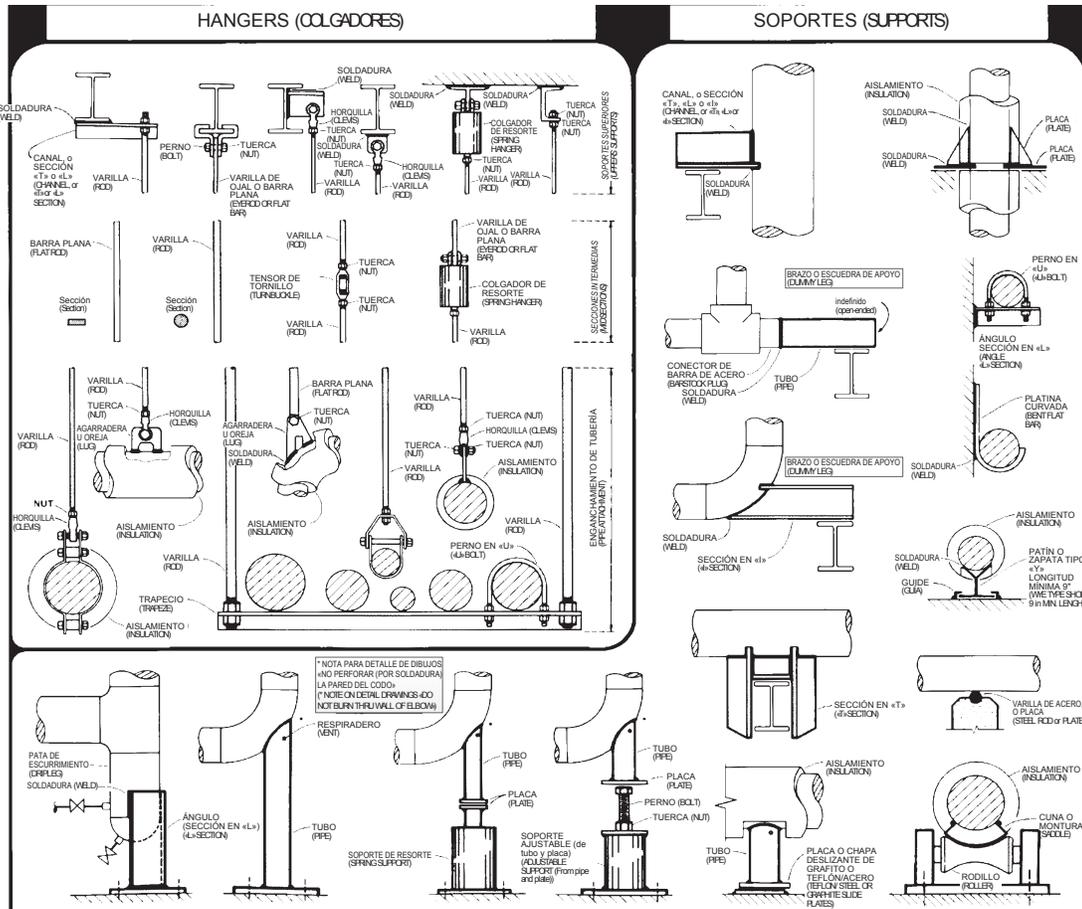


Figura 1.9. Colgadores (suspensores) y soportes de tubería.

(Whistance & Sherwood, 1973), pág. 26.

Términos de soportes

- SOPORTE (SUPPORT):** El peso de la tubería usualmente se apoya en soportes de acero estructural, o de acero y hormigón. (El término 'Soporte' también se utiliza en referencia a los colgadores o suspensores).
- COLGADORES O SUSPENSORES (HANGERS):** Dispositivo que suspende tuberías (por lo general una sola línea) de acero estructural, hormigón o madera. Los colgadores suelen ser de altura regulable.
- SOPORTE DE ANCLAJE (ANCHOR):** Un soporte rígido que impide la transmisión de movimiento (térmico, vibratorio, etc.) a lo largo de la tubería. La construcción puede ser de chapa de acero, ménsulas o cartelas, bridas, varillas, etc. La fijación de un anclaje a la tubería preferiblemente debe rodear la tubería y

soldar todo alrededor, ya que esto da una mejor distribución de la tensión en la pared de la tubería.

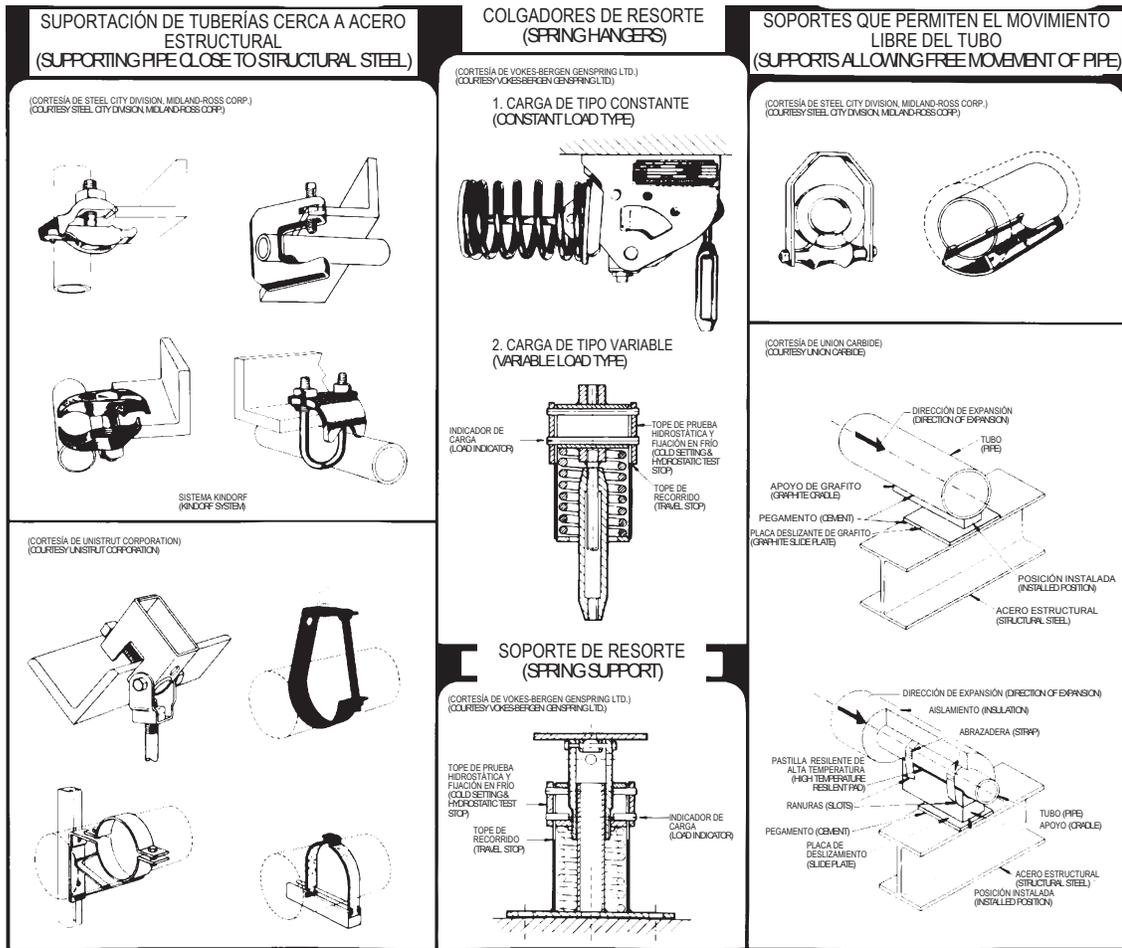


Figura 1.10. Soportado de tubería cerca de perfiles estructurales, colgadores o portacaños de resorte, soportes que permiten libre movimiento de la tubería y soportes de resorte.

(Whistance & Sherwood, 1973), pág. 27.

- d) **SOPORTE POR TIRANTES (TIE):** Un arreglo (disposición) de una o más varillas, barras, etc., para limitar el movimiento de la tubería.
- e) **PATA FALSA (DUMMY LEG):** Una pieza de extensión (o sección de la tubería de acero laminado) soldada a un codo con el fin de apoyar la línea.

Los siguientes soportes se utilizan donde el movimiento mecánico y/o térmico es un problema:

- f) **GUÍA (GUIDE):** Un medio para permitir que una tubería se mueva a lo largo de su longitud, pero no hacia los lados.
- g) **ZAPATA (SHOE):** Una pieza de metal unido a la parte inferior de una tubería que descansa en un soporte de acero. Se utiliza principalmente para reducir el

desgaste del deslizamiento de las líneas sujetas a movimiento. Permiten aplicar aislamiento a la tubería.

- h) CUNAS (SADDLES): Un aditamento soldado para tuberías que requieren aislamiento, y sujetas a un movimiento longitudinal o de rodadura (como resultado de los cambios de temperatura que no sean climáticas). Las cunas pueden utilizarse con guías como se muestra en Figura 1.11.

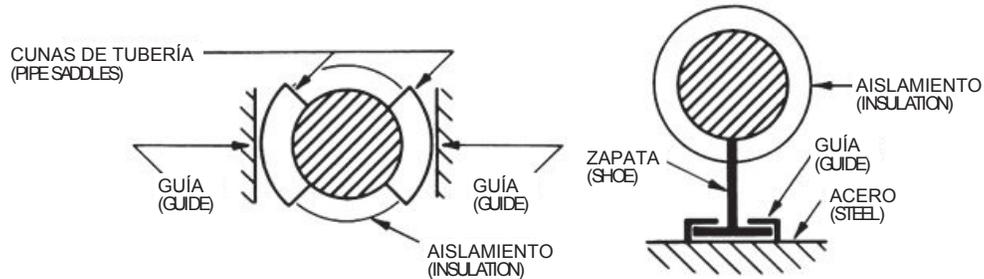


Figura 1.11. Ejemplo de utilización de cunas, guías y zapatas en líneas de tubería.

(Whistance & Sherwood, 1973)

- i) PLACA DESLIZANTE (SLIDE PLATE): Una placa deslizante se ilustra en la Figura 1.9. La Figura 1.10 muestra aplicaciones de placas deslizantes de grafito "Ucar" que se ofrecen por la compañía Union Carbide. Las dos placas utilizadas en un soporte están hechas o revestidas con un material de baja fricción capaz de resistir los esfuerzos mecánicos y los cambios de temperatura. Las placas se hacen a menudo a partir de bloques de grafito. Las placas de acero con un revestimiento de teflón están disponibles y se pueden soldar al acero.

Los colgadores o soportes de resorte permiten variaciones en la longitud del tubo debido a cambios en la temperatura, y se utilizan a menudo para las líneas verticales.

Hay dos tipos de soportes o colgadores de resorte:

- j) COLGADOR DE "CARGA CONSTANTE" (CONSTANT LOAD HANGER): Este dispositivo consta de un mecanismo de resorte helicoidal y palanca en un alojamiento. El movimiento de la tubería, dentro de los límites, no va a cambiar la fuerza del resorte hasta la suportación de la tubería, por lo que no se introducirán fuerzas adicionales en el sistema de tuberías.
- k) COLGADORES y SOPORTES DE "CARGA O ELASTICIDAD VARIABLE" (VARIABLE SPRING HANGER and SUPPORT): Estos dispositivos consisten de un resorte helicoidal en un alojamiento. El peso de la tubería descansa sobre el resorte en compresión. El resorte permite que una línea tenga una cantidad limitada de movimiento térmico. Un colgador de carga variable sostiene una línea vertical y reducirá su fuerza de elevación mientras la línea se expande hacia ella.

Un soporte de carga variable aumentaría su fuerza de elevación mientras la línea se expande hacia ella. Ambos (soporte y colgador) aplican una carga sobre el sistema de tuberías. Cuando esto no es deseable, un colgador de carga constante se puede utilizar en su lugar.

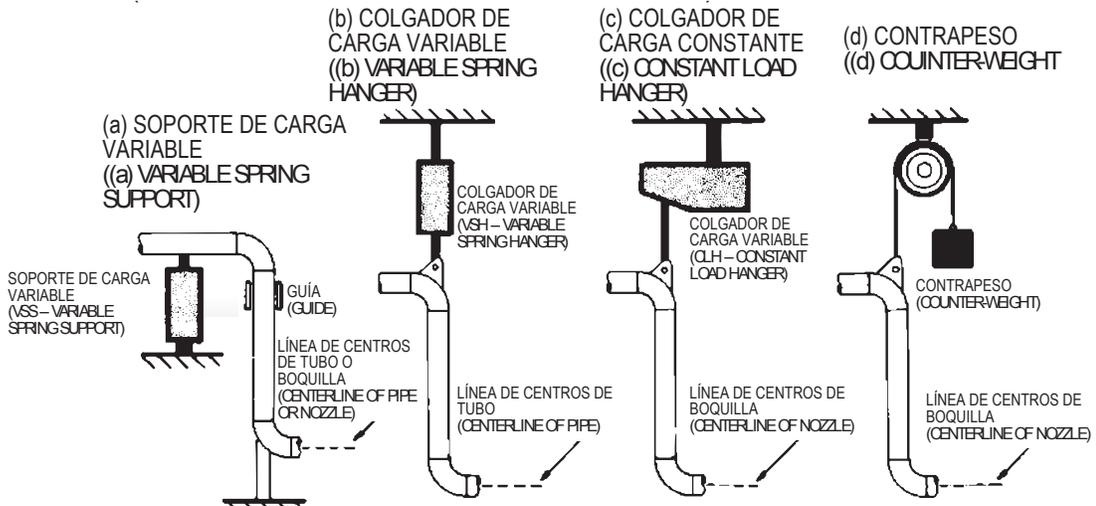


Figura 1.12. Colgadores y soportes de carga variable y constante.

(Whistance & Sherwood, 1973)

- I) **AMORTIGUADOR HIDRÁULICO (HYDRAULIC DAMPENER), AMORTIGUADOR DE IMPACTO (SHOCK), EMPAQUETADURA O AMORTIGUADOR DE FRICCIÓN (SNUBBER), SUPRESOR DE LADEO (SWAY SUPRESOR)**: Un extremo de la unidad está conectada a la tubería y la otra al acero estructural o al hormigón. La unidad se expande o se contrae para absorber el movimiento lento de la tubería, pero es rígida al movimiento rápido.

Soldadura a tubería para soporte

Si los códigos aplicables lo permiten, se puede soldar orejas (lugs) a un tubo. La Figura 1.9 muestra algunos arreglos comunes que utilizan orejas soldadas, perfiles de acero laminados y tubos, para: fijar colgadores a una estructura de acero, fijar a tubería y para soportar tubería

Al soldar soportes a una tubería prevestida (prelined) generalmente se echa a perder el revestimiento (lining), y las orejas para los mismos, etc., por lo que, deben ser soldados a la tubería y a conexiones antes de que el revestimiento se aplique.

La soldadura de soportes y orejas a tubos y recipientes para que sean aliviados de esfuerzos se debe hacer antes de un tratamiento térmico.

1.9 Análisis de esfuerzos en tuberías

El análisis de esfuerzos en tubería proporciona la técnica necesaria para que los ingenieros diseñen sistemas de tubería sin sobre esforzar o sobrecargar a los componentes de tubería y equipos conectados. Varios de los análisis de esfuerzos en tuberías se ilustran en la Figura 1.13.

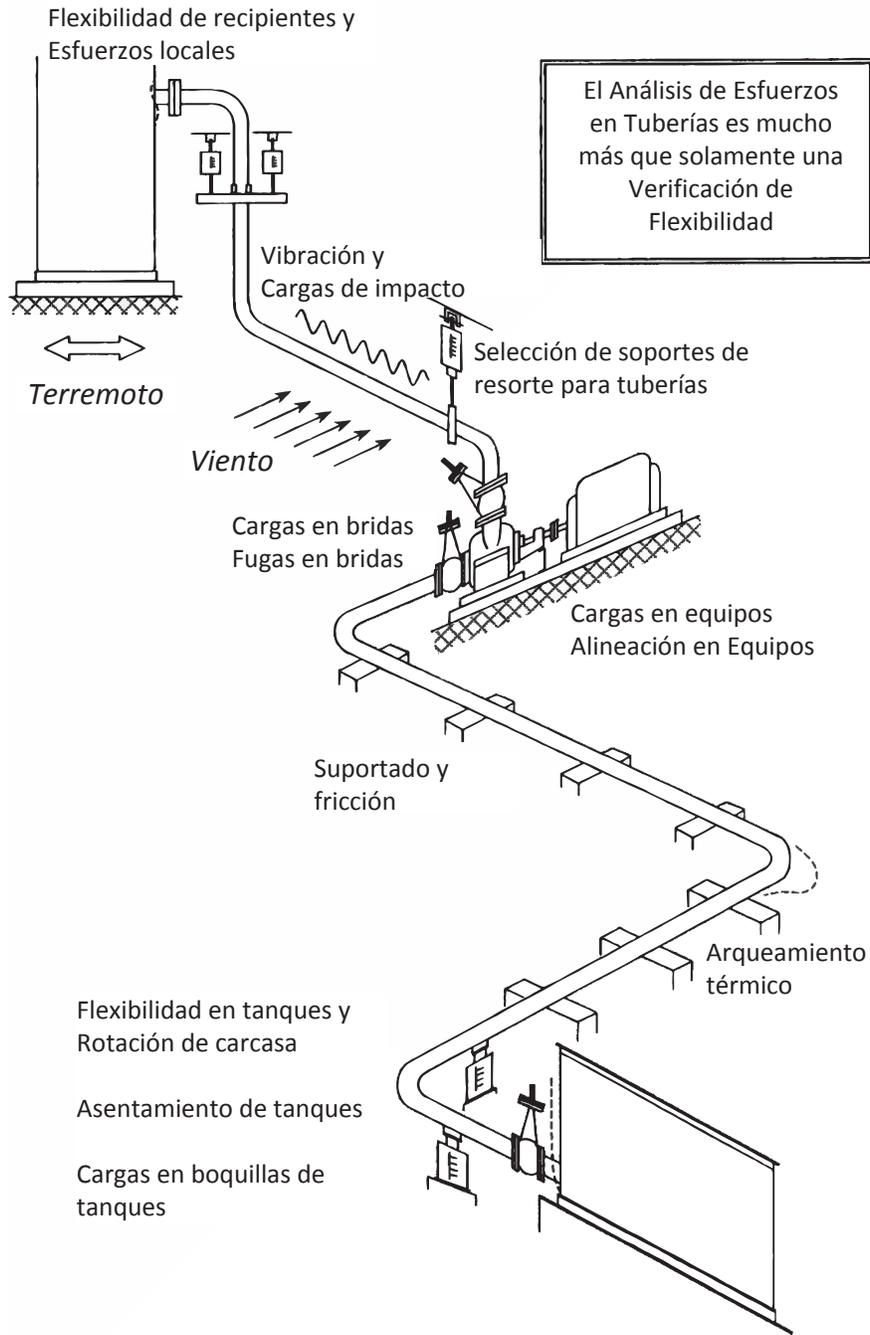


Figura 1.13. Tareas que se realizan en un Análisis de Esfuerzos en Tubería.

(Peng & Peng, 2009), pág. 3.

Previo al análisis, como en cualquier análisis de esfuerzos, se deben determinar las siguientes cargas:

- **FUERZAS:** La fuerza es una cantidad vectorial con la dirección y magnitud de los efectos de: empuje (compresión), jalón (tensión o tracción) o cortante.
- **MOMENTOS:** Momento es una cantidad vectorial con dirección y magnitud de los efectos de torsión y flexión.

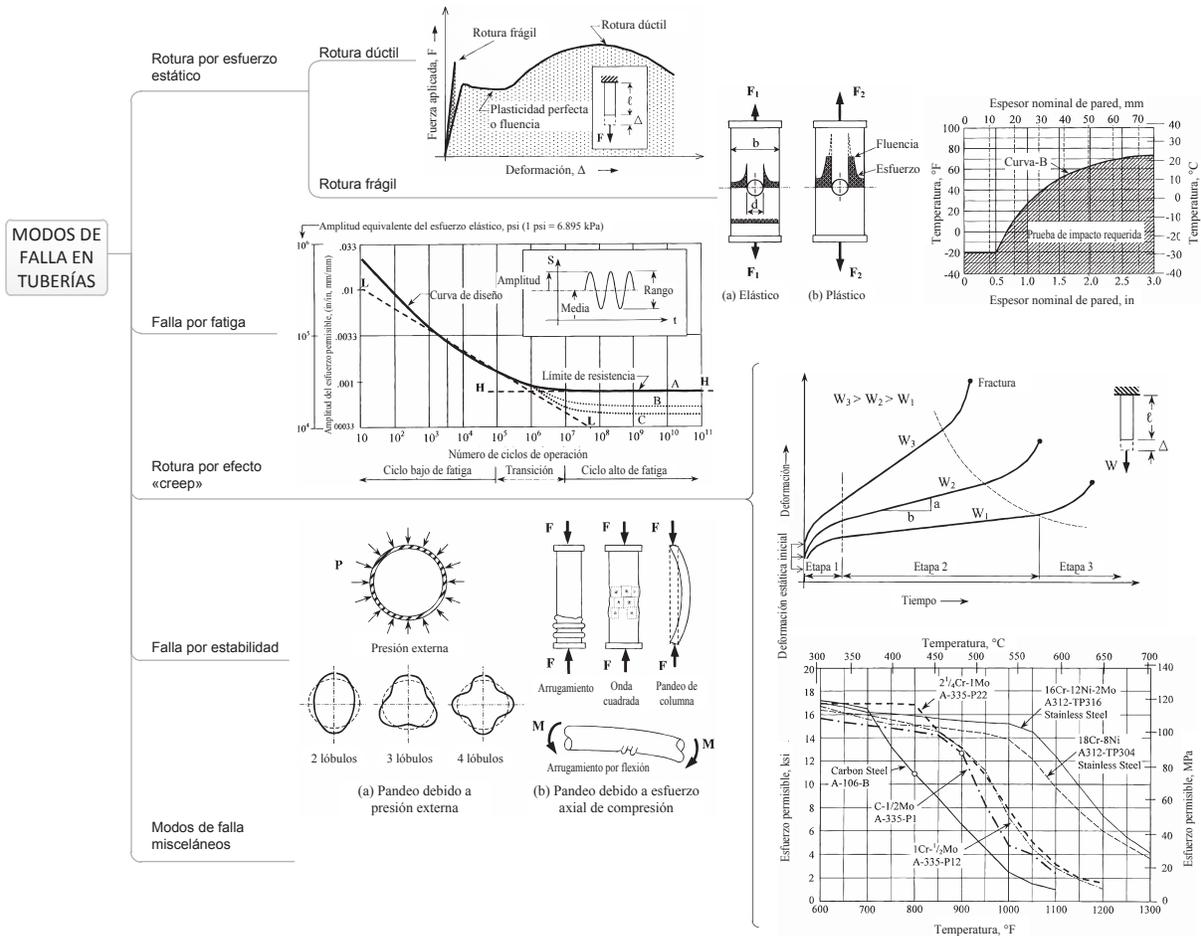


Figura 1.14. Modos de falla en tuberías.
(Elaboración propia)

El análisis de esfuerzos en tubería abarca mucho más que la comprobación de flexibilidad; aún hoy en día, los ingenieros se refieren al análisis de esfuerzos en tubería como el análisis de flexibilidad en tubería. Esta ligera mezcla de términos no es importante. Sin embargo, tener el concepto de que flexibilidad es la única consideración en los análisis de esfuerzos en tuberías puede conducir a un diseño debajo de los estándares: costoso e inseguro. Por ejemplo, muchos ingenieros tienden

a considerar que proporcionar una flexibilidad adicional a la tubería es un planteamiento conservador. En realidad, la flexibilidad adicional no sólo aumenta el costo en material y la caída de presión, también hace que la tubería se someta a vibraciones, área de mayor problema de la tubería en operación.

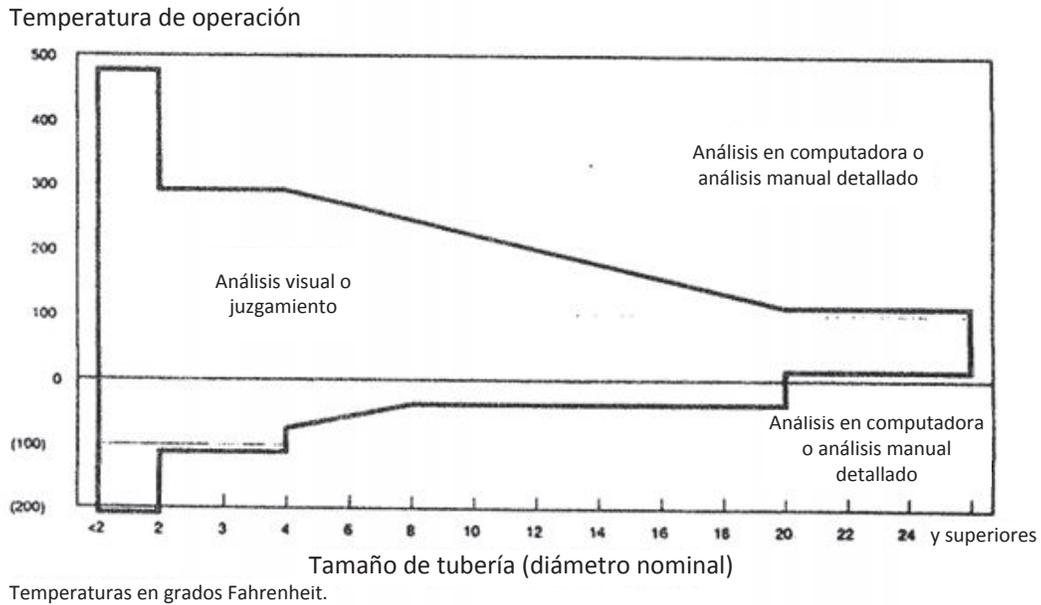


Figura 1.15. Criterio de evaluación de análisis de esfuerzos en tubería para sistemas de tubería de equipos rotativos.

(Bausbacher & Hunt, 1993), pág. 391.

El ingeniero de esfuerzos normalmente suministra la lista de líneas críticas y lo entrega al diseñador. A veces la lista de líneas críticas no está disponible. El diseñador puede utilizar los diagramas de la Figura 1.15 y la Figura 1.16 como una guía para determinar las líneas críticas. El diseñador utiliza la primera tabla para líneas conectadas a equipos rotatorios, como bombas, como se indica en la Figura 1.15. Se utiliza la segunda tabla para todas las otras líneas, como se indica en el Figura 1.16. Debido a que las bombas son más sensibles a la carga de tuberías que otros equipos, las líneas de bombas son a menudo más difíciles de disponer (realizar un arreglo de tuberías). Muchas de las líneas en una lista de líneas críticas serán las líneas de succión y descarga de la bomba. Para leer los diagramas, el diseñador busca la intersección del tamaño de la tubería (no el tamaño de la boquilla) y la temperatura de la línea. Si la intersección de las dos líneas no está en el área que dice Análisis visual o juzgamiento, entonces la línea es crítica.

Temperatura de expansión

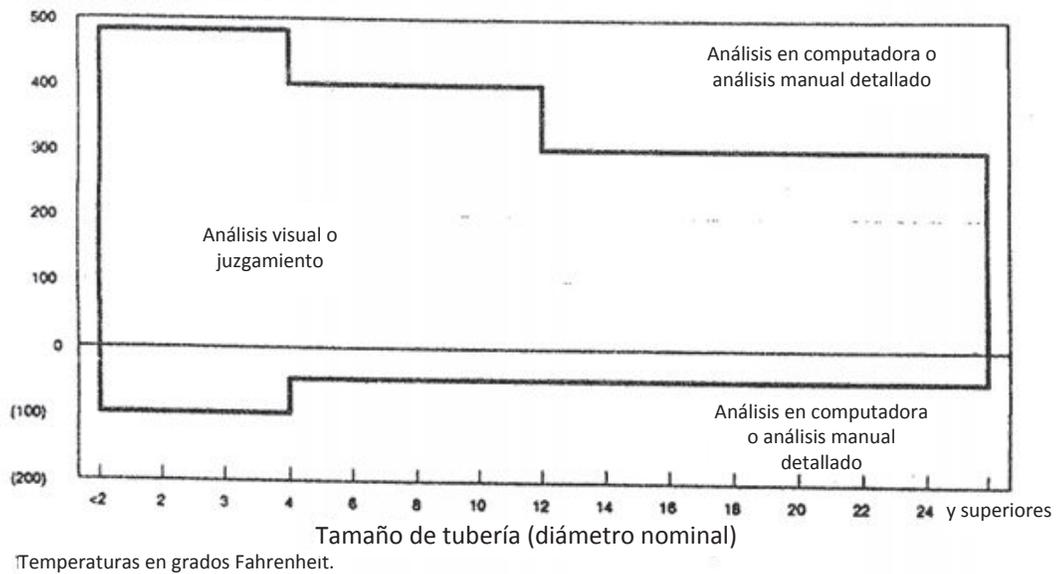


Figura 1.16. Criterio de evaluación de análisis de esfuerzos en tubería para todo tipo de sistemas de tubería, excepto para tubería de equipos rotativos.

(Bausbacher & Hunt, 1993), pág. 392.

La Figura 1.13, muestra algunas de las consideraciones en el análisis de esfuerzos en tubería (Peng & Peng, 2009), no todos relacionados con la flexibilidad; ya que, hoy en día, la mayoría de fallas son causadas por vibración, arqueamiento térmico, fluencia, fatiga térmica no relacionada a flexibilidad, golpe de ariete (vapor/agua), juntas de expansión, etc.

Para reducir las deformaciones en las tuberías causadas por un movimiento térmico sustancial, pueden utilizarse juntas flexibles y de dilatación. Sin embargo, se puede minimizar el uso de estas juntas disponiendo la tubería de manera flexible, como se ilustra en la Figura 1.17. La tubería se puede flexionar en una dirección perpendicular a su longitud: por lo tanto, cuanto más largo es la compensación, o de mayor tamaño es un lazo, más flexibilidad se obtiene. Se evidencia que para dar flexibilidad a una tubería se usan codos de radio largo a 90°, si se usa otro ángulo no daría la óptima flexibilidad.

Otro criterio fundamental a considerar en el análisis de esfuerzos en tuberías es los asentamientos de los tanques. Las fundaciones de grandes tanques y equipos pesados pueden asentarse o inclinarse ligeramente en el transcurso del tiempo. La tubería conectada y el equipo que no estén sobre una base común se someterán a esfuerzos por desplazamiento, a menos que la tubería esté dispuesta (arreglada) en una configuración lo suficientemente flexible para absorber el movimiento de múltiples

planos. Este problema no debería surgir en una construcción nueva, pero podría ocurrir en la modificación de una unidad o proceso de una planta.

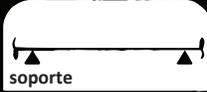
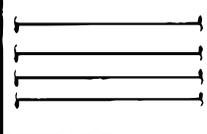
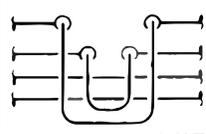
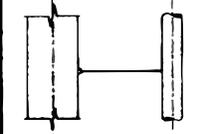
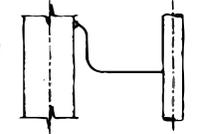
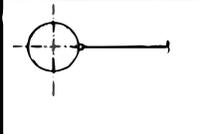
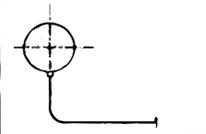
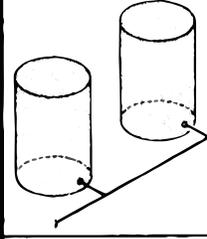
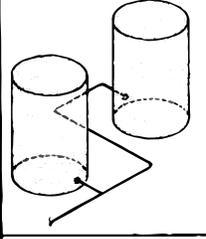
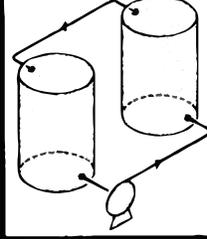
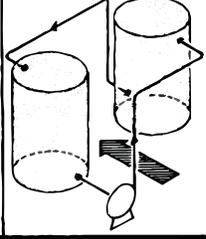
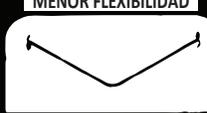
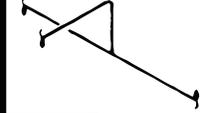
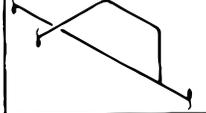
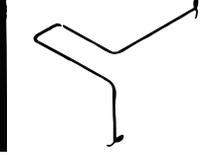
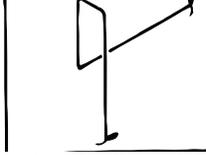
RÍGIDO	FLEXIBLE	
		En la práctica actual, los lazos se hacen de tubería recta y codos en casi todas las circunstancias. Los tramos perpendiculares al recorrido dan flexibilidad.
		En guardatuberías (piperacks), arreglar líneas, sujetas a movimiento térmico, a un lado, con líneas grandes más exteriores, a fin de que se les pueda proporcionar grandes lazos, y para que todos los lazos se puedan montar sobre el guardatubería (piperack) para ahorrar espacio.
		Compensar la ruta, da flexibilidad que aumenta con la longitud de la compensación (desvío o desplazamiento)
		
		Las conexiones rígidas entre tanques y recipientes u otro equipo conectado deben ser evitadas si: (1) Es muy probable que hayan grandes cambios en la temperatura debido al proceso o al clima, (2) Los tanques o equipos se colocan al aire libre en fundaciones independientes que sean propicias a hundimientos.
		En ambos arreglos, la bomba se utiliza para hacer circular el líquido en los tanques o recipientes. El arreglo (disposición) flexible reduce las tensiones sobre las boquillas y también permite el acceso entre las unidades.
MENOR FLEXIBILIDAD	MAYOR FLEXIBILIDAD	
		Al doblar (girar) esquinas, un borde de compensación da una flexibilidad limitada a la tubería. Cuanto mayor sea la compensación (desvío o desplazamiento), mayor será la flexibilidad.
		El borde extra en el arreglo más flexible permite un mayor movimiento térmico entre la derivación y el paso principal.
		Estos son dos arreglos que usan un lazo en una esquina. La mayor flexibilidad se obtiene haciendo que uno de los tramos forme un borde del lazo, este arreglo también ahorra un codo y dos soldaduras.

Figura 1.17. Ejemplos de disposición de tubería de manera flexible.

(Sherwood & Whistance, 1991), pág. 89.

Las cargas dinámicas se presentan regularmente en compresores recíprocos, en los cuales se debe realizar un análisis que prevenga la falla por histéresis (cuando la frecuencia natural del sistema de tuberías es igual a la frecuencia de pulsación del compresor).

Las cargas de viento son más relevantes cuando mayor es la velocidad del mismo. La carga de viento aumenta, conforme aumenta el diámetro de tubería para una misma velocidad del viento. Como ejemplo (Bausbacher & Hunt, 1993, pág. 394), para un huracán de 75 mph (120 km/h) y a una altura sobre piso de 100 ft (30,5 m), se tiene que una tubería de 2" NPS tiene una carga⁶ de 0,08 lb/lin in (0,014 kN/m), mientras que una tubería de 24" NPS tiene una carga de 0,81 lb/lin in (0,141 kN/m).

Propósito del análisis de esfuerzos en tubería

En general, el propósito del análisis de esfuerzos en tubería se puede resumir en tres amplias categorías:

- a) *Asegurar la integridad estructural.* Se lo realiza mediante cálculos y mediante su verificación asegura básicamente que no ocurran fallas en la tubería por roturas o fisuras.
- b) *Mantener la operatividad del sistema.* Se refiere a la prevención de fallas en las conexiones a equipos, evitando fallas como: fugas en bridas, atascamiento de válvulas, grandes esfuerzos en boquillas de recipientes (vessels), carga excesiva de tubería en los equipos rotativos, etc. Este gran propósito demanda mucho tiempo en coordinación interdisciplinaria y con proveedores de equipos, para asegurar la operatividad del sistema cuando esté construido.
- c) *Diseño óptimo.* Evitar la flexibilidad excesiva y también las altas cargas sobre las estructuras de soporte. El objetivo es un diseño óptimo tanto para la tubería como para la estructura.

1.10 Códigos y normas para diseño de tuberías

Los códigos y normas son desarrollados por asociaciones comerciales, agencias gubernamentales y empresas privadas. Tienen el propósito de proporcionar un conjunto mínimo de directrices para la ingeniería y construcción. Incluso se dice que de ninguna manera estas reglas son un sustituto de las buenas prácticas de ingeniería⁷.

⁶ lb/lin in significa libras por pulgada lineal.

⁷ Piping Designer, LLC: <http://www.piping-designer.com/Category:Codes>

Tabla 1.4. Códigos y normas de principal aplicación en el diseño de tuberías⁸.

Iniciales	Título completo de la organización
API	American Petroleum Institute www.api.org
AISI	American Iron and Steel Institute www.steel.org
ASME	American Society of Mechanical Engineers www.asme.org
ASTM	American Society for Testing and Materials www.astm.org
AWS	American Welding Society www.aws.org
AWWA	American Water Works Association www.awwa.org/
MSS	Manufacturers Standardization Society of the Valve and Fittings Industry http://mss-hq.org/
NFPA	National Fire Protection Association http://www.nfpa.org/index.asp
PBI	Pipe Fabrication Institute http://www.pfi-institute.org/
PPI	Plastics Pipe Institute http://plasticpipe.org/
TEMA	Tubular Exchanger Manufacturers Association http://www.tema.org/
SSPC	Society for Protective Coatings http://www.sspc.org/
NORSOK	Norsk Sökkels Konkuranseposisjon (Norwegian Continental Shelf Offshore & Petroleum Standards) http://www.standard.no/en/

(Elaboración propia)



Figura 1.18. Diagrama de Venn sobre requerimientos de códigos y normas para Tubería de Procesos.

(Huitt, 2012).

⁸ Para ver una lista más detallada de normas y códigos, ver las referencias (Nayyar, 2000) y (Frankel, 2010).

La integridad de un sistema de tuberías depende de las consideraciones y principios utilizados en el diseño, construcción y mantenimiento del sistema. Los sistemas de tuberías están hechos de componentes como tuberías, bridas, soportes, juntas, pernos, válvulas, coladores, juntas flexibles y de dilatación. Los componentes pueden fabricarse en una variedad de materiales, en diferentes tipos y tamaños y pueden fabricarse según las normas nacionales comunes o según un artículo propietario del fabricante. Algunas compañías incluso publican sus propios estándares internos de la tubería basados en estándares del sector nacional y de la industria. Los códigos suelen establecer requisitos para diseño, materiales, fabricación, montaje, prueba e inspección de sistemas de tuberías, mientras que las normas (estándares) contienen normas de diseño y construcción y requisitos para componentes de tubería individuales

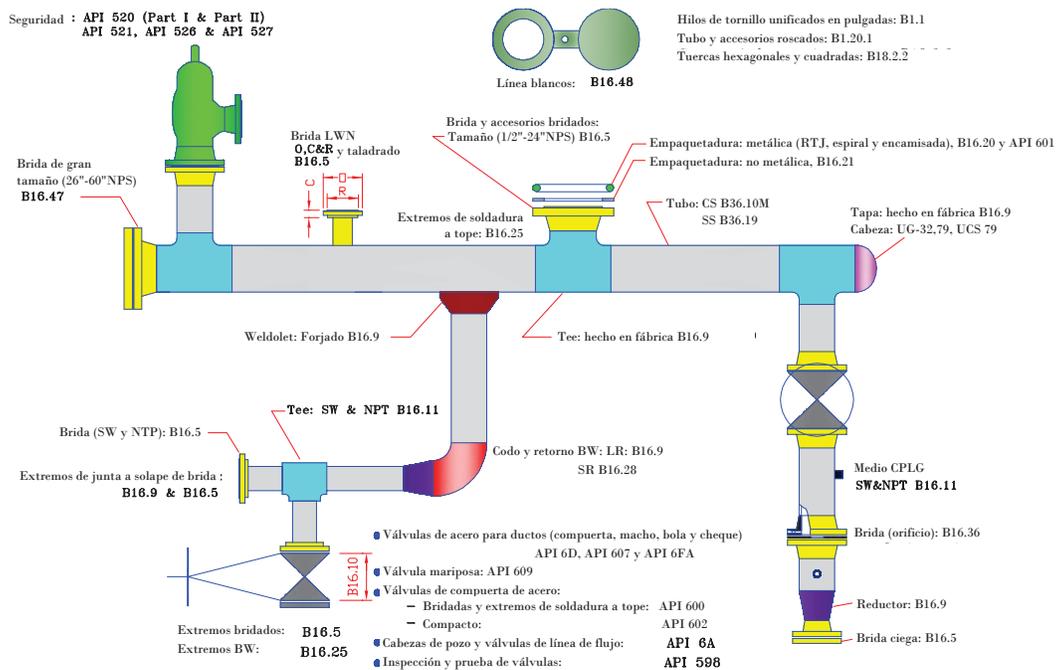


Figura 1.19. Esquema de un arreglo de tubería en el que se detallan sus diferentes normas aplicables.⁹

(Cairo Oil Refining Co. (CORC), 2006)

Código ASME para tuberías a presión

El código ASME para tuberías a presión es mejor conocido como ASME B31 Código para tuberías de presión, desarrollado por la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos - ASME, cubre tuberías de potencia, tuberías de gas combustible, tuberías de proceso, sistemas de transporte de tuberías para hidrocarburos líquidos y otros

⁹ Todas las secciones indicadas (p. ej. B16.5) de las normas pertenecen a la ASME, a no ser que se indique lo contrario.

líquidos, tubería de refrigeración y componentes de transferencia de calor. Es el código de preferencia para las industrias hidrocarburífera y de generación de energía. El código de tuberías de presión ASME B31 identifica los materiales aceptables para los sistemas de tuberías dentro de su jurisdicción. Este código especifica las reglas de diseño, los esfuerzos admisibles de diseño y otras propiedades necesarias para llevar a cabo la tarea de diseño. Sin embargo, la información suministrada es generalmente sólo adecuada y está destinada a asegurar una operación segura bajo las condiciones térmicas y mecánicas esperadas de estado estacionario y a veces bajo operación cíclica (como en la construcción nuclear). Se dice que estos códigos no toman en cuenta criterios de degradación de materiales, algo importante a considerar para tener sistemas de tubería de larga vida.

Tabla 1.5. Códigos y normas de principal aplicación en el diseño de tuberías.

Sección	Instalaciones consideradas	Ejemplos
ASME B31.1	Power Piping (Tubería de potencia)	Estaciones generadoras de electricidad, Sistemas de Enfriamiento y calefacción geotérmica, distrital, etc.
ASME B31.3	Process Piping (Tubería de proceso)	Refinerías de petróleo, Plantas químicas, Farmacéuticas, Textil, Papel, etc.
ASME B31.4	Pipeline Transportation Systems for Liquid Hydrocarbons and Other Liquids (Sistemas de Ductos para Transporte de Hidrocarburos Líquidos y Otros Líquidos)	Transporte de productos, predominantemente entre plantas, terminales y dentro de terminales, bombeo, regulación, etc.
ASME B31.5	Refrigeration Piping and Heat Transfer Components (Tuberías de Refrigeración y Componentes de Transferencia de Calor)	Tuberías para refrigerantes y enfriamiento secundario.
ASME B31.8	Gas Transmission and Distribution Piping Systems (Sistemas de Transporte y Distribución de gas)	Sistemas de transporte fundamentalmente gas entre las fuentes y terminales, incluso compresión, regulación, etc.
ASME B31.9	Building Services Piping (Tuberías de Servicio en Edificios)	Típicamente Edificios industriales, institucionales, comerciales y públicos y residencias del multi-unidad que no requieren magnitudes de presiones y temperaturas cubiertas en B31.1.
ASME B31.11	Slurry Transportation Piping Systems (Sistemas de Tuberías para Transporte de pulpas)	Sistemas de transporte de pulpas acuosas (barros) como carbón, minerales, concentrados y otros materiales sólidos. Predominantemente entre plantas, terminales y dentro de terminales, bombeo, regulación, etc.
ASME B31.12	Hydrogen Piping and Pipelines (Tubería y Ductos de Hidrógeno)	Se aplica en tuberías en servicios de hidrógeno líquido y gaseoso y a ductos en servicios de hidrógeno gaseoso.

(Elaboración propia)

Para ver el alcance del código ASME para tuberías a presión, ver desde la Figura II.1 hasta la Figura II.11.

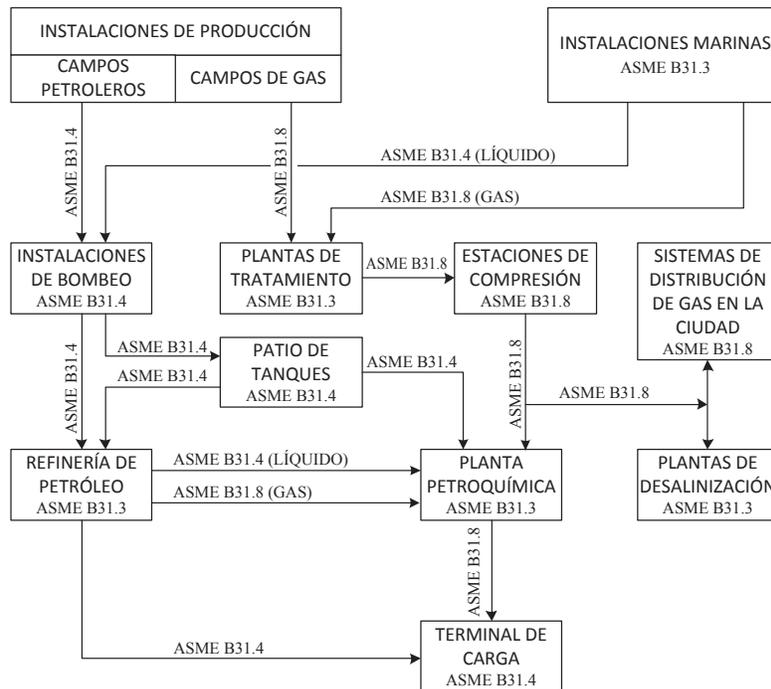


Figura 1.20. Alcance de los códigos ASME B31.1, B31.4 y B31.8 dentro de la industria de petróleo y gas. (SANTOS CMI)

Códigos y normas para realizar un análisis de esfuerzos en tuberías

Existen códigos y normas que especifican los requisitos mínimos para un diseño y construcción seguros (es decir, proporcionan material, diseño, fabricación, requisitos instalación e inspección). A continuación, como ejemplo, se detallan algunos códigos y estándares utilizados para el análisis de esfuerzos de tuberías en refinerías:

1. ASME B31.3: Código de tuberías de proceso
2. ASME B31.1: Código de tuberías de potencia
3. Bombas centrífugas: API 610
4. Bombas de desplazamiento positivo: API 676
5. Compresores centrífugos: API 617
6. Compresores recíprocos: API 618
7. Turbinas de vapor: NEMA SM23/ API 612
8. Intercambiador de calor refrigerado por aire: API 661
9. Calentadores a fuego: API 560
10. Tanques de almacenamiento soldados de fondo plano: API 650
11. Intercambiadores de calor: TEMA/ Especificaciones del vendedor.
12. Recipiente (vessel)/columna: Especificaciones del vendedor

2. ESTANDARIZACIÓN DEL DISEÑO DE SISTEMAS DE INTERCONEXIÓN DE TUBERÍAS

Diseñar un sistema de tuberías no se dista mucho del concepto general de diseño. En la siguiente figura apreciaremos un concepto general de diseño. Se dice que, en el diseño, en general, una simple lista de verificación (checklist) no puede definir la palabra diseño. Un buen diseño surge de los elementos del proceso de diseño, diseño como verbo, y tomando en consideración cada elemento de un objeto diseñado, diseño como sustantivo.

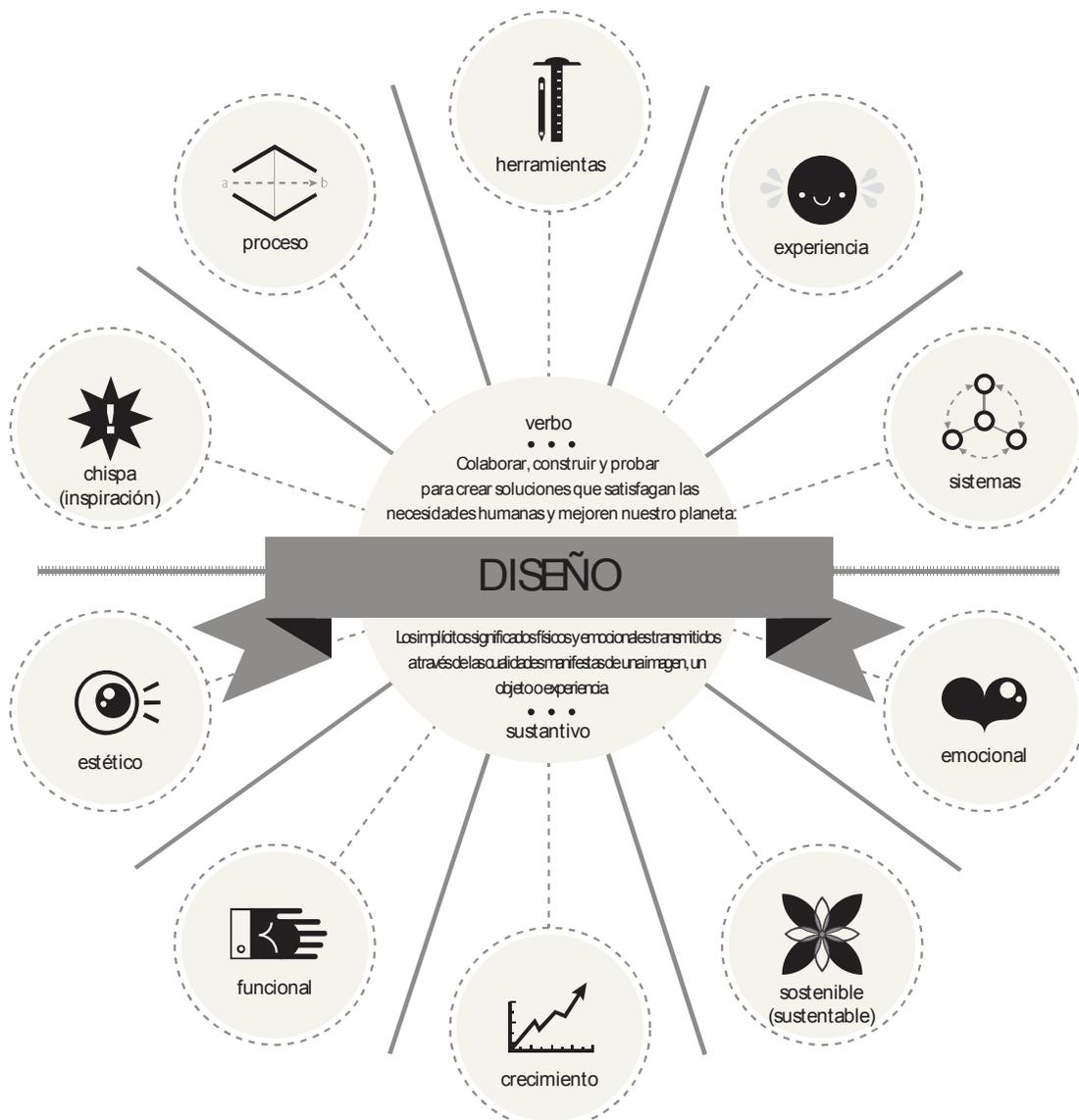


Figura 2.1. Diez elementos esenciales de un buen diseño.

(Wujec, 2011)

2.1 Procedimiento general de diseño

Cabe indicar que esta estandarización es una guía para estandarizar cualquier sistema de tuberías. La misma se basa en la identificación de un módulo dentro de un sistema de tuberías; entendiéndose por módulo a un conjunto de elementos que cumplen una determinada función dentro de un sistema de tuberías. A continuación, se detallan los pasos para estandarizar cualquier diseño de tuberías:

- 1) Elegir sistemas de tubería que puedan ser realizables en forma de módulo, siguiendo la matriz de repetitividad de la Figura 2.2.
- 2) Comprender el funcionamiento general del sistema de tubería y de cada uno de sus componentes. Se recomienda solicitar documentos al área de procesos, tales como: PFD, P&ID y memorias de cálculo.
- 3) Solicitar esquemas y planos constructivos de equipos que no se vayan a diseñar, tales como: tanques, recipientes, bombas, etc. Estos planos o esquemas deben contener las dimensiones, elevaciones, tipo y clasificación (rating) de cada una de las boquillas.
- 4) Revisar proyectos anteriores, incluyendo las lecciones aprendidas de cada uno. Documentar incidencias, problemas y cuestiones abiertas.
- 5) Revisar las normas aplicables tanto de diseño de tuberías como para cálculo del proceso o cálculos hidráulicos.
- 6) Diseñar el arreglo típico del sistema de tubería siguiendo la matriz de criterios de la Figura 2.3. Hay muchos lineamientos que se recomiendan para un diseño en general, pero se elige el que mejores resultados ha dado la evolución científica y tecnológica; este es, la ingeniería concurrente. La ingeniería concurrente es muy extensa, por lo que se tomará únicamente los lineamientos más recomendables para la directa aplicabilidad a la ingeniería de tuberías. Más adelante se detallarán criterios de disponibilidad, confiabilidad, seguridad y fabricabilidad, pero las sugerencias fundamentales para diseñar un sistema de tuberías son las siguientes:
 - a) Durante el ruteo, verificar las restricciones que estén a su paso. Para esto será necesario la comunicación con las otras áreas de ingeniería. Esto es, verificar que no existan interferencias con bandejas, estructuras, tubería flexible (tubing), paso peatonal, etc.
 - b) Dejar el espacio suficiente para manipulación y mantenimiento de equipos, instrumentos, válvulas, medidores de flujo, filtros coladores (strainers), inyectores de químicos, etc.

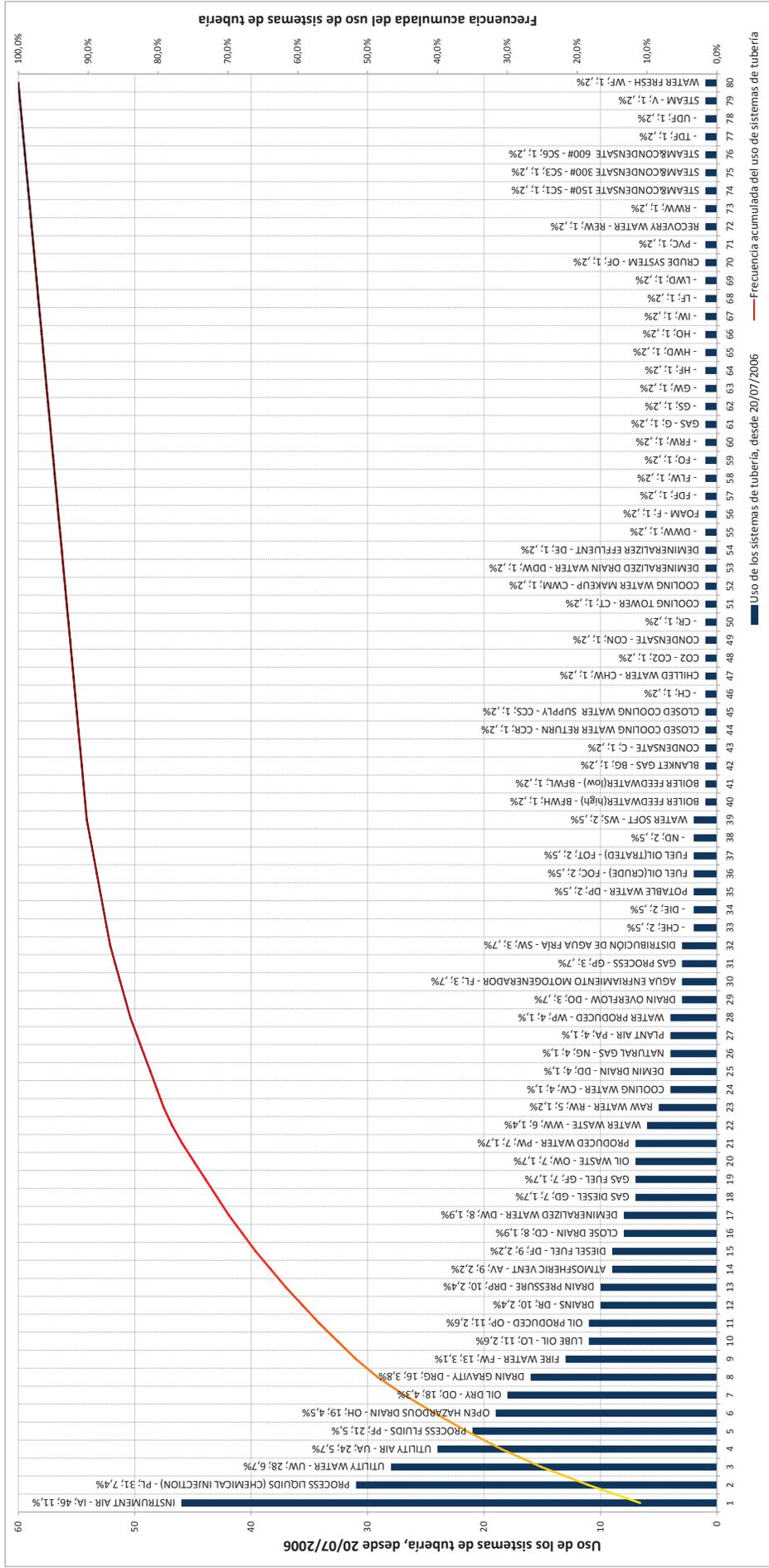


Figura 2.2. Uso de los sistemas de tubería desde 20/07/2006 en la empresa SANTOS CMI.

(Elaboración propia)

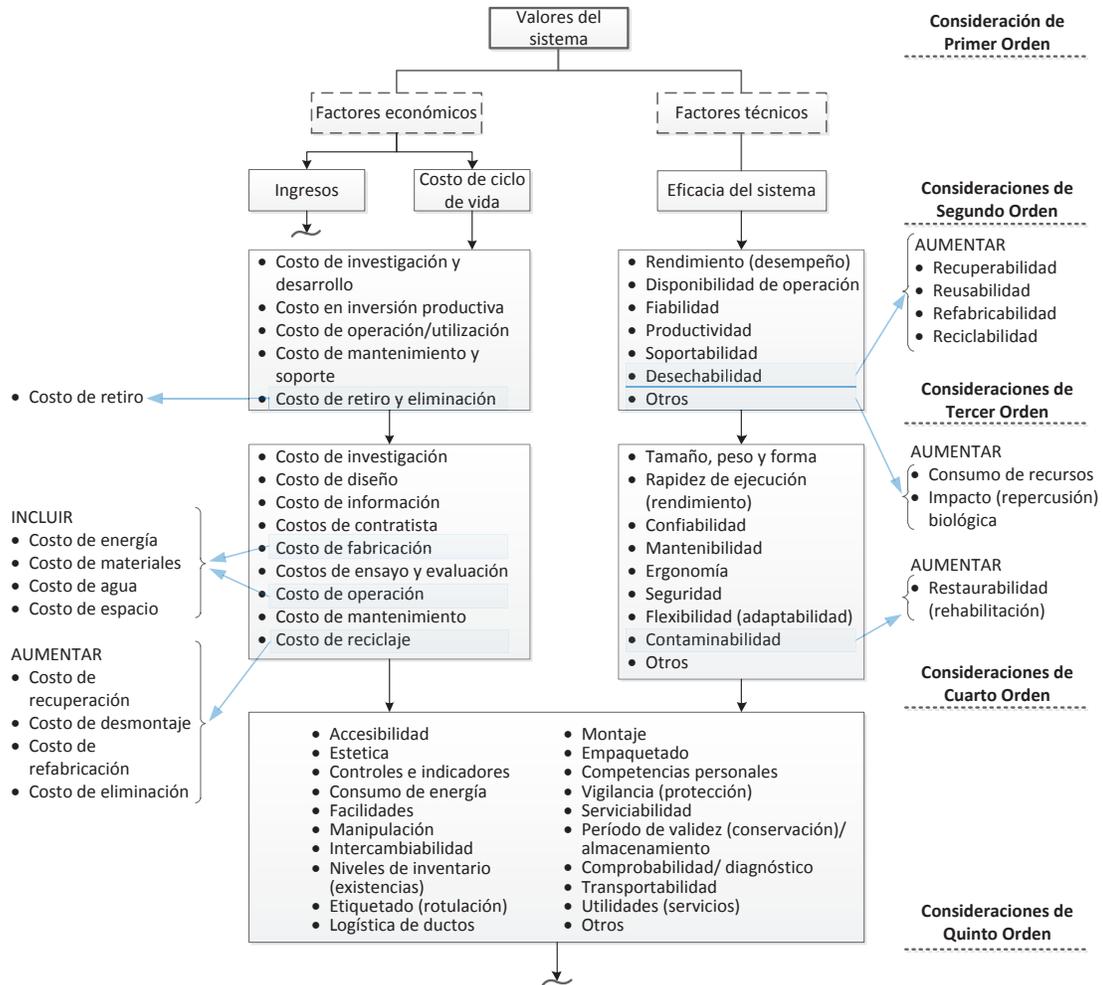


Figura 2.3. Jerarquía de las consideraciones de diseño.
(Stasinopoulos, Smith, Hargroves, & Desha, 2009).

- 7) Documentar las diferentes alternativas de diseño y la selección de la solución final.
- 8) Definir con el área Civil y Estructural la mejor solución y dimensionamiento para los cobertizos (si se requieren) de equipos.
- 9) Desarrollar el modelo 3D del típico.
- 10) Desarrollar documentos entregables y estandarizables, tales como: modelo 3D, plot plan, piping layouts, estándar de soportes, planos isométricos y MTO.

Disponibilidad (serviciabilidad)

Es la capacidad de diagnosticar, remover (eliminar), reemplazar (sustituir), reponer, ajustar o reparar cualquier componente o subsistema según la especificación (requisito) óptimo y con relativa facilidad.

Las directrices de la serviciabilidad tienden a ser cualitativos y muy específico para cada industria. En consecuencia, algunos lineamientos generales existen, sin embargo, aquellos que son muy evidentes se enumeran a continuación.

Tabla 2.1. Directrices y justificaciones de un sistema diseñado para la serviciabilidad.

Directriz	Comentario y justificación
Minimizar el número de capas (niveles) de componentes.	Esto reduce el número máximo de componentes que deben ser retirados para obtener acceso a una parte específica.
Hacer que los componentes que son más propensos a fallar o requieren mantenimiento estén cerca de una superficie libre.	Esto reduce el costo de las operaciones más frecuentes.
Desarrollar una estructura modular de un servicio.	Subconjuntos enteros pueden ser retirados y reemplazados con relativa facilidad.
Minimizar la variedad de componentes, variedad de secciones de tubería (spools) y elementos de fijación utilizados.	Un conjunto completo debería ser montado con un mínimo número de componentes estándar.

(Elaboración propia)

Confiabilidad

Es la capacidad de un artículo (producto, sistema, etc.) para operar en determinadas condiciones de funcionamiento por un período de tiempo o número de ciclos designados¹⁰.

Realizar un diseño para la confiabilidad implica conocer muy bien el sistema completo del servicio de tubería. Aunque se puede generalizar.

Tabla 2.2. Directrices y justificaciones de un sistema diseñado para la confiabilidad.

Directriz	Comentario y Justificación
Evitar corrosión	Evitar la corrosión es muy importante, no sólo por el deterioro de la tubería, además, porque el fluido puede arrastrar material corroído a los equipos y dañarlos. Por ejemplo, debe evitarse la corrosión entre soporte, perno en U y tubería.
Orientar y ubicar correctamente los componentes de tubería	Por ejemplo, se debe verificar orientación y ubicación de válvulas, filtros, reducciones, etc.
Dejar espacio necesario para bandejas de cables eléctricos y de instrumentación	Los componentes eléctricos y de instrumentación son parte importante para la confiabilidad. Se debe asegurar espacio necesario y sin restricciones.

¹⁰ Información basada en el documento: http://www.barringer1.com/mil_files/AMSAA-Design-For-Reliability-Handbook.pdf

Directriz	Comentario y Justificación
Evitar pérdidas de carga en tubería	Principalmente en las succiones de sistemas de bombeo, ya que reducirá la carga dinámica total. Esto se da principalmente al rutear líneas de larga longitud, a veces dando mucha flexibilidad no necesaria.

(Elaboración propia)

Seguridad

Seguridad en el diseño es un proceso definido como la integración temprana de métodos de identificación de peligros y evaluación de riesgos, en el proceso de diseño, para eliminar o minimizar los riesgos de lesiones a lo largo de la vida del producto que está siendo diseñado¹¹. Abarca todo el diseño de las instalaciones, incluyendo hardware, sistemas, equipos, productos, herramientas, materiales, control de energía, diseño y configuración.

Tabla 2.3. Directrices y justificaciones de un sistema diseñado para la seguridad.

Directriz	Comentario y Justificación
Soportar la tubería correctamente	Seleccionar bien las luces entre soportes (span) y los soportes en sí. Evitará fallos cuyas consecuencias dependerá del fluido y de sus alrededores.
Brindar la flexibilidad necesaria a la tubería	Permitirá la expansión y/o hundimiento de la tubería.
Usar los componentes mínimos recomendados por las normas	Esto casi está garantizado por quienes diseñan procesos, pero no está demás verificar.

(Elaboración propia)

Fabricabilidad

Es la técnica general de ingeniería de diseño de productos de tal manera que sean fáciles de fabricar. Esta práctica de diseño no sólo se centra en el aspecto del diseño de una parte, también en la productividad.

Tabla 2.4. Directrices y justificaciones de un sistema diseñado para la fabricabilidad.

Directriz	Comentario y Justificación
Minimizar el número total de componentes	Menos componentes significan menos de todo; tiempo de diseño, materiales, inventario, gasto, dificultad de ensamble, manipulación, etc. En general, se reduce el nivel de intensidad de todas las actividades relacionadas al producto durante su vida entera.
Desarrollar un diseño modular	Simplifica las actividades de fabricación, tales como inspección, pruebas, ensamble, compras, resistente a la obsolescencia, cortos ciclos de rediseño, mantenimiento, servicio, etc.; los nuevos modelos utilizan

¹¹ Información basada en el documento: http://www.safeworkaustralia.gov.au/sites/SWA/about/Publications/Documents/154/GuidanceOnThePrinciplesOfSafeDesign_2006_PDF.pdf

Directriz	Comentario y Justificación
	módulos de los modelos anteriores. Serviciabilidad: sustitución de módulos en campo y diagnóstico detallado y mantenimiento en la base.
Garantizar el acceso adecuado y la visión de componentes sin restricciones	Si la visión o acceso está restringido, las tareas más simples pueden llegar a ser lentas y frustrantes.
Diseñar secciones de tubería (spools) iguales cuando sea posible	Esto permitirá la intercambiabilidad de spools, la prefabricabilidad facilitará en trabajo y los retrasos en producción y reducirá los costos de mano de obra y equipos en sitio (campo), menor dependencia de la disponibilidad de energía, se obtendrán mejores acabados si se fabrican en taller.
Minimizar la manipulación	La manipulación consiste en el posicionamiento, orientación y fijación de una pieza o componente. Para facilitar la orientación, se debe utilizar componentes simétricos siempre que sea posible. Si no es posible, entonces la asimetría se debe exagerar para evitar fallas.

(Elaboración propia)

2.2 Estándar del diseño de un sistema de bombeo de agua para protección contra incendio

Para elaborar este estándar se escogió como ejemplo el sistema contra incendios a base de agua, ya que es un sistema muy usado y además es tiene una importancia muy elevada. Su importancia se basa en que el mismo protege a toda una planta industrial de un posible incendio, esto es, protege tanto a los seres vivos como a los bienes materiales de una planta industrial. Un sistema contra incendios normalmente no debe estar activado por un incendio, ya que este se debe evitar, pero sí está periódicamente en operación, ya que se debe probar que funcione correctamente, según lo diseñado. Un sistema contra incendio a base de agua se compone de un tanque y un sistema de bombeo de agua. El objeto de probar el conjunto de la bomba es asegurar la operación automática o manual a demanda y el rendimiento de la salida requerida del sistema. Un propósito adicional es detectar deficiencias del conjunto de la bomba no evidentes en la inspección.

Generalidades de un sistema de protección contra incendios

Para diseñar un sistema contra incendios a base de agua se deben seguir los siguientes criterios:

- ◆ El sistema de protección contra incendios debe diseñarse en base al escenario de incendio único.
- ◆ La instalación a proteger debe dividirse en zonas.
- ◆ Se debe seleccionar el tipo de sistema de protección contra incendios.

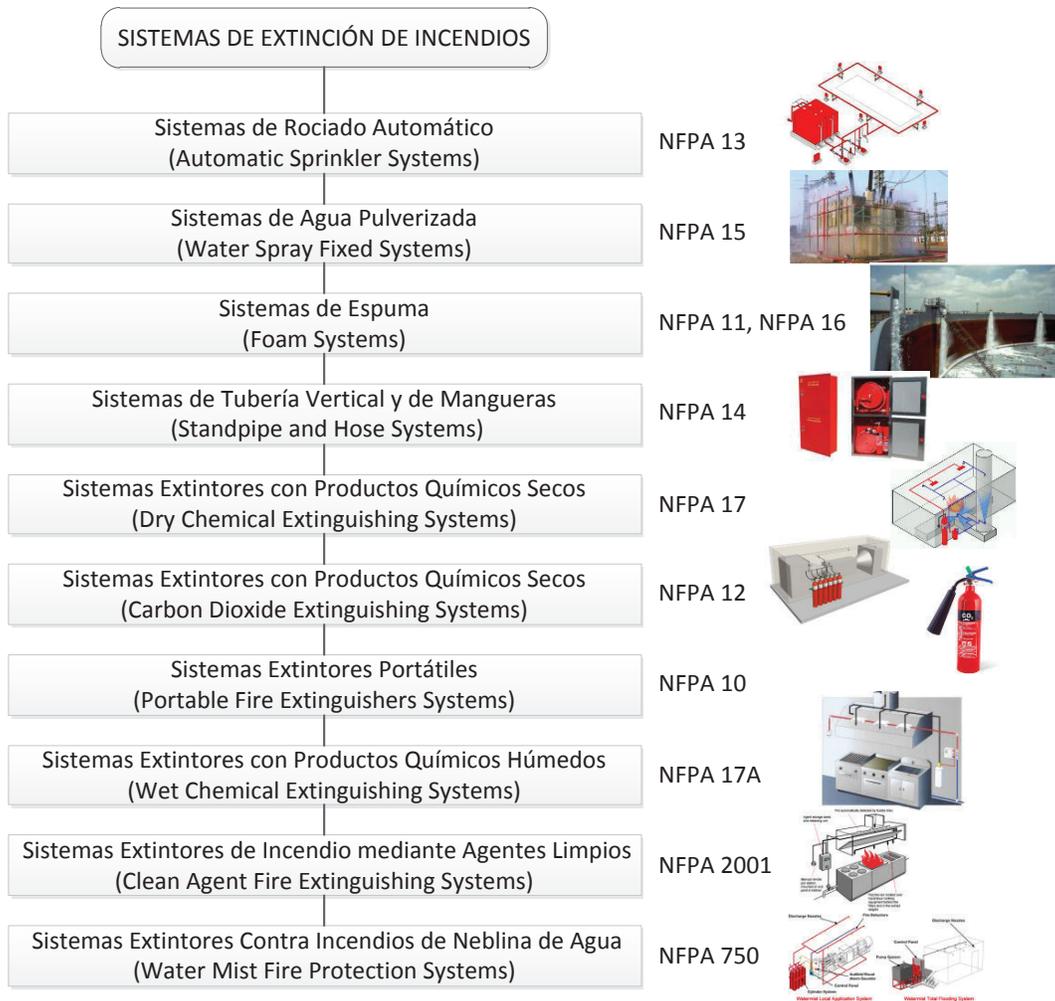


Figura 2.4. Sistemas más conocidos de extinción contra incendios.

(Elaboración propia)

- ◆ El caudal de aplicación y el tiempo de descarga del agua contra incendio deben referirse a las normas NFPA.
- ◆ Se debe calcular la demanda de agua contra incendios para la instalación.
- ◆ Del mismo modo, si se requiere, se debe calcular el agua requerida para el sistema de espuma.
- ◆ La instalación con la mayor demanda de agua se considera crítica y basándose en esta se debe determinar el tanque de almacenamiento de agua contra incendios y la capacidad del sistema de bombeo.

Los componentes de un sistema de protección contra incendios son los siguientes:

- ◆ Tanques de agua contra incendios: los tanques de almacenamiento sobre piso deben satisfacer una contingencia de dos horas.
- ◆ Bombas de agua contra incendios

- ◆ Redes de hidrantes
- ◆ Sistema de rociado de agua o de aspersión de agua
- ◆ Sistema de espuma contra incendio

Selección de alternativas

Los criterios de valoración más determinantes, sin orden de importancia, son los siguientes:

1. **Tamaño:** se refiere a lo compacto o no de un diseño.
2. **Precio:** aunque el precio involucra algunos aspectos y escenarios, se trata de describir el diseño que, por su geometría y componentes, determine el precio más económico. Se preferirá la alternativa que tenga el menor costo de ciclo de vida.
3. **Accesibilidad:** se refiere a la propiedad de un sistema que permita su uso con eficiencia, eficacia, ergonomía y satisfacción. Se preferirá la alternativa que facilite el acceso a los distintos equipos y componentes de tubería, verificando que existan espacios de ingreso y salida sin restricciones (obstáculos o barreras), así como la fácil visibilidad de sus componentes para realizar pruebas, mantenimiento y operación.
4. **Mantenibilidad:** se trata de la propiedad de un sistema que representa la cantidad de esfuerzo requerida para conservar su funcionamiento normal o para restituirlo una vez se ha presentado un evento de falla. Se dirá que un sistema es "altamente mantenible" cuando el esfuerzo asociado a la restitución sea bajo. Sistemas poco mantenibles o de "baja mantenibilidad" requieren de grandes esfuerzos para sostenerse o restituirse. Este concepto se relaciona con la soportabilidad y la serviciabilidad. El diseño elegido deberá brindar: facilidad de limpieza (higiene), facilidad de montaje y desmontaje de componentes, facilidad de inspección y rotulación, reducción de ubicación de componentes por niveles (capas).
5. **Seguridad y robustez de diseño:** Un diseño robusto se refiere a que funcione correctamente (de manera consistente) aunque existan factores de distorsión (díficiles de controlar). Se tomarán en cuenta los siguientes factores: flexibilidad, confiabilidad operacional, NPSH, integridad de la bomba y tanque de almacenamiento, tendencia a la cavitación; en fin, criterios que harán que un diseño sea más seguro. Se preferirá la alternativa que disponga los componentes de tubería y equipos de forma segura y que cumpla con un adecuado análisis de esfuerzos.

6. Versatilidad: Tiene una similitud al concepto de escalabilidad, muy manejado en diseño de software, también guarda similitud con los conceptos de flexibilidad o adaptabilidad. Se busca la alternativa que favorezca realizar modificaciones cuando varía los diámetros de algunos tramos, se aumenten bombas, se cambien las especificaciones; esto es, cuando haya estrechamiento o extensión en el diseño conceptual y básico.
7. Estética: Todo diseño debe ser agradable a la vista. Al igual que en arquitectura, el criterio de estética influye indirectamente en la motivación y atención para la construcción, pruebas y operatividad. Se preferirá la alternativa de diseño que cumpla con la forma más estética, esto es: simetría, uniformidad, simplicidad, balance, proporción, coherencia estructural, regularidad, armonía.
8. Fabricabilidad (manufacturabilidad): Se busca un diseño que facilite la fabricación y montaje. Se elegirá la alternativa que simplifique las instrucciones de ensamble, reduzca la complejidad (conexiones: ocultas, desordenadas, inextricables, enredadas), reduzca las uniones entre componentes y minimice las direcciones de ensamble
9. Confiabilidad: Se busca un diseño que permita una respuesta correcta de los equipos y componentes principales del sistema contra incendio.

Alternativa A: sistema de bombeo compacto

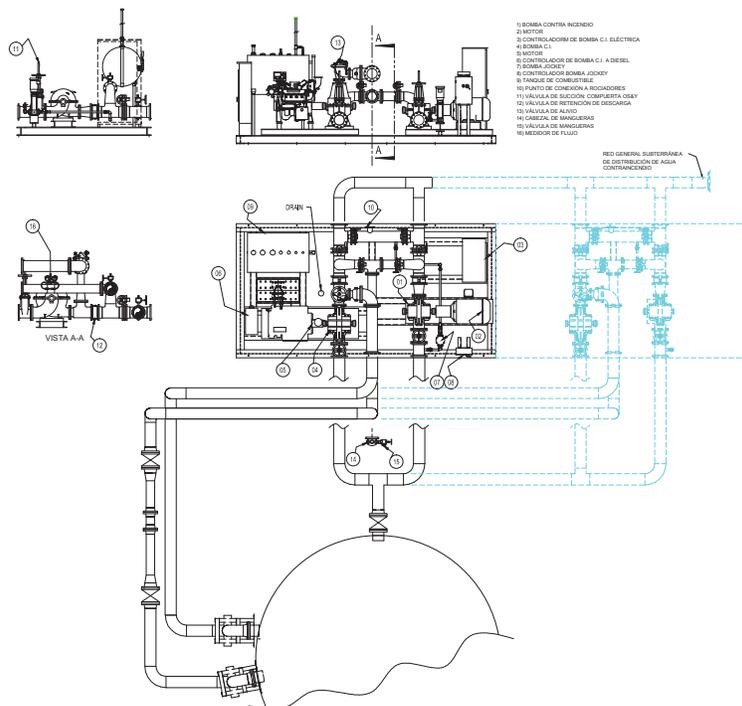


Figura 2.5. Arreglo típico del sistema de bombeo para la alternativa A.

(Elaboración propia)

En la Figura 2.5 se representa en línea segmentada de color celeste cómo se realizaría la ampliación del sistema de bombeo de agua contra incendio para esta alternativa, en caso de requerirse mayor caudal de bombeo.

Ventajas de la alternativa A:

- ◆ Su tamaño es compacto, esta es una gran ventaja por sí sola. Es el diseño conocido más compacto posible.
- ◆ La cantidad de accesorios y tubería usados en esta alternativa es mínima, lo cual reduce los costos de material y también se reduce el nivel de intensidad de todas las actividades relacionadas a esta alternativa en cuanto a documentación.
- ◆ Las líneas de descarga de las bombas pueden ser exactamente iguales (dependiendo del cálculo y cantidad de las bombas), por lo que al fabricarles en secciones (spools) pueden ser intercambiables, reduciendo la familia de secciones de tubería y facilitando el montaje.
- ◆ El diseño guarda un poco de simetría, uniformidad, simplicidad, por lo que es estético.

Desventajas de la alternativa A:

- ◆ Dificil accesibilidad, la visión y/o acceso a algunos componentes está restringido, las tareas de operación y mantenimiento serán lentas y frustrantes.
- ◆ Al necesitarse más bombas, se dificulta realizar cambios en el diseño, reduciendo su versatilidad, y se pierde la gran ventaja de ser compacto.
- ◆ Las conexiones a la bomba de presurización son complejas, ocultas (se ocultan parcialmente por la bomba eléctrica), enredadas e inextricables; esto dificulta la fabricación.
- ◆ Las líneas de succión de las bombas no son exactamente iguales, por lo que no pueden ser intercambiables y dificultando la construcción.
- ◆ Poco espacio para rutear líneas de drenaje y detección de taponamiento de colador en Y, reduce la confiabilidad del sistema, ya que permitiría deterioro de la bomba.
- ◆ Poco espacio para rutear cables de electricidad e instrumentación.
- ◆ Las cargas de vibración causadas por las bombas se transmiten a los cabezales de succión y descarga, lo que hace suponer un diseño menos seguro.

Alternativa B: sistema de bombeo con cabezal de succión a un lado y cabezales de salida a otro lado de bombas

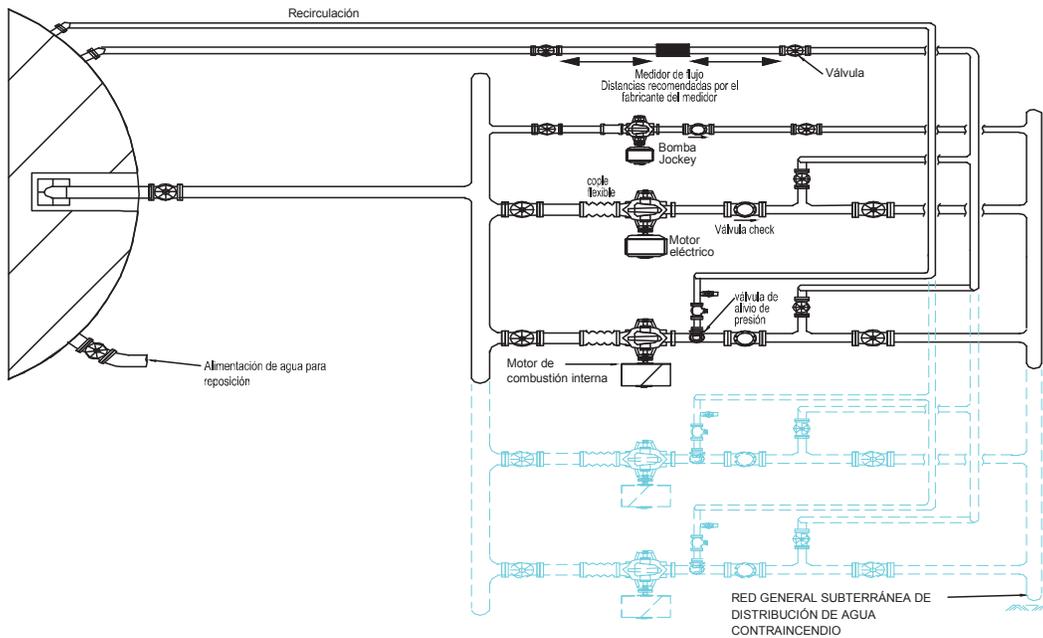


Figura 2.6. Arreglo típico del sistema de bombeo para la alternativa B.

(Elaboración propia)

En la Figura 2.6 se representa en línea segmentada de color celeste cómo se realizaría la ampliación del sistema de bombeo de agua contra incendio para esta alternativa, en caso de requerirse mayor caudal de bombeo. Se observa que se tiene orden, pero la accesibilidad a equipos y válvulas es difícil. Además, se aprecia que el sistema necesita de coples flexibles, los cuales no son de preferencia porque llegarán a tener fugas a futuro.

Ventajas de la alternativa B:

- ◆ Fácil visibilidad de sus componentes, esto es un punto a favor en términos de serviciabilidad.
- ◆ Diseño versátil, ya que supone tener un cabezal de entrada a un lado del cuarto de bombas y otros cabezales de salida al otro lado del cuarto.
- ◆ Diseño que guarda balance, coherencia estructural, proporción, diseño matricial, lo cual le hace estético.
- ◆ Se tienen secciones de tubería (spools) que son normalmente iguales (dependiendo del tamaño de las líneas de succión y descarga de las bombas) y que además tienen un patrón lineal de repetitividad, lo cual facilita su intercambiabilidad al momento del montaje.

Desventajas de la alternativa B:

- ◆ Difícil accesibilidad, no existen espacios de ingreso y salida a equipos y el acceso a algunos componentes está restringido, las tareas de operación y mantenimiento serán lentas y frustrantes.
- ◆ Tamaño grande, tiene mucho espacio ocupado.
- ◆ No hay espacio adecuado para rutas de cables de electricidad e instrumentación, lo que le reduce la confiabilidad.

Alternativa C: sistema de bombeo con cabezales de succión y salida a un solo lado de las bombas

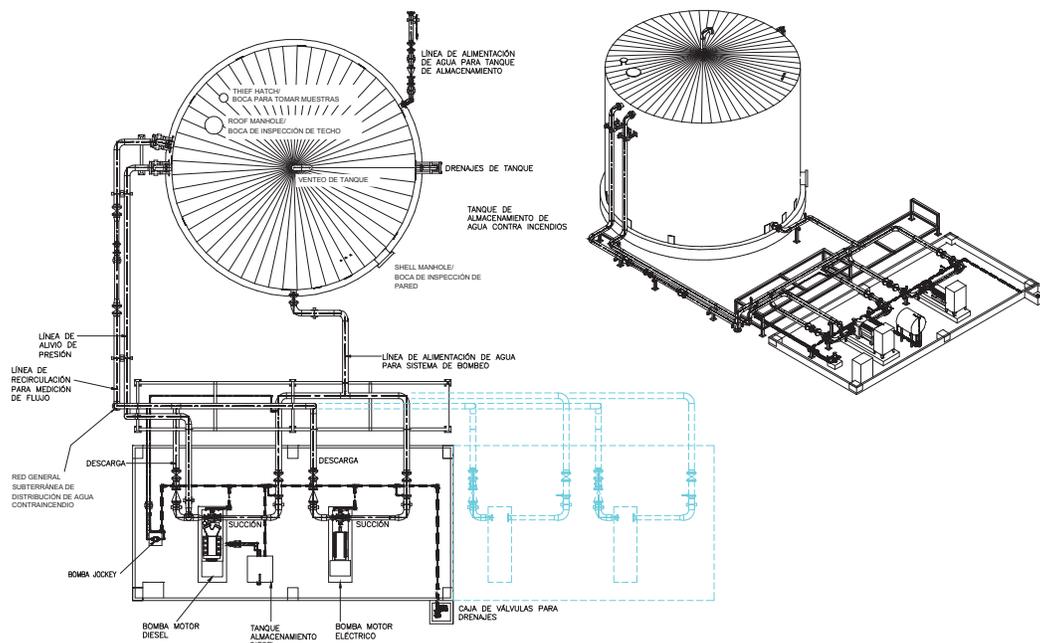


Figura 2.7. Arreglo típico del sistema de bombeo para la alternativa C.

(Elaboración propia)

En la Figura 2.7 se representa en línea segmentada de color celeste cómo se realizaría la ampliación del sistema de bombeo de agua contra incendio para esta alternativa, en caso de requerirse mayor caudal de bombeo.

Ventajas de la alternativa C:

- ◆ Fácil visibilidad y accesibilidad de sus componentes, hay espacio suficiente para rotulación, esto es un gran punto a favor en términos de serviciabilidad.
- ◆ Tiene una conexión a drenajes tipo embudo (funnel), lo cual permite visualizar el estado del agua contra incendios y también brinda una facilidad de limpieza.

- ◆ Se considera en el diseño drenajes enterrados, facilitando la accesibilidad, ya que esta línea no será un obstáculo para la libre circulación.
- ◆ Los componentes (válvulas y accesorios) se encuentran fácilmente visibles y ergonómicamente operables, facilitando la operatividad y mantenibilidad.
- ◆ Los equipos y componentes principales de operación y mantenimiento se encuentran ubicados en un cuarto; mientras que los cabezales de succión y salida (descarga, alivio, descarga y medición) se encuentran fuera del cuarto. Esto facilita el cambio en el diseño (diámetros de tuberías, más bombas, extensión de cabezales), siendo un punto a favor para la versatilidad.
- ◆ Los soportes de tubería son de lo más sencillo posible y cuidadosamente seleccionados y ubicados (cumpliendo un adecuado análisis de esfuerzos), y su flexibilidad permite soportar el hundimiento del tanque de almacenamiento de agua contra incendios y cargas de viento.
- ◆ Se tienen secciones de tubería (spools) que son normalmente iguales (dependiendo del tamaño de las líneas de succión y descarga de las bombas) y que además tienen un patrón lineal de repetitividad, lo cual facilita su intercambiabilidad al momento del montaje.

Desventajas de la alternativa C:

- ◆ Tamaño grande, además tiene mucho espacio libre (sin usar). Esto hace suponer un costo inicial de fabricación relativamente alto.
- ◆ El medidor de flujo y sus válvulas de apertura y cierre se encuentra al aire libre, lo que lo arriesga a sufrir deterioro exterior.

Evaluación de las alternativas de diseño

Se realiza la evaluación de los criterios considerados mediante el Método Ordinal corregido de criterios ponderados (Riba i Romeva, 2002).

Tabla 2.5. Evaluación del peso específico de cada criterio de selección.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Criterio	tamaño	precio	accesibilidad	mantenibilidad	seguridad	versatilidad	estética	fabricabilidad	confiabilidad	Σ+1	Ponderación
1	tamaño	0	0,5	1	0	0,5	0,5	0,5	0	4,0	0,205
2	precio	1	1	1	0,5	1	1	1	0	7,5	0,385
3	accesibilidad	0,5	0	0,5	0	0,5	0,5	0,5	0,5	4,0	0,205
4	mantenibilidad	0	0	0,5	0	1	0,5	0,5	0,5	4,0	0,205
5	seguridad	1	0,5	1	1	1	1	0,5	0,5	7,5	0,385
6	versatilidad	0,5	0	0,5	0	0	1	0	0	3,0	0,154
7	estética	0,5	0	0,5	0,5	0	0	0,5	0	3,0	0,154
8	fabricabilidad	0,5	0	0,5	0,5	0,5	1		0,5	4,5	0,231
9	confiabilidad	1	1	0,5	0,5	0,5	1	1	0,5	7,0	0,359
									suma	19,5	1

(Elaboración propia)

Tabla 2.6. Evaluación del peso específico del criterio tamaño.

Criterio	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa A		1	1	3	0,500
Alternativa B	0		0,5	1,5	0,250
Alternativa C	0	0,5		1,5	0,250
			suma	6	1,000

(Elaboración propia)

Tabla 2.7. Evaluación del peso específico del criterio precio.

Criterio	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa A		1	1	3	0,500
Alternativa B	0		0	1	0,167
Alternativa C	0	1		2	0,333
			suma	6	1,000

(Elaboración propia)

Tabla 2.8. Evaluación del peso específico del criterio accesibilidad.

Criterio	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa A		0,5	0	1,5	0,250
Alternativa B	0,5		0	1,5	0,250
Alternativa C	1	1		3	0,500
			suma	6	1,000

(Elaboración propia)

Tabla 2.9. Evaluación del peso específico del criterio mantenibilidad.

Criterio	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa A		0,5	0	1,5	0,250
Alternativa B	0,5		0,5	2	0,333
Alternativa C	1	0,5		2,5	0,417
			suma	6	1,000

(Elaboración propia)

Tabla 2.10. Evaluación del peso específico del criterio seguridad.

Criterio	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa A		0,5	0	1,5	0,250
Alternativa B	0,5		0,5	2	0,333
Alternativa C	1	0,5		2,5	0,417
			suma	6	1,000

(Elaboración propia)

Tabla 2.11. Evaluación del peso específico del criterio versatilidad.

Criterio	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa A		0	0	1	0,167
Alternativa B	1		0	2	0,333
Alternativa C	1	1		3	0,500
			suma	6	1,000

(Elaboración propia)

Tabla 2.12. Evaluación del peso específico del criterio estética.

Criterio	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa A		0,5	0	1,5	0,250
Alternativa B	0,5		0	1,5	0,250
Alternativa C	1	1		3	0,500
			suma	6	1,000

(Elaboración propia)

Tabla 2.13. Evaluación del peso específico del criterio fabricabilidad.

Criterio	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa A		0,5	0	1,5	0,250
Alternativa B	0,5		0	1,5	0,250
Alternativa C	1	1		3	0,500
			suma	6	1,000

(Elaboración propia)

Tabla 2.14. Evaluación del peso específico del criterio confiabilidad.

Criterio	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa A		1	0	2	0,333
Alternativa B	0		0	1	0,167
Alternativa C	1	1		3	0,500
			suma	6	1,000

(Elaboración propia)

Analizando las evaluaciones específicas, se tiene la siguiente tabla de conclusiones:

Tabla 2.15. Tabla de conclusiones.

Conclusión	tamaño	precio	accesibilidad	mantenibilidad	seguridad	versatilidad	estética	fabricabilidad	confiabilidad	Σ	prioridad
Alternativa A	0,500 · 0,205	0,500 · 0,385	0,250 · 0,205	0,250 · 0,205	0,250 · 0,385	0,167 · 0,154	0,250 · 0,154	0,250 · 0,231	0,333 · 0,359	0,6923	2
Alternativa B	0,250 · 0,205	0,167 · 0,385	0,250 · 0,205	0,333 · 0,205	0,333 · 0,385	0,333 · 0,154	0,250 · 0,154	0,250 · 0,231	0,167 · 0,359	0,5491	3
Alternativa C	0,250 · 0,205	0,333 · 0,385	0,500 · 0,205	0,417 · 0,205	0,417 · 0,385	0,500 · 0,154	0,500 · 0,154	0,500 · 0,231	0,500 · 0,359	0,9124	1

(Elaboración propia)

Por lo que se concluye que la mejor alternativa es la C, sistema de bombeo con cabezales de succión y salida a un solo lado de las bombas.

Diagramas de cálculo para el dimensionamiento del sistema de bombeo

Todo sistema de bombeo requiere de ser verificado hidráulicamente, pero esta labor la realiza el área de Procesos. Esto es, el área de Procesos suministra al área de Tubería el listado de líneas (ver documento I265-R500-001), en el que se puede apreciar los diámetros, temperaturas y presiones a las que está sometido la tubería.

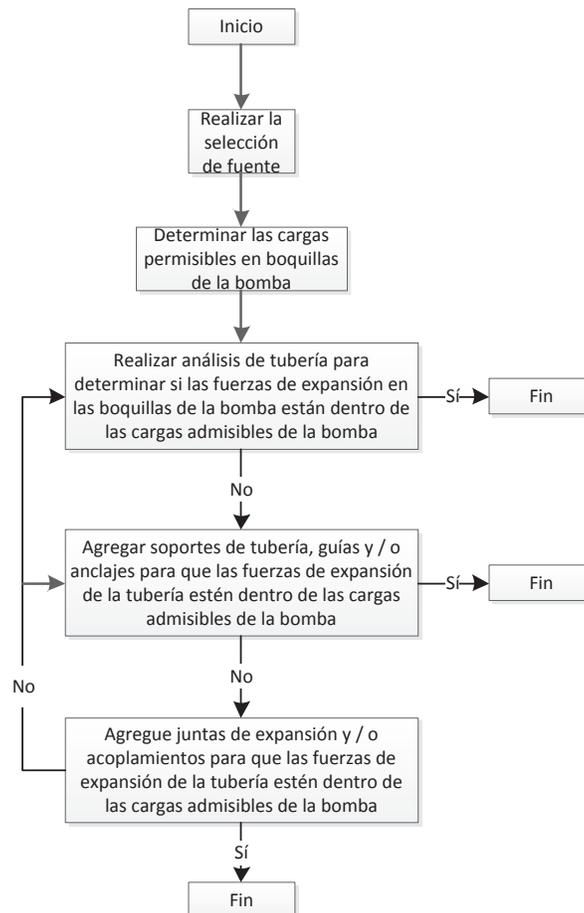


Figura 2.8. Diagrama de flujo para seleccionar una bomba, consideraciones mecánicas.

(SANTOS CMI)

La Figura 2.8 y la Figura 2.9 se muestran únicamente por contribuir con la formación del personal del área de Tubería, en ellas se resume el procedimiento de selección de las bombas.

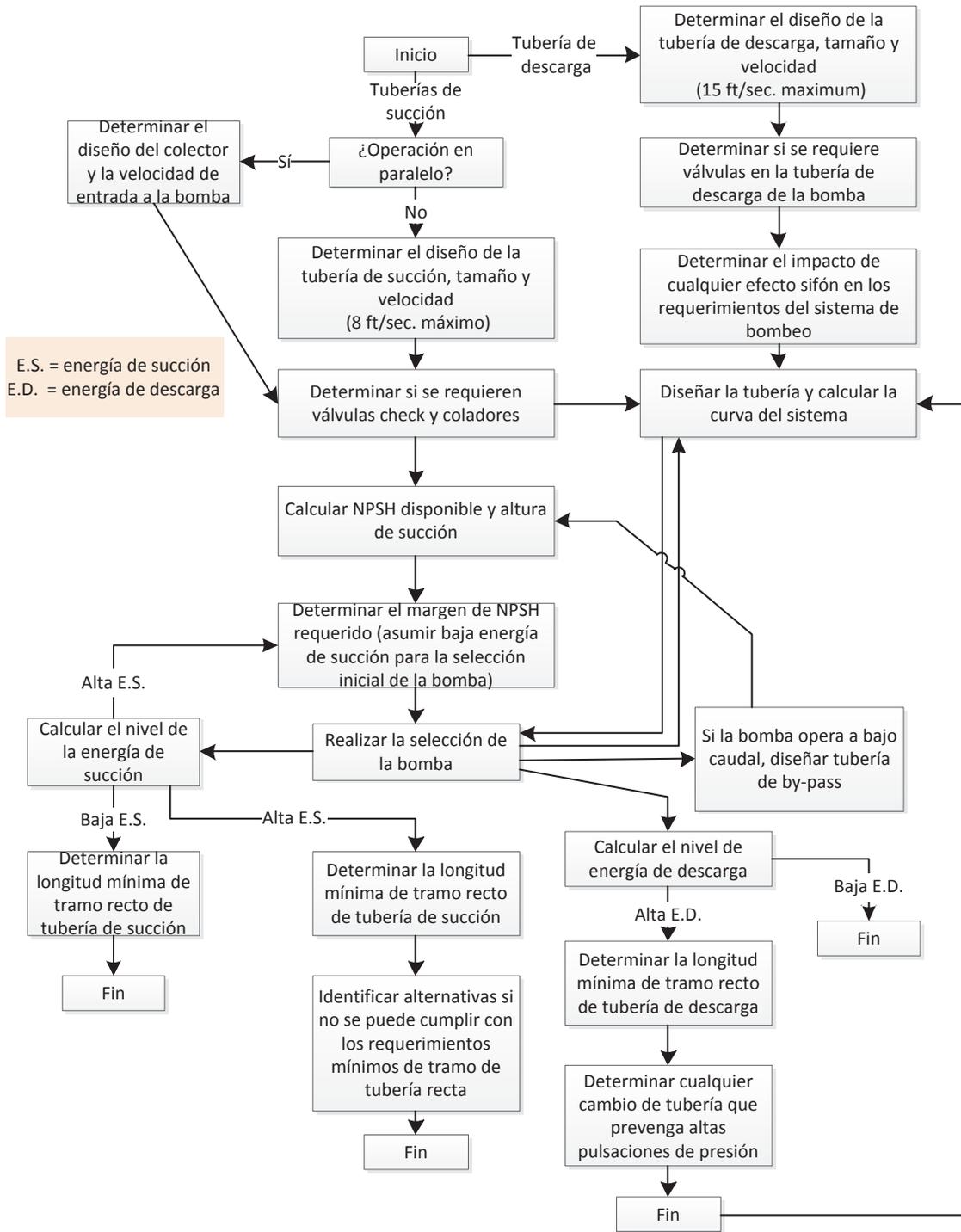


Figura 2.9. Diagrama de flujo para seleccionar una bomba, consideraciones hidráulicas. (SANTOS CMI)

El uso de los diagramas mostrados anteriormente se puede aplicar a cualquier arreglo de sistema de bombeo de agua.

Un diámetro de tubería que sea demasiado pequeño aumenta la velocidad del fluido, lo cual tiene muchos efectos perjudiciales. En las líneas de succión, conduce a la cavitación que subalimenta y deteriora a las bombas. En las líneas de presión, se provocan excesivas pérdidas por fricción y turbulencia, resultando en caídas de presión y generación de calor. Mucho calor, a su vez, acelera el desgaste de las piezas móviles y envejece sellos y mangueras. Los resultados finales son una duración más corta de los componentes y energía desperdiciada y, por lo tanto, presenta bajos niveles de eficiencia.

Por otro lado, un diámetro de tubería que sea demasiado grande aumenta innecesariamente los costos. También puede consumir valioso espacio que hace más difícil de encajar tubería en espacios reducidos y restringe a los ingenieros la distribución de equipos y componentes adyacentes. Un diámetro de tubería muy grande puede ser simplemente muy difícil de instalar y requiere mucho tiempo para instalar. También pesa más de lo necesario, y afecta al consumo de combustible en equipos móviles. Ajustar tubería para una aplicación consiste en seleccionar el material adecuado y determinar unos óptimos diámetro exterior y espesor de pared.

En las líneas de succión, se seleccionará el diámetro de tubería de acuerdo al criterio de velocidad recomendada.

En las líneas sometidas a presión y en la línea para prueba de flujo de agua (según NFPA 20-2010 párr. 4.20.2.6), se seleccionará el diámetro de tubería de acuerdo a los criterios de caída de presión por fricción recomendada y velocidad recomendada.

Verificación de flexibilidad en tubería

Para verificar la flexibilidad en tubería se debe partir de los diagramas mostrados en la Figura 1.15 y en la Figura 1.16. Para el caso de equipos rotativos, se usa la Figura 1.15, en la cual se aprecia que para temperatura ambiente y para un diámetro de tubería de 8" NPS solamente se requiere de un análisis o juzgamiento visual. Visualmente se verificaron los tramos entre soportes adyacentes para determinar que las tuberías presentan flexibilidad sin mucha deflexión, esto puede observarse en las tablas y figuras dadas a continuación: Tabla II.1, Figura II.12 y Figura II.13, ver ANEXO II.

En los sistemas de tubería que requieran de un análisis en computadora o análisis manual detallado se usarán criterios más desarrollados, como se puede apreciar en la Figura 2.11. Los estudios de análisis de flexibilidad calculan con exactitud el esfuerzo

interno de la tubería, y las fuerzas y momentos que genera el sistema hacia la estructura que soporta la tubería y los equipos.

Las tensiones internas de la tubería son comparadas contra los esfuerzos máximos admisibles del material del tubo. Las fuerzas y los momentos generados por el sistema y que son transmitidos a los equipos y estructura soportante, son comparados contra los valores de norma que rigen los equipos y lo permitido por las estructuras.

En la siguiente figura se resumen los criterios tomados en cuenta para la realización de la colocación de soportes.

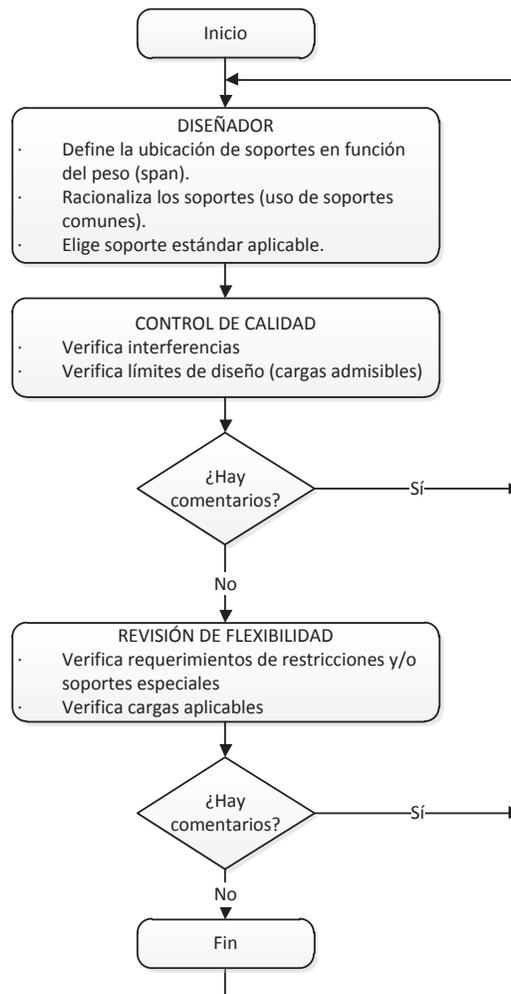


Figura 2.10. Diagrama de flujo del proceso de selección y diseño de soportes.

(SANTOS CMI)

El diagrama de la Figura 2.11 es para sistemas de tubería más complejos, donde haya unos valores considerables de presión, temperatura y/o vibraciones. Para la realización de este estudio técnico solamente se consideró el peso muerto de las

tuberías para la colocación de soportes. En sistemas más complejos, es necesario inclusive simular el sistema de tubería en software de computadora.

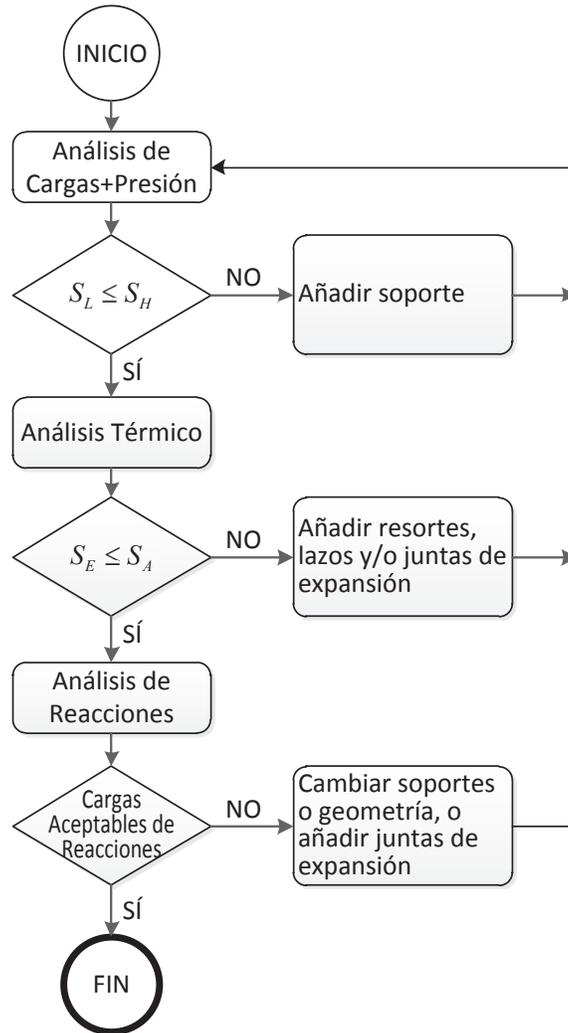


Figura 2.11. Proceso de Análisis de Flexibilidad en Tubería¹².

(Elaboración propia)

Los expertos recomiendan¹³ no realizar un análisis de flexibilidad (Pipe Stress Analysis) cuando el sistema sea:

- ◆ Gemelo a otro que esté trabajando (diámetro, geometría, temperatura, material)
- ◆ Semejante a otro de mayor diámetro, que esté trabajando
- ◆ Con temperatura ambiente
- ◆ De tubería enterrada

¹² Este diagrama se basa en el código ASME B31.3-2014, párrafo 302.3.5. En el mismo se dice que S_L es el esfuerzo debido a cargas sostenidas, S_H es el esfuerzo básico permisible, S_A es el intervalo de esfuerzo permitido por desplazamiento, S_E es el intervalo de esfuerzo permitido por cálculo.

¹³ Tomado de: <http://flexilatina.com/analisis-de-flexibilidad-de-tuberias-pipe-stress-analysis/>

- ◆ Con diámetro menor o igual a 2 1/2"

Asimismo, se recomienda realizar un análisis de flexibilidad (Pipe Stress Analysis) en sistemas:

- ◆ Con condiciones de operación severas.
- ◆ De alto de riesgo (temperatura > 300 °C) o fluidos peligrosos que puedan causar serios daños.
- ◆ Que tengan equipos sensibles y requieren estudios que permiten a los fabricantes liberar con garantía sus equipos.
- ◆ Que haya máximo interés en economía por tener material especial.
- ◆ Excesivamente rígidos por tener diámetros o espesores de pared grandes.
- ◆ Que deben ser ubicados en instalaciones existentes con restricciones de espacio.

Dimensionamiento de soportes de tubería

Una vez verificado la ubicación adecuada de cada soporte de tubería, mostrado en la Figura 2.10, siguiendo el criterio de flexibilidad, se calcula aproximadamente el peso muerto de la tubería, para luego proceder a seleccionar los tipos de soportes, según el estándar típico de soportes de tubería (ver documento I265-P600-001).

Tabla 2.16. Detalle de peso muerto que soporta cada soporte de tubería.

Soporte	Tramo de tubería a soportar	Carga en soporte [kg]	Carga en soporte [kN]
PS-001	T1 + 1/2 * T2	411,26	4,03
PS-002	1/2 * T5 + T6	426,80	4,19
PS-003	T7 + 1/2 * T8	359,65	3,53
PS-004	1/2 * T10 + T11	426,80	4,19
PS-005	1/2 * T16 + 1/2 * T22	246,73	2,42
PS-006	1/2 * T16 + 1/2 * T17	409,67	4,02
PS-007	1/2 * T13 + T14 + T20 + 1/2 * T21	64,09	0,63
PS-008	T38 + T39 + 1/2 * T40	16,57	0,16
PS-009	1/2 * T40 + T41 + T42	11,16	0,11
PS-010	1/2 * T24 + 1/2 * T25 + 1/2 * T27	757,98	7,44
PS-011	1/2 * T25 + 1/2 * T26	379,33	3,72
PS-012	1/2 * T26 + 1/2 * T27 + 1/2 * T28	597,67	5,86
PS-013	1/2 * T28 + 1/2 * T29 + 1/2 * T30	679,64	6,67
PS-014	1/2 * T30 + T32	369,10	3,62
PS-015	1/2 * T29 + T31	372,75	3,66
PS-016	T33 + T34	436,07	4,28
PS-017	T35 + 1/2 * T36	189,08	1,85
PS-018	1/2 * T36 + 1/2 * T37	187,00	1,83

(Elaboración propia)

Los detalles del cálculo de peso muerto por tramo de tubería se encuentran en la Tabla IV.1. Detalle de cálculo de peso muerto de los varios tramos del sistema de bombeo contra incendio. Para realizar esto, fue necesario sumar el peso de cada componente de tubería y estimar cuánto peso estará soportando cada soporte. Los pesos de cada componente de tubería se detallan desde la Figura III.2 hasta la Figura III.20, también en la Figura III.26, Figura III.27 y Figura III.28.

Luego de haber calculado los pesos muertos, se procede a seleccionar los perfiles estructurales, según el estándar típico de soportes de tubería de SANTOS CMI (ver documento: I265-P600-001). Se debe aclarar que para la selección de los perfiles adecuados se sigue criterios de uniformidad, ya que se debe evitar tener una gran variedad de tipos de perfiles estructurales, lo cual haría tediosa la labor de construcción. Algo a destacar es el uso del listado de soportes de tubería (ver documento I265-P620-001), ya que este contiene en dónde van ubicados las guías de tubería, en este caso, los pernos en U (U bolts). Estos pernos en U ayudan en el proceso de flexibilidad, ya que permiten el movimiento axial de la tubería, únicamente impidiéndole el movimiento radial.

Tabla 2.17. Resultado de selección de perfiles estructurales para soportar tubería.

Soporte	Perfil 1				Perfil 2			Long. total
	Perfil	Long. perfil 1	Cant.	Long. total	Perfil	Long. perfil 2	Cant.	
PS-001	HEB 120	745	1	745	HEB 120	400	1	400
PS-002	IPN 160	301	1	301	IPN 160	400	1	400
PS-003	IPN 160	328	1	328	IPN 160	400	1	400
PS-004	IPN 160	301	1	301	IPN 160	400	1	400
PS-005	HEB 160	1051	1	1051	HEB 160	400	1	400
PS-006	IPN 160	328	1	328	IPN 160	400	1	400
PS-007	IPN 100	361	1	361	IPN 100	300	1	300
PS-008	L 100x100x6	200	1	200	--	-	-	-
PS-009	L 100x100x6	250	1	250	--	-	-	-
PS-010	IPN 160	401	1	401	IPN 160	800	1	800
PS-011	IPN 160	426	1	426	IPN 160	300	1	300
PS-012	IPN 160	401	1	401	IPN 160	800	1	800
PS-013	HEB 140	421,45	2	842,9	UPN 120	1400	1	1400
PS-014	S 5"	900	2	1800	L 3"x3"x1/4"	480	2	960
PS-015	S 5"	900	2	1800	L 3"x3"x1/4"	480	2	960
PS-016	S 5"	1000	2	2000	L 3"x3"x1/4"	430	2	860
PS-017	IPN 120	380	1	380	IPN 120	300	1	300
PS-018	IPN 120	380	1	380	IPN 120	300	1	300

(Elaboración propia, las longitudes están en mm)

En resumen, el modelo típico del sistema de bombeo contra incendios aporta con la cantidad de material de perfil estructural, indicado en la Tabla 2.18.

Tabla 2.18. Perfil estructural necesario para soportar tubería del típico de sistema de bombeo contra incendio.

Perfil	Longitud subtotal (mm)
HEB 120	1145
HEB 140	843
HEB 160	1451
IPN 100	661
IPN 120	1360
IPN 160	5986
L 3"x3"x1/4"	2780
S 5"	5600
UPN 120	1400
L 100x100x6	450
Total general	21676

(Elaboración propia)

Lista de verificación del diseño del sistema de bombeo contra incendio

- ◆ Verificar los niveles de las bombas principales y redundantes. Este típico considera que las líneas de succión deben tener el mismo TOP. Esta consideración no aplica para la bomba jockey, ya que es usada para presurización y es de un tamaño y costo menor a las bombas principales o redundantes.
- ◆ Verificar que si existe un cabezal de succión de mayor tamaño que los ramales que conectan a las bombas, se deberá usar reducciones excéntricas para conservar el mismo TOP para succión a bombas.
- ◆ Verificar sentido de giro de las bombas, para determinar correctamente la ubicación de las líneas de succión y descarga (coordinar con Procura y Mecánica para su verificación).
- ◆ Verificar que la línea de succión debe ser tan corta como sea posible y debe tomar en consideración los siguientes criterios:
 - La longitud óptima de tamaño completo de tubo recto, desprovista de cualquier obstrucción para el flujo, inmediatamente aguas arriba de la conexión de aspiración de la bomba, debe ser 10D.
 - La longitud mínima de tamaño completo de tubo recto, desprovista de cualquier obstrucción para el flujo, inmediatamente aguas arriba de la conexión de aspiración de la bomba, debe ser 5D.
- ◆ Verificar que la elevación de la línea de centros de las bombas estén a una elevación menor que la elevación de la línea de centros de la boquilla de salida de agua del tanque contra incendios.

- ◆ Verificar que la línea de succión no tenga un tramo enterrado. Esto evitará bolsillos acumuladores de agua, la cual puede acumularse de residuos y de corrosión, lo cual es fatal para cualquier bomba.
- ◆ Verificar que la altura a la que está el colador en Y permita tener un drenaje vertical y sin interferencias con la losa.
- ◆ Verificar que el sentido del filtro en Y esté en dirección del flujo de la succión.
- ◆ Para realizar pruebas hidrostáticas y para operación o mantenimiento, verificar que las líneas de succión y realimentación tengan conexiones para venteo y drenaje.
- ◆ Coordinar con las áreas de instrumentación y eléctrica la ubicación y ruta de sus respectivas bandejas de cables. Si lo necesitaren, se recomienda que utilicen el rack para cabezales de succión y descarga.
- ◆ Se propone líneas de drenaje enterradas en la losa y con un embudo (funnel) que permita recolectar los desechos de bombas y filtros. Esto se debe a que el drenaje de filtros y bombas es muy esporádico.
- ◆ Verificar que los ángulos que separen las boquillas del tanque de las líneas de alivio de presión y de recirculación, respecto a la boquilla del tanque de salida a bombas sea mínimo de 90 grados. Esto evitará que la generación de burbujas en la caída del agua de recirculación y alivio llegue a la succión de las bombas.
- ◆ Verificar si se requieren elementos adicionales, el P&ID típico considera los mínimos requerimientos de la norma NFPA, por lo que es posible que algún cliente exija más elementos al sistema de bombeo.
 - No se consideraron en este típico los cabezales de prueba y de recirculación, todo esto porque se considera un gasto muy considerable. Esto se justifica ya que en la norma NFPA 20 no se exigen los mismos.
 - No se considera la válvula de alivio de circulación en el motor eléctrico, ya que el mismo posee enfriamiento.
- ◆ Solicitar al área Estructural que realice las dos plataformas de cruce (crossover platforms) necesarias, para facilitar el paso peatonal por encima de las líneas de succión, de recirculación y de alivio de presión.
- ◆ En caso de requerirse más bombas, verificar que las bombas diesel se encuentren juntas y a la izquierda¹⁴ de la casa de bombas. Si se requieren múltiples bombas diesel y eléctricas al mismo tiempo, juntar las de diesel seguidas de las eléctricas. Esto ahorrará tramos de tubería y dará orden al arreglo.

¹⁴ Tomar en cuenta que el término “la izquierda” puede ser relativo, según el norte de planta elegido. Para este caso el término “la izquierda” aplica a lo indicado en los planos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultados

Se hizo necesario poner a prueba los beneficios de utilizar el estándar típico del sistema de bombeo contra incendios. Para ello, se realizó una prueba con un sistema de bombeo de agua contra incendios que tiene un tanque con capacidad de almacenamiento de 300 000 gal y 2 horas de contingencia. Previo a los resultados de esta prueba, se analizó el tiempo promedio que se demora elaborar cada documento, mostrándose los resultados en el documento llamado Resumen del análisis realizado en el proyecto, I83-100 (ver ANEXO IV), siendo estos promedios, el tiempo de realización por documento que se demora sin el uso del estándar¹⁵. Para esta prueba se tomaron los tiempos empleando el estándar y se lo comparó sin el estándar.

Tabla 3.1. Resumen de la comparación de horas hombre de los documentos, sin estándar y con estándar.

Tipo	Horas hombre sin estándar				Horas hombre con estándar			
	HH- Level I	HH- Level II	HH- Level III	HH- Draftman	HH- Level I	HH- Level II	HH- Level III	HH- Draftman
Modelo 3D	5	30	40	90	2,5	15	20	45
Plot plan	7	4	1	1	3,5	2	0,5	0,5
Piping layouts	2	4	4	28	1	2	2	14
Plano isométrico	10	0	20	30	5	0	10	15
Listado de soportes	2	0	30	0	1	0	15	0
Típico de soportes	2	20	0	10	1	10	0	5
Requisición de materiales	8	48	48	0	4	24	24	0
Total general	36	106	143	159	18	53	71,5	79,5

(Elaboración propia)

De este ejercicio de prueba, se tomó el tiempo en su diseño de detalle (sin estandarización) que fue 444 horas¹⁶, y se lo finalizó en la mitad del tiempo al usar el método estandarizado, el total de horas fue de 222. Por lo que, se verifica que la estandarización propuesta reduce considerablemente el tiempo de diseño (para mayor detalle ver Tabla IV.2. Comparación de horas-hombre en la elaboración de los documentos, sin estándar y con estándar.), en este caso en un 50%. Se considera por experiencia de SANTOS CMI, que el tiempo de diseño es directamente proporcional al costo, por lo que el ahorro en el costo es también del 50%. La requisición de materiales no se presenta en este estudio técnico, ya que se considera propiedad

¹⁵ Al hablar del estándar, se hará referencia al estándar típico del sistema de bombeo contra incendios.

¹⁶ Da este valor, al sumar las horas hombre del nivel I, nivel II, nivel III y dibujante.

intelectual de SANTOS CMI, pero sí se muestra el listado detallado de materiales (MTO – material take off), el cual es el antecesor del mismo.

Es importante tener un registro del uso de sistemas de tubería (ver Figura 2.2), ya que a este registro se le puede aplicar la ley de Pareto que afirma por experiencia que el 20% de las actividades generan el 80% del trabajo. Por lo que, para una muestra de 80 sistemas de tubería, 16 son el 20% y si estandarizamos las mismas, nos brindarán la optimización del 80% del trabajo de ingeniería de Tuberías en SANTOS CMI. En orden de uso¹⁷ y desglosando los conjuntos que se pueden estandarizar, estos sistemas de tubería son:

- 1) Aire de instrumentación
 - a) Interconexiones entre tanques de almacenamiento de aire y compresores
 - b) Arreglos típicos para entrega de aire a instrumentos
 - c) Sugerencias de ruteo en tramos largos y con variaciones de nivel
- 2) Inyección de químicos
 - a) Arreglo típico de un paquete de químicos
 - b) Arreglos típicos para entrega de inyección de químicos a las líneas que lo requieran
 - c) Sugerencias de ruteo en tramos largos y con variaciones de nivel
- 3) Agua de utilidades
 - a) Interconexiones entre tanques de almacenamiento de aire y compresores
 - b) Arreglos típicos para entrega de aire a instrumentos
 - c) Sugerencias de ruteo en tramos largos y con variaciones de nivel
- 4) Aire de utilidades
 - a) Interconexiones entre tanques de almacenamiento de aire y compresores
 - b) Arreglos típicos para entrega de aire a instrumentos
 - c) Sugerencias de ruteo en tramos largos y con variaciones de nivel
- 5) Fluidos de proceso (crudo producido)
 - a) Arreglo típico de cabezas de pozo (wellheads or cellars)
 - b) Arreglo típico de colectores (manifolds)
 - c) Sugerencias de ruteo en tramos largos, enterrados y con variaciones de nivel
 - d) Arreglo típico de un lanzador de limpiatubos (pig launcher)
 - e) Arreglo típico de un receptor de limpiatubos (pig receiver)

¹⁷ Este listado no coincide exactamente con el listado de la Figura 2.2 porque hubo ambigüedad en los sistemas de diésel, drenajes abiertos y fluidos de proceso (crudo producido). Esto debido a que, las pequeñas variaciones en presión y temperatura de operación, hizo que tomen un código distinto de sistemas de tubería.

- 6) Drenajes peligrosos abiertos
 - a) Sugerencias de ruteo en tramos largos, enterrados y con variaciones de nivel
 - b) Arreglo típico del sumidero de drenajes peligrosos abiertos
 - c) Arreglo típico del sistema de bombeo de drenajes peligrosos abiertos
- 7) Aceite seco
 - a) Arreglo típico de un paquete de aceite seco
 - b) Arreglos típicos para entrega de aceite seco a los equipos que lo requieran
 - c) Sugerencias de ruteo en tramos largos y con variaciones de nivel
- 8) Drenajes por gravedad
 - a) Sugerencias de ruteo en tramos largos, enterrados y con variaciones de nivel
 - b) Arreglo típico del sumidero de drenajes por gravedad
 - c) Arreglo típico del sistema de bombeo de drenajes por gravedad
- 9) Agua contra incendios
 - a) Arreglo típico del sistema de bombeo de agua contra incendios
 - b) Arreglo típico del paquete de espuma contra incendios
 - c) Arreglo típico del sistema de rociado automático
 - d) Sugerencias de ruteo en tramos largos, enterrados y con variaciones de nivel
 - e) Arreglo típico de conexiones a hidrantes e hidrantes-monitores
 - f) Arreglo típico de sistemas de agua pulverizada
 - g) Arreglo típico de sistemas de espuma
- 10) Aceite lubricante
 - a) Arreglo típico de un paquete de aceite lubricante
 - b) Arreglos típicos para entrega de aceite lubricante a los equipos que lo requieran
 - c) Sugerencias de ruteo en tramos largos y con variaciones de nivel
- 11) Drenajes presurizados
 - a) Sugerencias de ruteo en tramos largos, enterrados y con variaciones de nivel
 - b) Arreglo típico del sumidero de drenajes presurizados
 - c) Arreglo típico del sistema de bombeo de drenajes presurizados
- 12) Venteo atmosférico
 - a) Arreglo típico de un venteo atmosférico
 - b) Sugerencias de ruteo en tramos largos y con variaciones de nivel
- 13) Diésel
 - a) Arreglo típico de un paquete de diésel
 - b) Arreglos típicos para entrega de diésel a los equipos que lo requieran
 - c) Sugerencias de ruteo en tramos largos y con variaciones de nivel

14) Agua desmineralizada

- a) Arreglos típicos de plantas de tratamiento de agua desmineralizada
- b) Arreglos típicos de paquetes de agua desmineralizada
- c) Arreglos típicos del sistema de bombeo de agua desmineralizada
- d) Sugerencias de ruteo en tramos largos y con variaciones de nivel

15) Gas combustible, Crudo residual, agua producida

- a) Arreglo típico de un paquete de gas combustible, o de crudo residual, o de agua producida
- b) Arreglos típicos para entrega de gas combustible a los equipos que lo requieran
- c) Sugerencias de ruteo en tramos largos y con variaciones de nivel

16) Agua residual

- a) Arreglos típicos de plantas de tratamiento de agua residual
- b) Arreglos típicos de paquetes de agua residual
- c) Sugerencias de ruteo en tramos largos y con variaciones de nivel

3.2 Discusión

Es adecuado indicar que los niveles de horas hombre están concatenados. A continuación, se detalla las causas del ahorro de tiempo y costo de diseño, detallado en los resultados, tomando en cuenta el nivel de horas hombre:

- ◆ Las horas hombre de dibujante (HH-Draftman) se reducen ya que el diseño ya no se realiza con errores y ya no se tienen que hacer retrabajos. Además, el dibujo de planos es más amigable si se tiene una referencia para basarse. Inclusive, se le puede asignar tareas de mayor nivel, con la plena confianza de que las hará correctamente y que le ayudarán a su crecimiento profesional.
- ◆ Las horas hombre de un ingeniero junior de tuberías (HH-Level III) se reducen ya que se dan las directrices para un correcto ruteo de tubería. Además, se tiene una referencia de la requisición de los materiales de componentes de tubería.
- ◆ Las horas hombre de un ingeniero de tuberías (HH-Level II) se reducen ya que se tienen las directrices para verificar el diseño de la tubería.
- ◆ Las horas hombre de un ingeniero senior de tuberías (HH-Level II) se reducen ya que tendrá la confianza suficiente para aprobar los documentos realizados por sus encargados.

Como se resume en los resultados, hay un ahorro del 50% en costo de diseño y tiempo de realización del diseño, detallando las causas:

- ◆ Se evidenció que el 25% de este ahorro se debe a que el diseño al estar estandarizado no sufrirá cambios, en escenarios normales. Un escenario normal es aquel que por experiencia es habitual y lo más probable es que siga sucediendo; esto no quiere decir, para este caso, que no se requieran más bombas o se cambien los diámetros de las líneas de tubería, ya que esta estándar toma en cuenta un diseño versátil.
- ◆ Se evidenció que el 10% de este ahorro se debe a que este diseño estandarizado se expresa claramente mediante planos, listado detallado de materiales y una lista de verificación.
- ◆ Se evidenció que el 10% de este ahorro se debe a que este diseño estandarizado contiene esquemas de los equipos que contienen dimensiones de fábrica, también se tienen unas tablas de dimensiones y pesos de cada componente de tubería que permiten obtener el espaciamiento adecuado entre soportes de tubería, además se tienen diagramas que permiten la verificación de flexibilidad en tubería.
- ◆ Se evidenció que el 5% de este ahorro se debe a que este diseño estandarizado contiene justificaciones basadas en normas, códigos, lecciones aprendidas y buenas prácticas. Esto hace que el diseñador se sienta motivado y tenga plena confianza en lo que está haciendo.

A continuación, se detalla por documentos, el ahorro de tiempo dado por las razones indicadas anteriormente:

- ◆ El modelo 3D se realiza en menor tiempo porque se dan las guías (mediante la lista de verificación) para su correcta representación. Esto es: se dan las elevaciones correctas, ubicaciones correctas de las boquillas de tanques y equipos, la ubicación de los instrumentos, válvulas y soportes. Además, se justifica porqué de debe rutear la tubería según lo representado en este estándar.
- ◆ El plano de distribución de equipos (plot plan) se realiza en menor tiempo porque se muestran las coordenadas, cotas y elevaciones definitivas. Además, los tamaños y ubicaciones de los equipos son los definitivos, porque toman en cuenta el ruteo de la tubería según los mejores criterios.
- ◆ Los planos típicos de soportes de tubería se realizan en menor tiempo porque ya no se requiere añadir típicos o crear nuevos según vaya cambiando el diseño.
- ◆ El listado de soportes de tubería se realiza en menor tiempo porque los soportes están completamente definidos en tipo, ubicación y elevación.
- ◆ Los planos de implantación (piping layouts) se realizan en menor tiempo porque se dan guías para la representación correcta de estos planos (acotamiento,

identificación de soportes e instrumentos, coordenadas y elevaciones necesarias, identificación de líneas que tengan pendientes, identificación de válvulas, equipos y de líneas, y también se indican las notas y referencias del documento, identificación de estructuras), se representan los cortes, vistas y detalles únicamente necesarios.

- ◆ Los planos isométricos se realizan en menor tiempo, ya que no se colocarán nubes de revisión conforme el diseño se vaya modificando, además que no habrá tiempos muertos (improductivos) debido a que todos los planos isométricos se podrán generar al mismo tiempo.
- ◆ La requisición de los materiales, que se realizan a partir de los MTO, se realizan en menor tiempo porque el ruteo de las líneas de tubería son los definitivos y se ha verificado que todos los componentes de tubería estén en este documento.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

El ahorro de tiempo de diseño y costo de diseño es del 50%. Este es el logro más importante de este estudio técnico, ya que es el principal parámetro de competitividad. Este porcentaje se lo puede mejorar si se logra su automatización, es decir, si se crean más plantillas electrónicas (modelos 3D inteligentes) de este arreglo y se cuantifican los materiales para cada caso distinto.

Los principios desarrollados en este proyecto se pueden usar como un patrón común para la estandarización de otros sistemas como son: sistemas de aire para instrumentos, agua de utilidades, aire de utilidades, aceite combustible y drenajes presurizados. Estos sistemas de tubería indicados son de los más usados por SANTOS CMI, por lo que su futura estandarización será importante.

Para este proyecto de titulación se considera que no sólo es útil la parte metodológica, también es de mucha importancia la teórica, ya que resume de manera consistente los principios y metodologías, enfocándolas de manera más práctica hacia la ingeniería de tuberías.

El presente estándar de diseño de sistemas de tuberías, evita el trabajo redundante y repetitivo durante el diseño; por lo que ayuda a optimizar, tiempo, recurso humano y tecnológico, se evita la duplicación del trabajo de los jóvenes ingenieros al desarrollar proyectos, ya que se les proporciona lineamientos simplificados de gran contenido, mejorando la eficiencia en el trabajo de planta.

Al haber desarrollado un ejercicio de prueba, se evidenció que se generan diseños de calidad más homogénea y se tiene la seguridad de contribuir para una mejor formación del nuevo personal, así como del personal experimentado involucrado en el diseño de sistemas de tubería. Para la realización de este ejemplo de un arreglo típico de sistema de bombeo de agua contra incendios, se consideraron las buenas prácticas de ingeniería, las lecciones aprendidas de otros proyectos, así como el manejo de normas y códigos.

El proyecto resultó ser novedoso y práctico y tiene mucha importancia, ya que, se considera como la mejor forma de preservar el conocimiento y la experiencia del área de tuberías de SANTOS CMI.

4.2 Recomendaciones

- ◆ Se recomienda realizar la estandarización de los demás sistemas de tubería, por ejemplo: líquidos de proceso (inyección de químicos), fluidos de proceso, aire: de instrumentos, utilidades, aceite lubricante, agua: de utilidades, de refrigeración, residual, cruda, desmineralizada, venteos y drenajes (abiertos peligrosos, cerrados, desmineralizado). Todo ello requerirá mucho tiempo y discusión.
- ◆ Se recomienda no sólo realizar típicos de un determinado sistema o de interconexiones de tubería, sino también explicar brevemente (preferentemente mediante infogramas) los diferentes cálculos, alternativas de diseño y selección de la alternativa ganadora, teoría y metodología de diseño inherentes a la obtención de los mismos, ya que esto enriquecerá el conocimiento de los diseñadores.
- ◆ Se debe desarrollar los distintos típicos que se realicen en los distintos softwares que vaya a emplear la empresa, tales como Smart Plant, Bentley y AutoCAD Plant 3D.
- ◆ Desarrollar aún más el estándar típico de soportes e incluirle cargas máximas que puede soportar.
- ◆ Desarrollar aún más la base de datos de tubería y componentes, ya que, en este proyecto, los mismos no estuvieron completos.
- ◆ Se debe realizar una mejor gestión tanto interna como externa con los proveedores para obtener los planos actualizados de los equipos y desarrollar la ingeniería con estos. Esto evitará que los niveles de tubería y ruta de alimentación y descarga a equipos sea mal realizada.

Referencias Bibliográficas

- Bausbacher, E., & Hunt, R. (1993). *Process Plant Layout and Piping Design*. New Jersey, USA: Prentice Hall International.
- Cairo Oil Refining Co. (CORC). (2006). *Piping code items*. El Cairo, Egipto: Cairo Oil Refining Co. (CORC).
- CEPAL. (2004). *La Inversión Extranjera en América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: CEPAL.
- Dickenson, C. (1999). *Valves, Piping and Pipelines Handbook* (Tercera ed.). Nueva York, Estados Unidos: Elsevier Advanced Technology.
- Frankel, M. (2010). *Facility Piping Systems Handbook* (Tercera ed.). New York, USA: McGraw-Hill.
- Gómez Gordo, E. M. (2011). *Análisis de flexibilidad en sistemas de tuberías*. Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, España.
- Griser, D. (2004). *Process Piping Fundamentals*. Texas, USA: Fluor Daniel Engineering.
- Huitt, W. M. (2012). *W. M. Huitt Company*. Recuperado el 19 de Noviembre de 2012, de <http://www.wmhuittco.com/articlespapers/magazinearticles.html>
- Islas Arreola, B. J. (2009). *Conceptos para el desarrollo básico de arreglos de tuberías en plantas industriales bajo la norma ASME/ANSI*. Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, México.
- ITT Grinell Corporation. (1979). *Pipe hanger design and engineering*. Lansdale, Pennsylvania, U.S.A.: ITT Grinell Corporation.
- Kannappan, S. (1986). *Introduction to Pipe Stress Analysis*. New York, USA: Wiley-Interscience.
- Kellogg Company. (1967). *Design of Piping Systems* (Segunda ed.). New York, USA.
- LVVWD. (2010). *Uniform Design and Construction Standard for Potable Water Systems* (Tercera ed.). Las Vegas, Estados Unidos: Las Vegas Valley Water District.
- May, G. H. (2011). *Introduction to Piping Engineering*. Fleming Island, Florida, USA: SunCam.

- Methane to Markets. (s.f.). *Methane to Markets*. Recuperado el viernes, 08 de junio de 2012, de <http://www.ontime.methanetomarkets.org/m2mtool/index.html>
- Nayyar, M. (2000). *Piping Handbook* (Séptima ed.). New York, USA: McGraw-Hill.
- Nolan, D. (1998). *Pumping Systems at Industrial Facilities*. New Jersey, USA: Noyes Publications.
- PEMEX. (2000). *Criterios y recomendaciones de diseño para sistemas de tuberías de proceso, servicios auxiliares e integración*. Especificaciones Técnicas para Proyecto de Obras, PEMEX Exploración y Producción, Ciudad de México, México.
- PEMEX. (2011). *Sistemas de tubería en plantas industriales, diseño y especificaciones (NRF-032-PEMEX-2011)*. Ciudad de México, México: PEMEX Exploración y Producción.
- Peng, L.-C., & Peng, T.-L. (2009). *Pipe Stresss Engineering* (Primera ed.). New York, USA: ASME Press.
- Riba i Romeva, C. (2002). *Diseño concurrente*. Barcelona, España: UPC.
- SAMSUNG ENGINEERING. (2007). *SAMSUNG PIPING HANDBOOK*. Seúl, Corea del Sur.
- Serratos, Benjamín. (2008). *Curso elemental de diseño de tuberías* (Vol. I). Ciudad de México, México.
- Sherwood, D., & Whistance, D. (1991). *The Piping Guide for the Design and Drafting of Industrial Piping Systems* (Segunda ed.). Clinton, North Carolina, USA: Construction Trades Press.
- Snamprogetti. (1991). *Training Course for Junior Piping Designers*. Calgari, Canadá: Snamprogetti.
- Stasinopoulos, P., Smith, M. H., Hargroves, K., & Desha, C. (2009). *Whole System Design, an integrated approach to sustainable engineering*. Londres, Reino Unido: Earthscan.
- TROUVAY & CAUVIN. (2001). *Piping Equipment 2001*. Dubai, United Arab Emirates.
- UHDE. (2000). *Training Manual - Piping, Introduction to Piping Engineering* (Revisión 0 ed.). Berlín, Alemania: Uhde India Limited.
- Villamarín Pavón, O. V., & Carrera Herrera, Á. P. (2010). *Diseño de una Plataforma típica de Producción Petrolera en la Amazonía Ecuatoriana*. Proyecto previo a

la obtención del título de Ingeniero Mecánico, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.

Whistance, D. J., & Sherwood, D. R. (1973). *The Piping Guide for the Design and Drafting of Industrial Piping Systems*. USA.

Wikipedia. (s.f.). Recuperado el miércoles, 06 de junio de 2012, de <http://de.wikipedia.org/wiki/Kraftwerk>

Wujec, T. (2011). *Imagine, Design, Create! How Designers, Architects, and Engineers Are Changing Our World*. Nueva York, EUA: Melcher Media.

ANEXO I.

INGENIERÍA DE TUBERÍAS EN SANTOS CMI

I.1 GENERALIDADES SOBRE SANTOS CMI

Historia corporativa

Orígenes

SANTOS CMI¹⁸ empezó como un consorcio de Construcción y Montaje, en 1980. Luego, en 1990, se convirtió en un Contratista de Ingeniería, Procura y Construcción.

Constructora Aníbal Santos e Hijos, incorporada en 1970 en la ciudad de Guayaquil y Compañía de Montajes Industriales (CMI), incorporada en 1976 en Quito, eran dos distinguidos Contratistas que operaban a nivel nacional. A mediados de 1980, estas dos empresas incurren en un joint-venture para trabajar en la Refinería más grande del Ecuador, derivando en una serie de trabajos complejos con lo que conforman un consorcio a lo largo de los años y finalmente se juntan para dar origen a lo que hoy es SANTOS CMI.

La operación comenzó en Ecuador, pero pronto la compañía realizó nuevos proyectos en Centro América y América del Sur, replicando el éxito de trabajos anteriores. Su primera planta en el extranjero fue una Generadora de Energía de 40 MW en Nicaragua, construida en un tiempo récord. Hoy SANTOS CMI cuenta con experiencia en 17 países y más de 50 instalaciones de operación.

Evolución

Esta empresa ha construido y diseñado infraestructuras por 30 años ya, en casi todos los países de América Latina y el Caribe. Cambia y mejora constantemente su alcance de servicios a sus lugares, ajustándose a las necesidades de sus clientes. SANTOS CMI empezó sus actividades como una multidisciplinaria contratista general, ejecutando grandes trabajos de construcción industrial para industrias de producción de petróleo y generadoras de energía. Luego de haber sido confiados con los contratos de construcción y montaje más importantes del emergente sector termoeléctrico y energético de Ecuador, SANTOS CMI fue invitado a repetir su desempeño excepcional. Una vez conseguido este nuevo éxito, una gran serie de trabajos siguieron en países como Brasil, Panamá y Bolivia. Hoy en día tienen el orgullo de decir que han brindado sus servicios en casi todos los países del Continente Americano.

¹⁸ Información extraída de la página web oficial de SANTOS CMI:
http://www.santoscmi.com/index.php?option=com_content&view=article&id=57&Itemid=113

Las crecientes responsabilidades han sido una evolución natural de su gama de servicios. Además de los recursos logísticos locales, fueron solicitados de proveer algunos materiales de interconexión por sus clientes foráneos. Pronto, el diseño detallado requerido para despegar y la compra de ciertos materiales se convirtieron en el siguiente servicio. Esta capacidad sostenida los llevó al punto donde funcionan hoy en día: realizando una completa ingeniería y la adquisición de todo tipo de materiales de montaje electromecánico y equipo de BOP.

El 9 de febrero del 2011, se realizó una alianza estratégica con la compañía sur-coreana POSCO E&C, subsidiaria de POSCO y una de las compañías con más prestigio mundialmente. Debido a la capacidad y calidad de asesoramiento de SANTOS CMI, la oportunidad de explorar nuevos horizontes y culturas se presentó a la mano, para proveer al Ecuador con servicios IPC, de alta calidad y valor tecnológico.

Misión

Proveer soluciones de alta calidad y competitivas de Ingeniería, Procura y Construcción para los sectores de energía, petróleo y gas e industriales especializados en América Latina y el Caribe, con capacidad de respuesta confiable, robusta ejecución de proyectos y armonía.

Visión

Ser en América Latina la mejor empresa para trabajar en la industria y el Contratista IPC preferido por los clientes de alto nivel en nuestro sector.

Proposiciones de valor corporativos

- ◆ **PROYECTOS FAST-TRACK:** Pocas empresas dominan esta técnica que permite acelerar cronogramas base e implementar decisiones y acciones que resulten en una recuperación significativa de tiempo y cumplimiento de demandas particulares, empero, usuales. Cada día de producción o generación que pueda ser adelantado en una planta, es un tremendo valor para inversionistas y comunidades. El beneficio se distribuye.
- ◆ **LUGARES REMOTOS:** Donde otros encuentran dificultades y obstáculos, SANTOS CMI ve un reto único y viable. La compañía ha enviado ingenieros y herramientas a lugares muy remotos, como la selva brasileña y ecuatoriana, islas del Caribe y Pacífico, la jungla boliviana y la sierra chilena.
- ◆ **DISEÑO-CONSTRUCCIÓN:** Típicamente, las empresas EPC inician como firmas de ingeniería que luego integran la construcción. SANTOS CMI empezó como un contratista general, entendiendo restricciones, lidiando con índices de productividad y ganando experiencia de primera mano. La transición a los servicios de ingeniería y suministros llegó como el siguiente paso natural. Es por esto que el resultado de su diseño es un verdadero soporte a los equipos

de construcción, no un paquete de documentos que no tiene noción de cómo se trabaja en el campo.

- ◆ **TRABAJO DE COLABORACIÓN (Empatía, Equipo, Meta):** Habiendo nacido como un consorcio, la empresa entiende profundamente cómo crear equipos efectivos con individuos altamente productivos de diferentes empresas, con distintas nacionalidades, formaciones y habilidades. Este valor destaca a SANTOS CMI entre la competencia.
- ◆ **GERENCIA DE PROYECTOS:** No es lo que se ha hecho, sino cómo se lo ha hecho. La base del éxito de SANTOS CMI es su cultura de planificar y reaccionar rápido, con integración en mente. La Metodología de Gerencia de Proyectos es seguida por cada miembro de la organización, como una creencia de que esas herramientas ayudan a construir un negocio consistente y predecible.

Productos y servicios

Los productos y servicios de SANTOS CMI incluyen: Ingeniería, Procura, Construcción y Gerencia de Proyectos.

Ingeniería

Tanto si se trata de generación de energía, producción de petróleo, procesamiento de gas o instalaciones industriales, SANTOS CMI ofrece servicios completos de ingeniería, entregando soluciones de alta tecnología. Su enfoque en diseño y construcción proporciona un verdadero apoyo a los equipos de construcción en campo. Con 180 profesionales de diseño de instalaciones industriales, la empresa ofrece servicios integrales multidisciplinarios: Civil / Estructural / Arquitectura, Procesos / Mecánica, Tubería, Eléctrica, Instrumentación y Control.

Con el apoyo de la POSCO ENGINEERING, esta empresa tiene acceso a 33 años de experiencia en GNL (gas natural licuado), GLP (gas licuado de petróleo), petroquímica, química, refinación, plantas y ductos de energía.

Procura o gestión de compras

La oficina de Houston ofrece servicios completos de contratación para proyectos en la región. SANTOS CMI se basa en un sistema de control de estado detallado y en tiempo real para coordinar adecuadamente y realizar un seguimiento de cada paso del proceso, desde la solicitud de material, a través de evaluación de la oferta y la orden de compra, envío, despacho de aduanas y entrega en sitio, incluso a lugares remotos, como por ejemplo como islas en el Caribe y el Pacífico, el altiplano chileno y boliviano y las selvas de Ecuador, Bolivia y Brasil. POSCO E&C y POSCO ENGINEERING, con su sólida base de proveedores de primer nivel de Asia, representan un acceso directo a más opciones de calidad y competitividad.

Construcción

SANTOS CMI construye instalaciones industriales desde 1970. Entiende el diseño y construcción, lo que le permite la integración de estos procesos para proporcionar soluciones de largo alcance. Sus equipos experimentados han montado exitosamente equipos para centrales termoeléctricas, fundidoras de acero y plantas de jabón, torres de craqueo y HRSG (generador de vapor para recuperación de calor), sistemas de desulfuración de gases de combustión y subestaciones de alta tensión, así como fundaciones de hormigón para turbinas y grandes tanques de almacenamiento.

En resumen, SANTOS CMI realiza:

- Obras civiles
- Montaje mecánico
- Instalación y prefabricación de tuberías
- Instalaciones eléctricas
- Instrumentación y control

I.2 Industria de la ingeniería de tuberías

Generalidades

La industria de la energía se divide fundamentalmente en dos grandes industrias: la industria del petróleo y gas y la de industria de la energía eléctrica.

La industria del petróleo y gas incluye procesos globales de exploración, extracción, refino, transporte (frecuentemente a través de buques petroleros y oleoductos) y mercadotecnia de productos del petróleo y gas.

La industria de la energía eléctrica proporciona la producción, distribución y entrega de la energía eléctrica, a menudo conocido como potencia o electricidad, en suficientes cantidades para áreas que necesiten electricidad a través de redes de conexión. La energía eléctrica es generada por centrales de potencia o por generación distribuida (también conocida como generación en sitio, generación dispersa, generación integrada, generación descentralizada).

Como el área de interés de este documento son las tuberías, el enfoque para la industria de la energía eléctrica será la generación de energía eléctrica, no la distribución, ni comercialización; para la industria del petróleo y gas, habiendo tuberías en toda la estructura del mismo, el enfoque será a las áreas que más se realicen en la empresa SANTOS CMI.

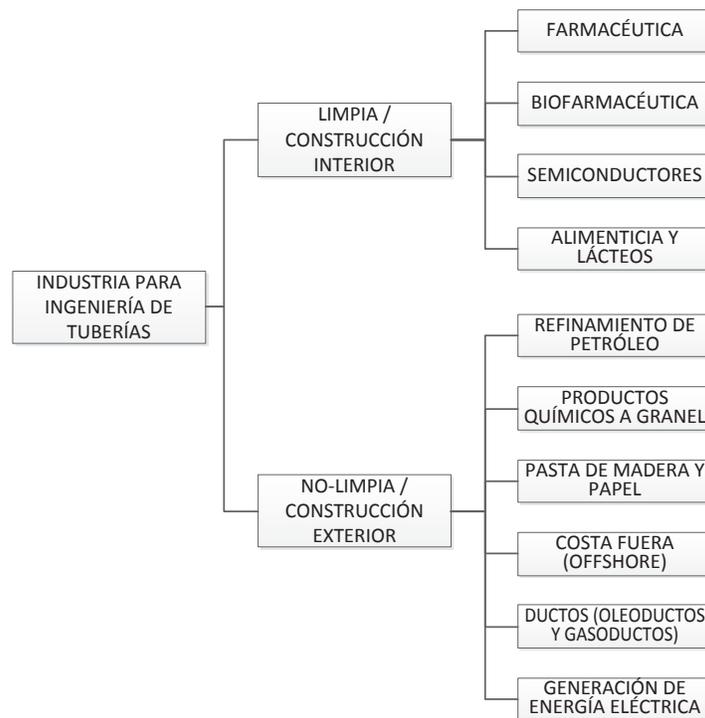


Figura I.1. Clasificación general de la industria en la que interviene la ingeniería de tuberías.
(Elaboración propia)

Industria hidrocarburífera

También conocida como la industria del petróleo y gas (oil & gas), se suele dividir en tres componentes principales: upstream, midstream y downstream, aunque las operaciones midstream generalmente se incluyen en la categoría de downstream.

Onshore (recuperación onshore)

Conocido como: costa dentro, en tierra. Se refiere a las operaciones de perforación para extraer el petróleo o el gas natural desde los pozos en tierra.

Offshore (recuperación offshore)

Conocido como: costa fuera, en el mar, bajo el agua. Se refiere a la extracción de petróleo de los pozos bajo el agua. Se usa este término para referirse a pozos de petróleo que no están sobre la tierra firme, ya sea mar, lago o laguna, etc. Estos pozos se explotan desde plataformas que pueden estar sobre el fondo del mar sobresaliendo del agua o flotando, ancladas al fondo del mar.

Otra forma de definir el término offshore, es el área geográfica situada mar adentro (seaward) de la costa. En general, el término "línea costera (coastline)" se refiere a la línea común y baja de agua a lo largo de aquella porción de costa que está en contacto directo con el mar abierto o en la línea que marca el límite marítimo (seaward limit) de las aguas continentales.

Sector upstream (suministrador de petróleo y gas)

Conocido también como sector de **exploración y producción (recuperación) de petróleo y gas natural (E&P)** o aguas arriba o corriente arriba o ascendente¹⁹. El sector upstream es un término comúnmente utilizado para referirse a la búsqueda y la recuperación y producción de petróleo crudo y gas natural.

El sector upstream incluye la búsqueda de potenciales campos de petróleo y gas bajo tierra o bajo el agua, perforación de pozos exploratorios y, posteriormente, la perforación y explotación de los pozos que recuperan y llevan el petróleo y/o gas natural crudo a la superficie.

Glosario básico para operaciones upstream

Pozos (Well)

Terminología relativa a los distintos tipos de pozos que pueden presentarse en la industria de petróleo y gas, incluyendo los pozos de producción, de evacuación (eliminación) y de reinyección.

Un pozo petrolero (oil well) es cualquier pozo perforado desde una ubicación mar adentro de una línea costera que podrían incluir fondos de pozo (botton hole) tierra adentro de una línea costera.

Un pozo de gas (gas well) es cualquier pozo que produce gas natural no asociado o mezclado con petróleo crudo en el momento de la producción, o produce más de 100 000 pies cúbicos de gas natural por cada barril de petróleo crudo desde la misma perspectiva de producción.

Ventilación (Venting)

Se refiere a las emisiones a la atmósfera por diseño o por práctica operativa intencional. Pueden presentarse ya sea de una forma continua o intermitente.

Combustión en antorcha o teas (Flaring)

La combustión en antorcha es un método común de eliminación segura por combustión de los volúmenes de gases residuales en las instalaciones de petróleo y gas. Las teas (flare stacks) están diseñadas para proporcionar una dispersión segura atmosférica de los gases de combustión. Las teas se utilizan normalmente en donde el gas residual contiene componentes malolientes o tóxicos (por ejemplo, el sulfuro de hidrógeno) o compuestos orgánicos volátiles que pueden contribuir a la contaminación del aire por encima de los estándares de calidad de aire. En caso contrario el gas puede ser ventilado. Típicamente, se utilizan sistemas separados de combustión y ventilación para el flujo de gases residuales de alta y baja presión y químicos que requiere la adición de gas combustible para asegurar una combustión completa.

¹⁹ Fuente de información: http://en.wikipedia.org/wiki/Upstream_%28petroleum_industry%29

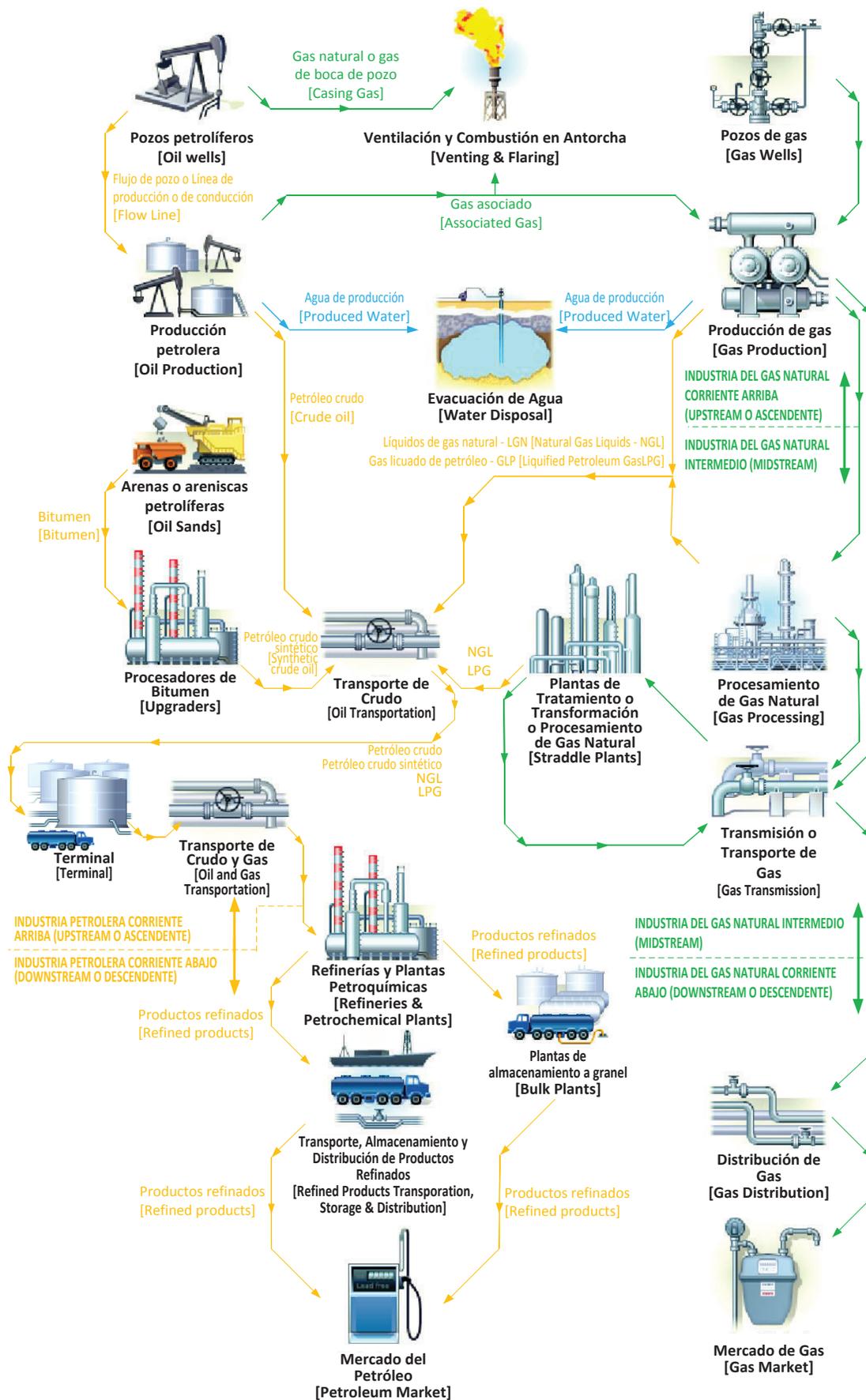


Figura I.2. Esquema general de la Industria de Petróleo y Gas (Oil & Gas Industry).
(Methane to Markets).

Producción petrolera (Oil Production)

Se refiere a la producción (salida) de petróleo crudo desde las operaciones de extracción de un yacimiento geológico. Esta terminología se relaciona con las facilidades (instalaciones) y procesos utilizados para producir petróleo crudo.

Producción de Gas Natural (Gas Production)

Se refiere a la producción (salida) total de gas natural desde los pozos de petróleo y gas. La terminología producción y procesamiento de gas está relacionada con las actividades y facilidades (instalaciones) de producción y procesamiento de gas natural.

Gas de boca de pozo o gas de pozo de bombeo (Casing Gas or Casinghead Gas)

Es el gas natural producido o ventilado de una cubierta o encamisado de pozo petrolero (oil well casing) cuando el petróleo crudo se extrae a través de un tubo que se extiende dentro de la camisa del pozo hasta el yacimiento, ya sea con una bomba de varilla de succión (sucker-rod pump) o una bomba de inmersión (sumergible).

Línea de producción o de conducción (Flow line)

Es una tubería superficial de descarga por la cual viaja el petróleo crudo del pozo a una batería de separación y medición.

Agua de producción (Produced Water)

Es el agua que se extrae de la tierra desde un pozo de producción de petróleo crudo o gas natural, o que es separada después de la extracción del petróleo crudo, condensada, o gas natural.

Evacuación de agua (Water disposal) y pozo de evacuación o eliminación (Disposal well)

Un pozo de evacuación es un pozo usado para la eliminación segura de residuos líquidos de procesamiento o de campo petrolífero o agua de producción dentro de un acuífero de aguas de yacimiento o contaminadas. Estos pozos de eliminación normalmente están sujetos a requisitos normativos para evitar la contaminación de los acuíferos de agua dulce.

Arenas o areniscas petrolíferas (Oil sands)

Terminología relacionada con la minería y el procesamiento de las arenas bituminosas y de esquistos bituminosos (shale oil). Es un término que se aplica a determinadas áreas geográficas que tienen arenas bituminosas, así como yacimientos (depósitos) de otros crudos pesados. A

menudo se utiliza, por error, en una conversación casual como únicamente sinónimo de arenas bituminosas.

Procesadores (Upgraders)

Es una instalación (facilidad) para el procesamiento de crudo pesado y bitumen crudo en crudo sintético liviano, más dulce y de alta calidad, ya sea mediante la eliminación de carbono (coquización) o la adición de hidrógeno (hidroprocesamiento).

Sistema de Transporte o Transmisión de petróleo (Oil Transportation)

Es el sistema de transporte (a través de oleoductos, barcos petroleros - tanker, camiones o vagones de ferrocarril) de petróleo crudo y condensado de las áreas productoras para mejoradores y refinerías.

Sector midstream (procesador de petróleo y gas)

Las operaciones midstream (o intermedias) incluyen elementos de negocio tradicional upstream y downstream²⁰. La industria midstream involucra el **procesamiento de gas y petróleo, seguido de su almacenamiento y distribución.**

El negocio del gas midstream se inicia en el sistema de recolección. El sistema recoge el gas natural húmedo de las cabezas de pozo y lo transporta a una planta de procesamiento de gas, este sistema puede variar desde un pequeño sistema en donde el gas se procesa cerca de la boca del pozo, a un sistema que consta de miles de kilómetros de diámetro pequeño, tuberías de baja presión de recolección de muchos cientos de pozos. En la planta de procesamiento de gas, el metano (también conocido como gas natural seco) se separa del gas natural húmedo, dejando líquidos de gas natural como un subproducto. Los LGN (líquidos de gas natural o en inglés NGL) son elementos más pesados del gas natural húmedo, éstos incluyen etano, propano, butano, isobutano, y otros condensados. Las empresas midstream ganan dinero por fraccionamiento, transporte y comercialización de estos líquidos de gas natural.

Los líquidos de gas natural (LGN) no deben confundirse con el gas natural licuado (GNL o en inglés LNG), que es el metano condensado en líquido a cerca de la presión atmosférica.

Glosario básico para operaciones midstream

Planta de Procesamiento de Gas Natural (Natural Gas Processing Plant)

Es una facilidad (instalación) de procesamiento de gas natural, instalación para la extracción de gas natural, helio, nitrógeno, etano, o líquidos de gas natural, y / o el fraccionamiento de LGN (líquidos de gas natural) mixtos a los productos de gas natural. Una planta de procesamiento de

²⁰ Fuente de información: <http://en.wikipedia.org/wiki/Midstream>

gas natural también puede incluir los procesos naturales de depuración de gases para el mejoramiento de la calidad del gas natural a ser comercializado para cumplir con las especificaciones de contrato (es decir, para la eliminación de contaminantes tales como agua, H₂S, CO₂, y, posiblemente, ajustar el valor o poder calórico por la adición o eliminación de nitrógeno). La entrada de gas natural puede o no haber sido procesada a través de separadores en sitio o de arrendamiento (lease separators) e instalaciones de campo.

Transmisión y Almacenamiento de Gas (Gas Transmission and Storage)

La transmisión de gas natural es el transporte (por lo general por gasoductos) de gas natural a alta presión de las zonas productoras a las áreas de consumo. El almacenamiento de gas natural es la acumulación de gas natural en cavernas, esferas o en estado líquido en instalaciones que normalmente se encuentran cerca de las áreas de consumo para su uso en los picos de demanda de servicio.

Plantas de tratamiento o procesamiento de gas (Straddle Plants)

Es una planta procesadora de gas que se encuentra en conexión con la línea de transmisión (transporte) de gas natural, en el cual el gas es mayormente procesado (posterior al procesamiento de campo) para remover líquidos adicionales de gas natural y devolver un gas que satisface con las especificaciones comerciales de gas al gasoducto de transmisión.

Terminal (Terminal)

Es una planta y equipos designados a procesar petróleo crudo y/o gas para eliminar impurezas y agua.

Sector downstream (transformador de petróleo y gas)

El sector downstream²¹ (o sector de derivados del petróleo o corriente abajo o aguas abajo o descendente) es un término comúnmente utilizado para referirse a la **venta y distribución de productos derivados del petróleo crudo y de gas natural**. Dichos productos incluyen el gas licuado de petróleo (GLP o LPG en inglés), gasolina o diesel, jet fuel, diesel oil (o gasóleo), aceites de otro tipo de combustible, asfalto y coque de petróleo.

El sector downstream incluye la distribución de productos de petróleo, puntos de venta y compañías distribuidoras de gas natural. La industria downstream afecta a los consumidores a través de miles de productos tales como gasolina, diesel, jet fuel, fuel-oil, asfalto, lubricantes, cauchos sintéticos, plásticos, fertilizantes, anticongelantes, pesticidas, productos farmacéuticos, gas natural y propano.

²¹ Fuente de información: http://en.wikipedia.org/wiki/Downstream_%28petroleum_industry%29

Glosario básico para operaciones downstream

Refinería (Refinery)

Es una planta donde se separa el petróleo crudo por destilación en muchas fracciones por intervalos de ebullición, cada una de las cuales se convierte luego por varios procesos secundarios que a menudo emplean catalizadores y complementarios pasos de fraccionamiento o purificación, pasos tales como craqueo, reformado, alquilación, polimerización y la isomerización, en productos utilizables, materiales de mezcla (blending stocks) o materias primas (feed stocks) destinadas a otros procesos. Los productos de unidades secundarias se combinan en mezcladores de productos para satisfacer las especificaciones de productos comerciales terminados que comúnmente incluyen, pero sin limitarse a: etileno, propileno, benceno, tolueno y xilenos (para productos petroquímicos); grados de gasolina, diesel y fuelóleos; ceras, lubricantes y grasas; fuelóleo residual (para calderas), asfalto y coque de petróleo.

Plantas de almacenamiento a granel (Bulk Plants)

Es una facilidad (instalación) usada por un distribuidor o proveedor en el segmento mayorista de la industria, la cual tiene la capacidad de almacenamiento para recibir y distribuir a granel (in bulk) los productos derivados del petróleo y gas.

Distribución de gas (Gas distribution)

Es un término relacionado a las actividades y facilidades (instalación) para distribuir gas. En otras palabras, es la entrega de gas natural de los sistemas de transmisión a alta presión hacia los clientes.

Mercado de gas y petróleo (Gas and petroleum market)

Se refiere al mercado que se forma para satisfacer la demanda industrial, comercial y residencial de productos de petróleo y gas.

Industria de generación de energía eléctrica (power & energy)

La mayoría de las centrales eléctricas contienen uno o más generadores, una máquina giratoria que convierte la energía mecánica en energía eléctrica. El movimiento relativo entre un campo magnético y un conductor crea una corriente eléctrica. La fuente de energía aprovechada para girar el generador varía ampliamente. La mayoría de las centrales eléctricas del mundo queman combustibles fósiles como carbón, petróleo y gas natural para generar electricidad. Otros utilizan la energía nuclear, pero hay un creciente uso de fuentes renovables más limpias como la solar, el viento, la ola y la hidroeléctrica. En las siguientes figuras se muestra las diferentes formas de extraer electricidad.

Las plantas de generación con más experiencia por parte de SANTOS CMI son: por quema de carbón (en inglés: CFPP, coal-fired power plant), ciclo simple (en inglés: SCPP, simple cycle power plant) y ciclo combinado (en inglés: CCPP, combined cycle power plant).

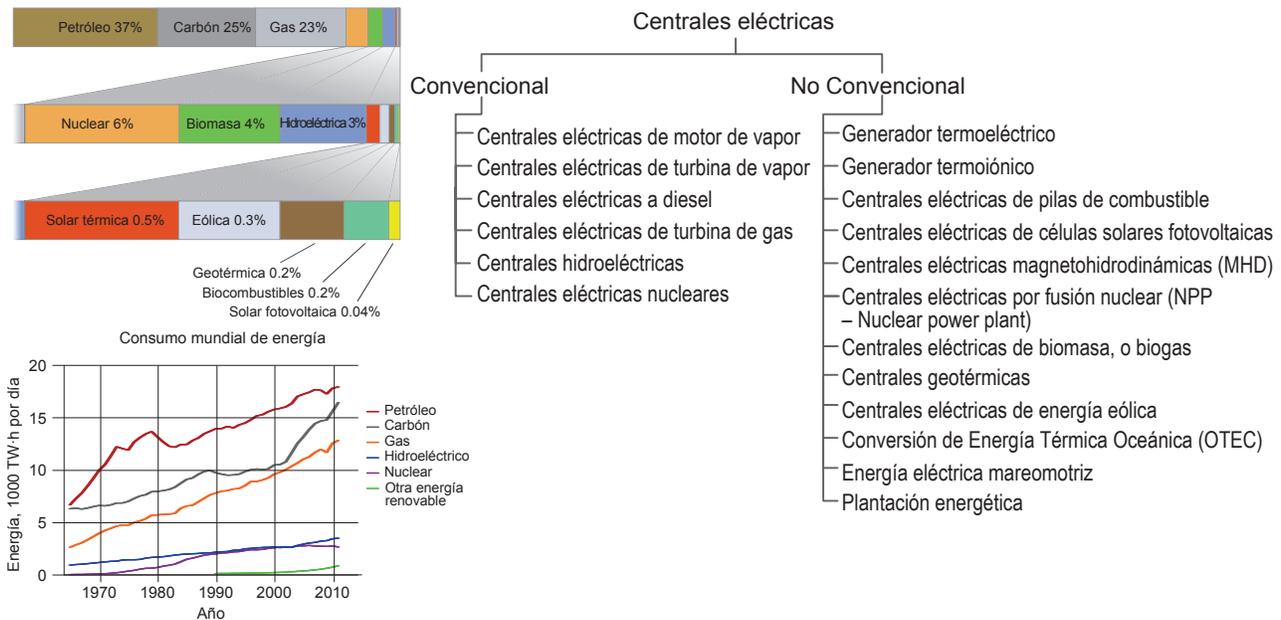


Figura I.3. Tipos de plantas de generación y consumo mundial de energía.
(Elaboración propia)

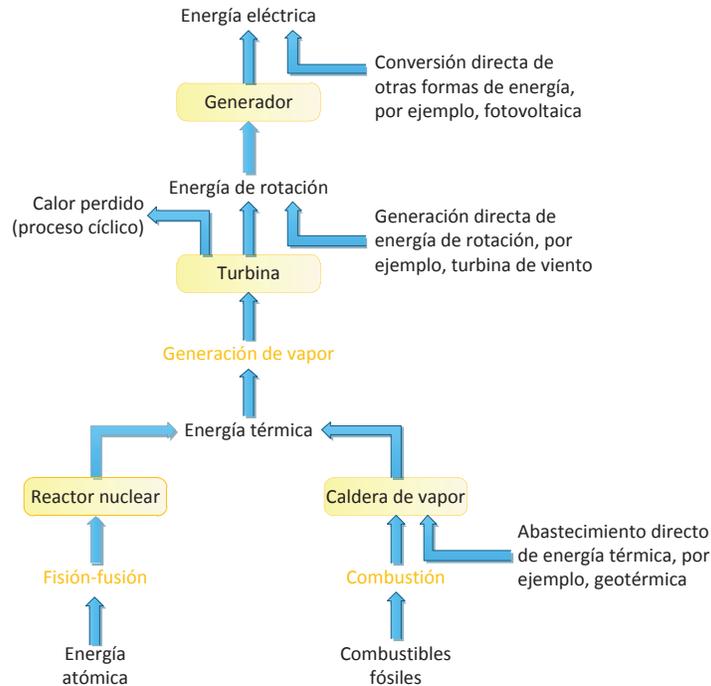


Figura I.4. Los tipos más importantes de conversión en energía eléctrica.
(Wikipedia)

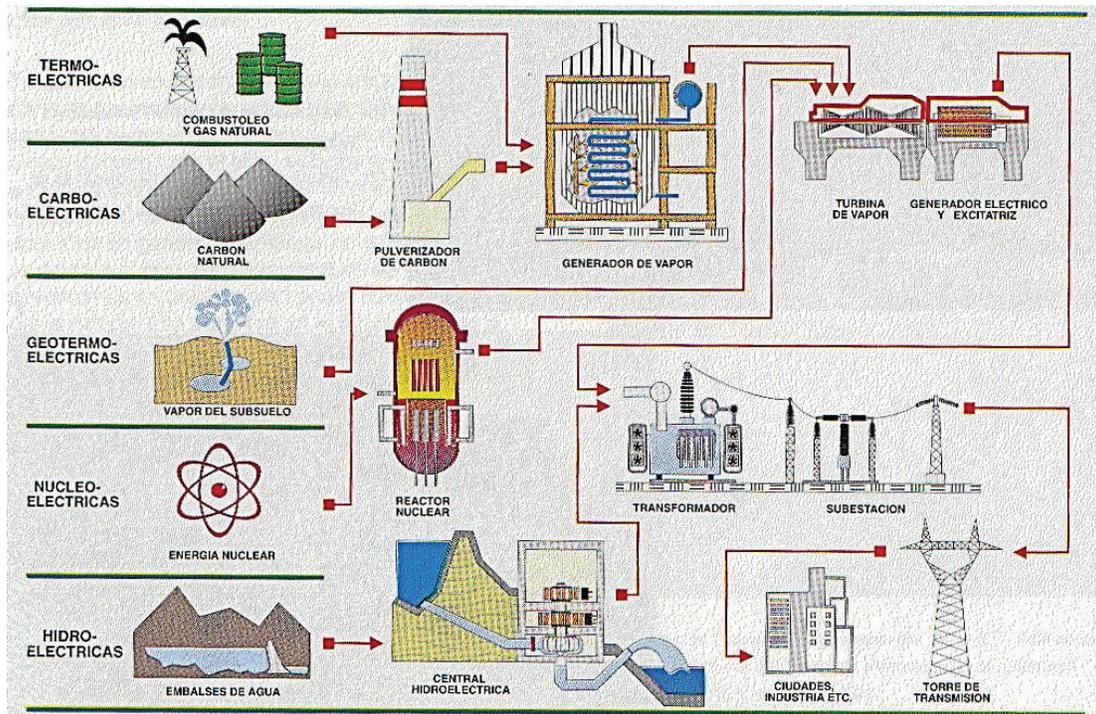


Figura I.5. Diagrama simplificado del proceso de producción de energía eléctrica a través de los diversos energéticos primarios.

(CEPAL, 2004)

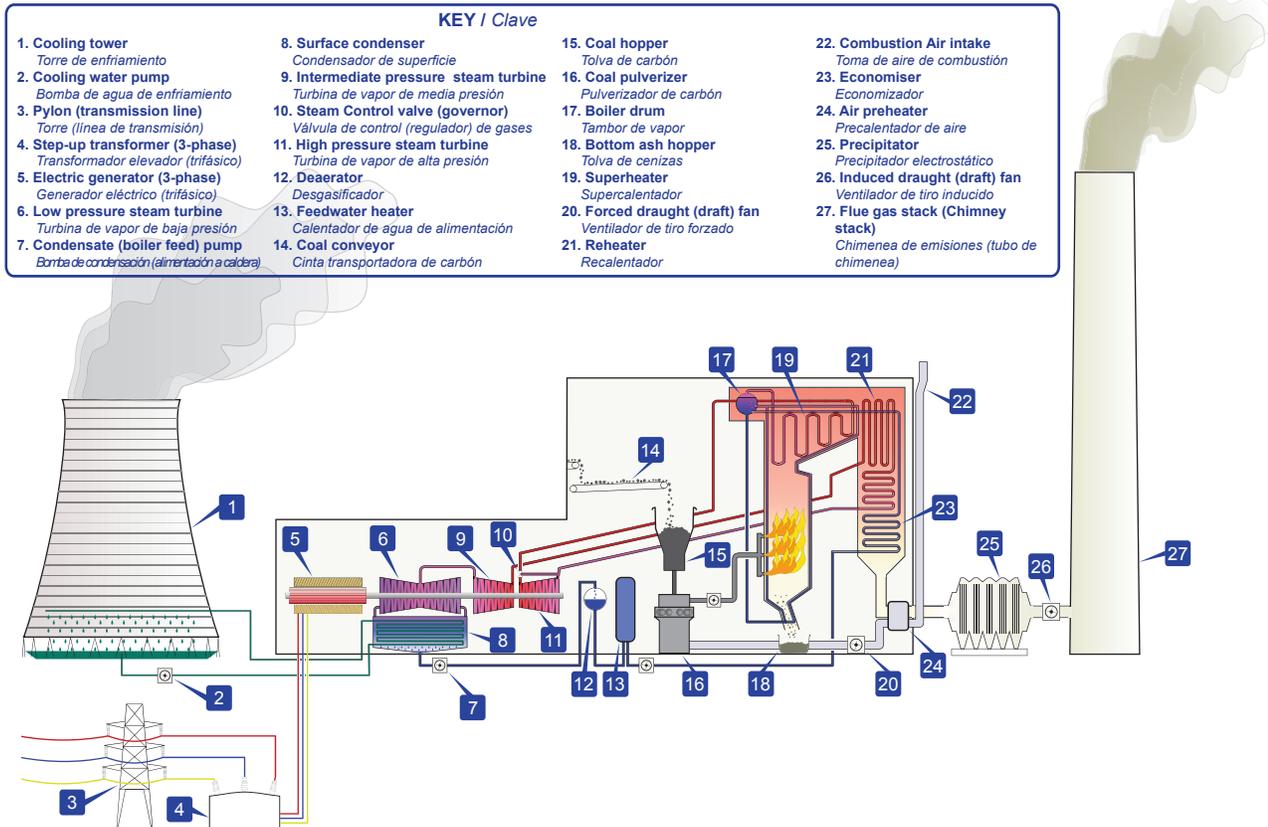


Figura I.6. Esquema de una planta de generación térmica.

(Elaboración propia)

Sectores de mercado de SANTOS CMI

Los dos principales sectores que desarrolla SANTOS CMI son: civil / Industrial y energía (Oil & Gas y Generación de Energía Eléctrica).

Las capacidades y experiencia de SANTOS CMI fueron desarrolladas con el boom petrolero en Ecuador de fines de los 70's. En ese sector, los trabajos que SANTOS CMI ejecutó incluyen la instalación de más del 70% de las facilidades de producción de petróleo existente en ese país, para empresas públicas y privadas. En Ecuador, algunos de los clientes más representativos son Petroecuador, Petrobras, Occidental Petroleum, Agip Oil, Encana, Repsol YPF, entre otros. Adicionalmente, SANTOS CMI ha participado de proyectos de petróleo y gas muy importantes en países como Argentina, Colombia, Brasil y Bolivia, trabajando en facilidades de propiedad de empresas como Petrobras, Ecopetrol y Pluspetrol.

Sector civil e industrial

Clientes locales e internacionales encuentran en SANTOS CMI una fuente confiable de experiencia integral en servicios de construcción especializada para todo tipo de proyectos.

Civil especializado



Figura I.7. Central Villa Flores – México, proyecto en el que participó SANTOS CMI con su conocimiento en el sector civil.

Trabajo en equipo es el principio por detrás del día a día de SANTOS CMI. La empresa moviliza sus mejores profesionales para embarcarse en obras altamente técnicas y complejas, como fundaciones profundas, muelles o estructuras pesadas que requieren soluciones ingeniosas para salvar obstáculos naturales o cumplir con especificaciones extremas.

Industrial



Figura I.8. Planta Holcim – Ecuador, proyecto en el que participó SANTOS CMI con su conocimiento en el sector industrial.

Sea una cervecería, una industria de empaques, una cementera o una acería, SANTOS CMI es la elección correcta. Muchas décadas de experiencia le permiten realizar construcciones y montajes especializados, coordinar logística intrincada y administrar colosales proyectos de expansión con total compromiso con la seguridad, calidad y plazo.

Sector de energía

El mundo se mueve con energía, todos los días, en todas partes. SANTOS CMI es líder en este sector y ha participado de los proyectos de infraestructura más exigentes en Centro y Sur América, así como en el Caribe. Centrales de ciclo combinado en Brasil o estaciones de compresión de gas natural en Argentina. La empresa conoce su negocio.

Sector de generación de energía

Los proyectos que producen electricidad contribuyen al avance de la sociedad. Con más de 50 centrales de generación en las Américas, SANTOS CMI puede declarar experiencia como pocos contratistas en la región. Desde motores a combustión quemando fuel oil, grandes turbinas hidráulicas o un parque eólico hasta ciclos combinados o plantas de co-generación quemando gas natural o biomasa, la empresa las ha hecho todas.



Figura I.9. Algunas centrales de generación de energía que SANTOS CMI tiene la capacidad de desarrollar.

Sector de petróleo y gas

Los más impresionantes proyectos en América Latina se han beneficiado de un amplio rango de servicios EPC, brindados por hombres y mujeres de diferentes latitudes, incluyendo terminales de tanques, esferas de almacenamiento de gas, hornos, refinерías, pozos y facilidades de producción de petróleo. Y hay más: SANTOS CMI ha diseñado y construido estaciones de compresión de gas y de bombeo e instalado grandes plantas de procesamiento.



Figura I.10. Algunas plantas de petróleo y gas que SANTOS CMI tiene la capacidad de desarrollar.

I.3 Fabricación e instalación de tuberías

La instalación de un arreglo de tubería implica su fabricación y es muy frecuentemente una parte de él. La instalación y fabricación de sistemas de tubería se pueden realizar de las siguientes cuatro formas principales, o combinaciones de los mismos²²:

- Fabricación e instalación en campo,
- Fabricación en taller y montaje en campo,
- Fabricación, ensamble e instalación en paquete (skid), y
- Construcción modular.

Fabricación de tubos

La aparición de la tecnología de laminación y su desarrollo durante la primera mitad del siglo XIX anunciaban también la fabricación industrial de tubos y tubo flux²³. Inicialmente, tiras roladas (circulares) de láminas se formaban en una sección transversal circular por los arreglos de embudo o rodillos, y luego soldadas a tope o solape en el mismo calor (proceso de soldadura de forja).

Hacia el final del siglo, varios procesos se hicieron disponibles para la fabricación de tubos y tubo flux sin costura, con volúmenes de producción que aumentan rápidamente durante un período relativamente corto. A pesar de la aplicación de otros procesos de soldadura, el desarrollo continuo y el perfeccionamiento de las técnicas de costura, llevó a que el tubo soldado esté casi completamente expulsado del mercado, con el resultado de que el tubo y tubo flux dominaron hasta la Segunda Guerra Mundial.

²² Información extraída del artículo técnico de W. M. Huitt Co. en la dirección de internet: http://www.wmhuitco.com/images/CE_Article_3b.pdf

²³ Tomado del artículo digital: <http://www.wermac.org/pipes/pipemaking.html>

Durante el período siguiente, los resultados de la investigación en tecnología de soldadura dieron lugar a un repunte en el destino del tubo soldado, con el trabajo de desarrollo posterior creciente y una amplia difusión de numerosos procesos de soldadura de tubo. En la actualidad, alrededor de dos tercios de la producción de tubos de acero en el mundo corresponde a procesos de soldadura. De esta cifra, sin embargo, aproximadamente una cuarta toma la forma de los llamados tubos de conducción de gran diámetro en rangos de tamaño fuera de los que son económicamente viables en la fabricación de tubos y tubos flux sin costura.

Tubos sin costura

El principal proceso de fabricación de tubos sin costura entró en vigor a finales del siglo XIX. Dado que los derechos de patentes y de propiedad expiraron, los diversos acontecimientos paralelos perseguidos inicialmente se hicieron menos distintos y sus etapas de formación individuales se fusionaron en nuevos procesos. Hoy en día, el estado de la técnica (estado del arte) se ha desarrollado hasta el punto en el que se da preferencia a los siguientes modernos procesos de alto rendimiento:

- El proceso continuo de laminación con mandril y el proceso de banco de estirado en el intervalo de tamaño de aprox. 21 a 178 mm de diámetro exterior.
- El laminador con tren de varillas múltiples (multi-stand plug mill - MPM) con barra mandril flotante controlada (restringida) y el proceso de laminado (cilindrado) con penetrador (plug mill process) en el intervalo de tamaño de aprox. 140 a 406 mm de diámetro exterior.
- La perforación de forma cruzada (cross roll piercing) y el proceso de laminación por estiramiento de entalla o “paso de peregrino” (pilger rolling process) en el intervalo de tamaño de aprox. 250 a 660 mm de diámetro exterior.

Tubos y tubos flux soldados

Desde que fue posible la fabricación de tiras y de chapas (placas), la gente constantemente ha doblado el material y conectado sus bordes con el fin de fabricar tubos y tubos flux. Esto condujo al desarrollo del proceso de soldadura más antiguo, que es forja-soldadura, que se remonta más de 150 años.

En 1825, el británico comerciante de artículos de hierro James Whitehouse se le otorgó una patente para la fabricación de tubos soldados. El proceso consistió en forjar placas individuales de metal sobre un mandril para producir un tubo abierto de costura, y luego calentar los bordes de acoplamiento de la costura abierta y soldarlas presionándolas mecánicamente en un banco de trefilar.

La tecnología evolucionó hasta el punto donde la tira se podría formar y soldar en una sola pasada en un horno de soldadura. El desarrollo de este concepto de soldadura a tope culminó en 1931 en el proceso de Fretz-Moon ideada por J. Moon, un norteamericano, y su colega alemán Fretz.

Las líneas de soldadura que emplean este proceso todavía están operando con éxito hoy en día en la fabricación de tubos de diámetros exteriores de hasta aprox. 114 mm. Aparte de esta técnica de presión de soldadura en caliente, en la que la tira se calienta en un horno a temperatura de soldadura, varios otros procesos fueron ideados por el norteamericano E. Thomson entre los años 1886 y 1890 que permite que metales sean soldados eléctricamente. La base para esto fue la propiedad descubierta por James P. Joule, que pasando una corriente eléctrica a través de un tubo provoca que se caliente debido a su resistencia eléctrica.

En 1898, la compañía Standard Tool, EE.UU., se le concedió una patente relativa a la aplicación de soldadura por resistencia eléctrica para la fabricación de tubos y tubo fluxs. La producción de tubos y tubo fluxs soldados por resistencia eléctrica recibió un impulso considerable en los Estados Unidos, y mucho más tarde en Alemania, seguido del establecimiento de tira continua de cilindrado en caliente para la producción en masa de la materia prima necesaria para la fabricación a gran escala. Durante la Segunda Guerra Mundial, un proceso de soldadura de arco de argón se inventó - otra vez en los Estados Unidos - que permitió la soldadura eficaz de magnesio en la construcción de aviones.

Como consecuencia de este desarrollo, diversos procesos de soldadura con arco metálico sumergido en gas inerte se desarrollaron principalmente para la fabricación de tubo fluxs de acero inoxidable. Seguido de acontecimientos trascendentales que se han producido en el sector energético en los últimos 30 años, y la construcción resultante de gran capacidad gasoductos de larga distancia, el proceso de soldadura por arco sumergido se ha ganado una posición de preeminencia para la soldadura de tubos de diámetros arriba de aprox. 500 mm.

Tubo laminado (cilindrado) soldado eléctricamente

Los flejes de acero bobinados, que han sido cortados con la anchura necesaria del fleje, están configurados por una serie de rodillos de laminación en un cilindro de longitud múltiple. Los bordes longitudinales son continuamente unidos por soldadura de resistencia/inducción de alta frecuencia.

La soldadura de cilindros de longitud múltiple es entonces tratada térmicamente por electricidad, dimensionada y se corta a longitudes especificadas por una máquina de corte al vuelo. El tubo de corte se endereza y cuadra en ambos extremos.

Estas operaciones son seguidas por inspección ultrasónica o prueba hidrostática.

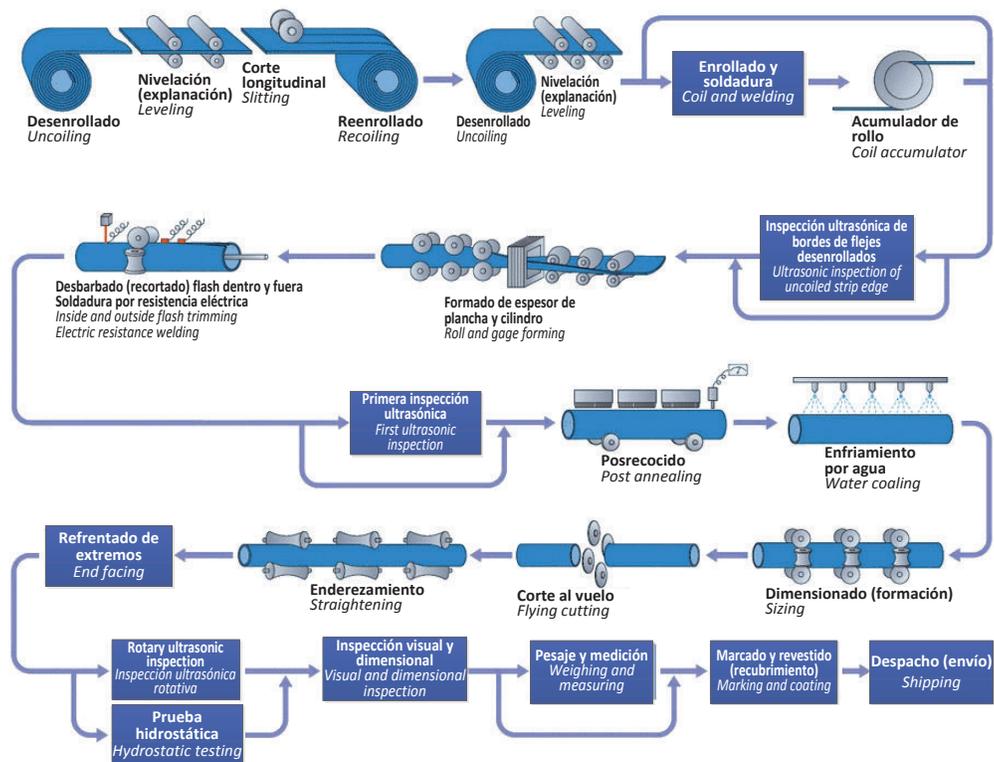
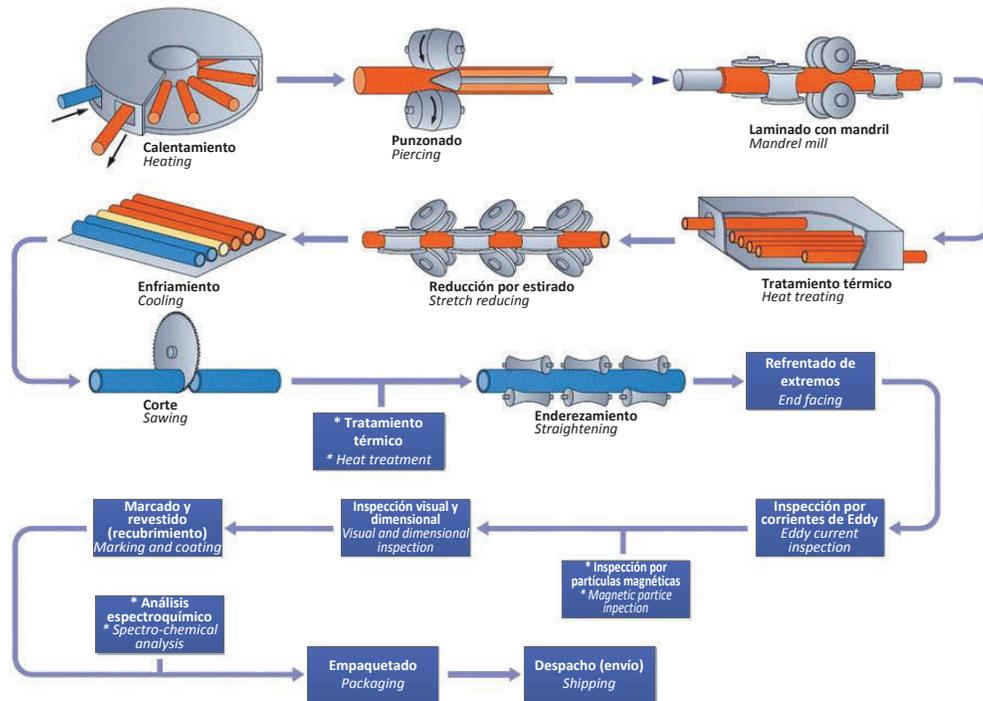


Figura I.11. Tubo laminado (cilindrado) soldado eléctricamente.

(<http://www.wermac.org/pipes/pipemaking.html>)

Proceso de laminado (cilindrado) con mandril



* Nota: Los procesos marcados con un asterisco son realizados según las especificaciones y / o requerimientos de los clientes.

* Note: Processes marked by an asterisk are conducted specification and/or customer requirements

Figura I.12. Proceso de laminado (cilindrado) con mandril (Mandrel Mill Process).

(<http://www.wermac.org/pipes/pipemaking.html>)

En el proceso de laminador con mandril (Mandrel Mill Process), un sólido redondo (tocho) se calienta en un horno de recalentado de solera giratoria y, a continuación, se perfora mediante un punzón. El tocho perforado o cilindro hueco es laminado (cilindrado) por un laminador de mandril para reducir el diámetro exterior y espesor de pared que forma un tubo de longitud madre múltiple. El tubo madre se vuelve a calentar y se reduce más a las dimensiones especificadas por el reductor por estiramiento. Luego, el tubo se enfría, se corta, se endereza y se somete a procesos de acabado e inspección, antes del despacho o envío.

Proceso de laminado por cilindros oblicuos o proceso de perforado rotativo de tubos mannesmann (mannesmann plug mill process)

En el proceso de perforado rotativo de tubos, un sólido redondo (tocho) se calienta uniformemente en el horno de recalentado de solera giratoria y, a continuación, se perfora mediante un punzón Mannesmann. El tubo perforado o cilindro hueco es reducido de tamaño por rodillos su diámetro exterior y espesor de pared. El tubo es laminado y bruñido simultáneamente dentro y fuera por una máquina de devanado. El tubo devanado es luego dimensionado por un laminador de acabado a las dimensiones especificadas. Desde este paso, el tubo pasa a través de una enderezadora. Este proceso se completa con el trabajo en caliente del tubo. El tubo (referido como un tubo madre) y después de terminar la inspección, se convierte en un producto acabado.

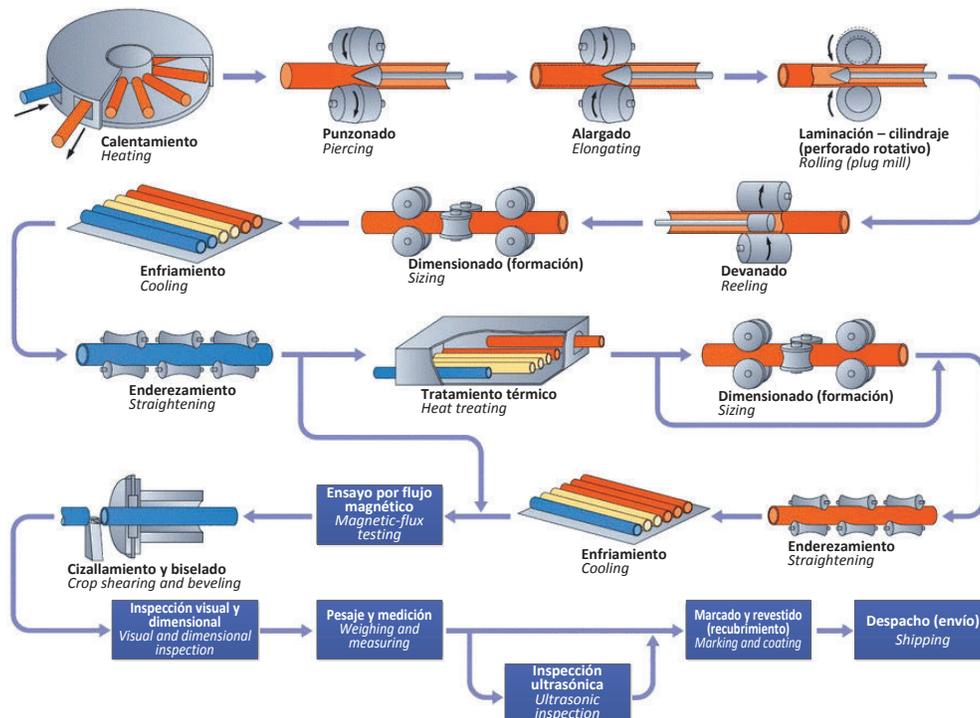


Figura I.13. Laminado por cilindros oblicuos o proceso de perforado rotativo de tubos Mannesmann (Mannesmann Plug Mill Process).

(<http://www.wermac.org/pipes/pipemaking.html>)

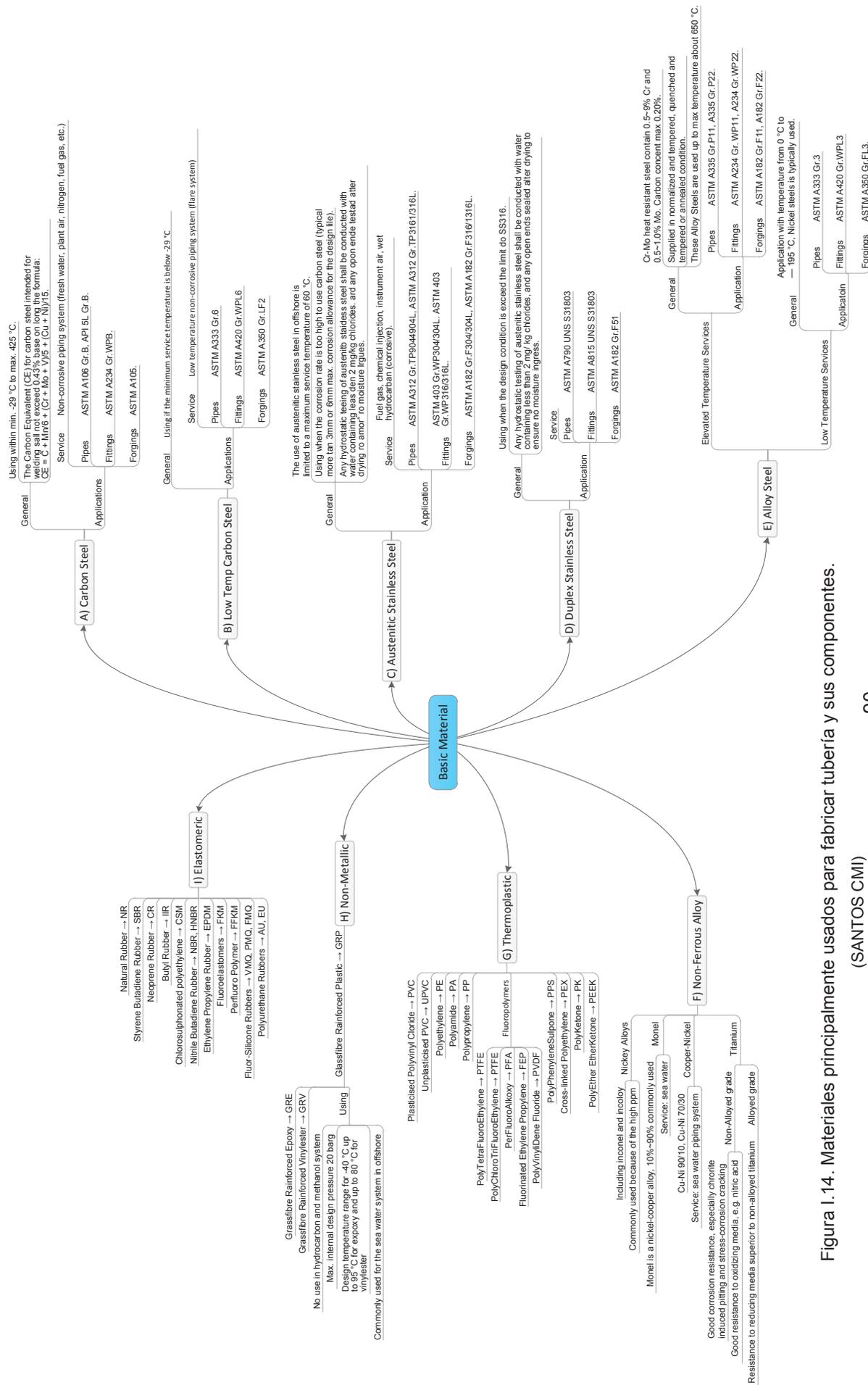


Figura I. 14. Materiales principalmente usados para fabricar tubería y sus componentes.

(SANTOS CMI)

Prefabricación de arreglos de tubería

La construcción industrial incluye una amplia variedad de proyectos, tales como refinerías de petróleo, plantas químicas y de generación de electricidad. Este tipo de construcción implica un intenso uso de tuberías, que conectan una variedad de equipos y transmiten fluidos y gas de proceso. Debido al horario restringido y el espacio limitado en sitio, los proyectos de construcción industrial se basan en gran medida en la fabricación y el montaje fuera de sitio. Por lo tanto, la fabricación de sistemas de tuberías se divide en dos etapas: fabricación de secciones (carrete o spool) de tubería e instalación en sitio. El suministro oportuno de secciones de tubería a un patio modular y la instalación en sitio es la clave del éxito de todo proyecto.

Fabricación de secciones (carretes o spools) de tubería

Las secciones de tubería se fabrican a partir de una serie de tubería en bruto y accesorios de tubería (por ejemplo, codos, bridas, tees, etc) en talleres de fabricación. Las tuberías en bruto se cortan a los tamaños requeridos y se trasladan con accesorios de tubería para una mesa de montaje, donde algunos de los componentes se montan juntos (es decir, conectado temporal). El sub-ensamblaje resultante (parte de la sección de tubería final) continúa con los trabajos de soldadura (es decir, conectado permanente) antes de que vuelva a la mesa de montaje y sea equipado con otros componentes de la sección.



Figura I.15. Rotadores (posicionadores) de tubería en un taller de pre-fabricación.

(http://www.wmhuitco.com/images/CE_Article_3b.pdf)

La soldadura y montaje de secciones se pueden agrupar en dos tipos:

- Montaje y soldadura de cilindros.
- Montaje y soldadura de posición (ubicación).

El montaje y soldadura de cilindro significa que la tubería principal puede ser girada por una máquina rotadora y el montador (instalador) o soldador no tiene que cambiar su posición para realizar la operación, mientras que el montaje y soldadura de posición se produce cuando uno o más ramales (derivaciones) de tubería principal exceden el límite de holgura (espacio o paso libre). En tal caso, el instalador o el soldador tiene que moverse por el recorrido de la tubería principal para llevar a cabo el montaje o soldadura. Como resultado, el montaje y soldadura de

posición generalmente necesita más tiempo para terminar el montaje y soldadura de cilindro. Para minimizar el número de montajes y soldaduras de posición es uno de los objetivos de la fabricación de secciones de tubería la secuenciación.

Justificación para que se fabrique tubería en secciones

Los talleres de pre-fabricación de secciones de tuberías es un medio probado para reducir los costos de instalación de campo al tiempo que proporciona la más alta calidad en los productos fabricados.

Las secciones de tuberías son a menudo bridadas para facilitar la conexión a otras secciones. La fabricación de estas secciones se realiza normalmente por empresas de fabricación especializadas que están equipadas con la infraestructura necesaria.



Figura I.16. Secciones de tubería listas para ser transportadas.

(http://www.wmhuitco.com/images/CE_Article_3b.pdf)

Los fabricantes especializados trabajan bajo un conjunto definido de criterios de gestión de calidad para asegurar la precisión de la fabricación con el fin de conseguir el ajuste apropiado en el sitio y para mantener los parámetros técnicos requeridos definidos por el cliente.

Ahorro de costos en prefabricación, inspección y pruebas

- ◆ La calidad de trabajo es más fácil de gestionar y mantener en un entorno controlado. Las altas precisiones de tolerancias especificadas evitarán retrabajo en sitio.
- ◆ La fabricación independiente del clima minimizará los retrasos de producción.
- ◆ Las secciones prefabricadas son la respuesta perfecta a la escasez severa de mano de obra y habilidad. Los usuarios no tienen que movilizar fuerza de trabajo importante para la fabricación de secciones en sitio.
- ◆ La fabricación en la producción en masa, se traducirá en costos de fabricación más bajos en comparación con la fabricación en sitio.
- ◆ Las secciones prefabricadas tendrán menor tiempo de fabricación/montaje, evitando así sobretiempo y sobrecostos.
- ◆ Las secciones prefabricadas implicarán poca o ninguna inversión en equipos de fabricación y pruebas para los usuarios. Las radiografías, PMI (Positive Material Identification), MPI

(Magnetic Particle Inspection), pruebas de ultrasonido, pruebas hidráulicas, etc. se pueden realizar mejor y de manera efectiva en ambientes controlados.

- ◆ Las secciones prefabricadas serán atendidas bajo la estricta vigilancia de las agencias de inspección de tercera parte, garantizando el 100% de respeto a los estándares de calidad requeridos.
- ◆ Se tiene un mejor control sobre los parámetros de soldadura en ambientes controlados, resultando en una menor probabilidad de repetición del trabajo en sitio.
- ◆ Soldar pocas tuberías curvas por inducción (según lo permitido por el cliente) supondría una completa prevención de secciones de tubería soldada que utilizan codos radio corto, lo que brindaría un ahorro de costos significativo en soldadura, radiografía de las juntas soldadas y requisitos materiales.
- ◆ Menor dependencia de la disponibilidad de energía, evitando demoras innecesarias de tiempo.
- ◆ Mejor seguridad en las condiciones de fabricación que en sitio.
- ◆ La fabricación de secciones fuera de sitio significa menos escoria, polvo abrasivo, humo y otros contaminantes que son inaceptables en el procesamiento de alimentos altamente higiénicos y otras industrias.

La principal desventaja de hacer secciones de tuberías

Por supuesto, la fabricación de secciones de tubería tiene enormes beneficios, pero el mayor inconveniente es que las secciones no se ajustan en sitio.

Esto puede tener varias causas, pero a menudo es una isometría malinterpretada por el contratista, o unas dimensiones defectuosas en una isometría.

Un pequeño error puede dar lugar a una gran cantidad de trabajo extra, porque, por ejemplo, múltiples secciones de tubería deben ser modificadas. Esto a menudo significa que las pruebas de presión deben hacerse de nuevo, las radiografías de las soldaduras se deben hacer de nuevo, etc., etc.

Fabricación e instalación de arreglos de tubería en campo



Figura I.17. Rotador (posicionador) en una fabricación en campo.

(http://www.wmhuitco.com/images/CE_Article_3b.pdf)

La instalación de tubería en campo se puede realizar en las siguientes dos formas primarias, o combinaciones de los mismos:

- ◆ Fabricación e instalación en campo.
- ◆ Fabricación en taller y montaje en campo.

Algunos contratistas prefieren hacer la mayoría, si no toda la fabricación en taller, otros prefieren crear en el sitio de trabajo, mientras que otros son lo suficientemente flexibles para aprovechar lo mejor de ambos métodos.

La fabricación e instalación en campo es exactamente lo que significa. La tubería se fabrica en sitio, ya sea directamente en el lugar en que está montado, o en un alojamiento temporal en el campo.

Una serie de factores determinará si es rentable una fabricación de tubería en sitio: tipo de proyecto, tamaño y el alcance del proyecto, tamaño y material de tubería, accesibilidad de equipos, tratamiento de superficie después de la fabricación, condiciones climáticas, disponibilidad de personal calificado, tiempo disponible para realizar el trabajo, etc.

Ventajas y desventajas de fabricación en campo

Ventajas de la fabricación en campo

- ◆ Sólo la materia prima (tubos, accesorios, válvulas, etc.) deben ser enviados a la ubicación del sitio. Esto es mucho más fácil de manejar y almacenar que configuraciones de múltiples planos de secciones de tubería prefabricada.
- ◆ No hace falta mucho tiempo para cuidadosamente acomodar, sujetar y calzar secciones prefabricadas para transporte al lugar de trabajo.
- ◆ Reducción del riesgo de daño a las piezas de secciones de tubería.
- ◆ Es una oportunidad muy eficiente para fabricar alrededor de obstáculos inesperados (acero estructural, conductos, bandejas de cable, etc.)
- ◆ La fabricación “tal como se instala” reduce el riesgo de retrabajo cuando se prefabrica secciones, o el costo relacionado con la verificación de campo antes de darse la fabricación.
- ◆ La instalación de ruteo de tubería en campo a través de una serie de lugares insuficientemente documentados de tubería y equipos existentes, en un proyecto de remodelación, es muy a menudo más eficaz que intentar pre-fabricar tubería basada en suposiciones dimensionales.

Desventajas de la fabricación en campo

- ◆ El clima es sin duda el mayor obstáculo. Si la facilidad (instalación) en construcción no se aísla (cubre o blinda), entonces, se debe proveer protección a los elementos.

- ◆ Cuando la soldadura se haya hecho en condiciones que no sean ambientalmente controladas, entonces se requerirá de pre-calentamiento si la temperatura ambiente (no la temperatura de la superficie de metal) es de 0 ° F o menos.
- ◆ En una nueva facilidad (instalación), en lugar de tener que rutar tubería a través de una serie de tubería y equipos existentes mal ubicados, la fabricación en campo de soldadura a tope no es tan eficiente y costo efectivo como la fabricación en taller.
- ◆ Preocuparse por la seguridad y eficiencia cuando se trabaje en una facilidad cuando esté en operación antes de llevar a cabo un cambio completo o empezar a continuar la labor en una planta en expansión.

En términos generales, las uniones roscadas, soldadas tipo enchufe (socketweld), ranuradas (acanalada y embadurnada – grooved and feathered), y otras patentadas que no requieran soldadura a tope son fabricadas e instaladas en campo. La soldadura a tope de pequeñas tuberías (diámetro interior), NPS 1 1/2 y menos, son muy a menudo fabricados e instalados en campo, debido al riesgo añadido de daños durante el transporte, en forma de pre-fabricados, desde el taller hasta el sitio.

Fabricación en taller y montaje en campo

Un taller de fabricación es, en general, un lugar en las instalaciones del fabricante en el cual cualquier tubería, accesorios y componentes se unen mediante soldadura en ensamblajes de secciones de tubería. Las secciones son etiquetadas con un identificador y transportados al sitio de trabajo para la instalación.

Cada pieza de la sección tiene su propio identificador marcado en la propia pieza de alguna manera que hará que sea fácil saber dónde se encuentra su destino en la instalación y / o dónde pertenece en un sistema multi-seccionado de tubería. Esto permitirá que el instalador organice eficientemente los componentes y prepararlos para su instalación.

Como parte del proceso de desarrollar secciones de tubería, se necesita designar juntas soldadas en campo. Éstas son juntas soldadas que conectan las secciones pre-fabricadas. Al hacer esto, el diseñador o fabricante identificará dos tipos diferentes de uniones soldadas de campo.

La primera es una soldadura de campo (Field Weld - FW) y la otra es una soldadura de cierre en campo (Field Closure Weld - FCW).

La FW indica una junta en la que un extremo de segmento de tubería se prepara para que el instalador coloque en el lugar y suelde la junta de conexión sin modificación adicional en campo. Esto significa que la longitud del tubo que se une a otro en campo se corta con precisión a la longitud y extremo preparado en taller para la soldadura.



Figura I.18. Instalación o montaje en campo de secciones de tubería que fueron fabricados en taller.

(http://www.wmhuitco.com/images/CE_Article_3b.pdf)

La FCW proporciona al instalador con una longitud adicional de tubería, por lo general 100 a 150 mm más larga que lo que se indica en los dibujos de diseño, para permitir ajustes. Lo que tiene que ser considerado, y lo que impulsa a la necesidad de un FCW, es la incertidumbre en la ubicación real y de instalación de ambos equipos fijos a conectar, que los ensambles de tubería pueden conectar y la ubicación real instalada del ensamble de la tubería en sí. Lo más probable es que todos los equipos y tuberías no se instalarán exactamente donde se indica en los planos de diseño.

Fabricación en paquete (skid)

Un paquete es un ensamblaje pre-empaquetado que pueden contener todos o algunos de los siguientes componentes de **un sistema operativo**: recipientes (vessels), equipos rotativos, tuberías, componentes de automatización, interfaces de operador, instrumentos, indicadores, paneles eléctricos, cableados y conectores, armaduras, soportes, componentes de tuberías en línea, y aislamientos. Un único sistema de proceso o de utilidad puede caber en un paquete (skid) o, dependiendo de las restricciones de tamaño, puede comprender múltiples paquetes.



Figura I.19. Paquete bomba y motor diesel con tanque de espuma contra incendio.

(<http://www.anvil-fire.com/packaged.html>)

Después de que la fabricación de un paquete se complete, por lo general se somete a pruebas de aceptación en fábrica (factory acceptance testing - FAT) en las instalaciones del fabricante. El paquete se envía entonces al lugar de trabajo donde es instalado en su ubicación final. Después de la instalación, el paquete normalmente atravesaría por una prueba de aceptación en sitio (site acceptance test - SAT), incluyendo una prueba hidráulica adicional. Esto es básicamente sacudir al sistema para determinar que todo está intacto, y que aquellos componentes que no se mantuvieron intactos durante el transporte sean descubiertos y reparados.

La logística y el personal calificado necesarios para la instalación, conexión y puesta en marcha de un paquete particular determinará hasta qué punto el fabricante de paquetes participarán después de que se envíe al sitio de trabajo.

Construcción modular

El término módulo o la construcción modular es muy a menudo, en este contexto, intercambiado con el término fabricación en paquete. Un módulo puede referirse a unidades prefabricadas que en realidad forman la estructura de **una facilidad** (instalación) mientras cada uno es instalado. O bien, las unidades modulares pueden ser sub-ensambles muy pequeños que, al combinarse, forman un completo sistema de proceso o utilidad (servicio), en donde, cada sub-ensamble o módulo cumple una determinada función.



Figura I.20. Envío de una reducción catalítica selectiva (SCR), formada por módulos de vaporizador, descarga y compresión.

(<http://www.pipingsystems.com/pdf/module-capabilities.pdf>)

Los módulos también están compuestos por todos o algunos de los siguientes elementos: recipientes (vessels), equipos rotativos, tuberías, componentes de automatización, sistemas de climatización (HVAC), instrumentación, cableado y conectores eléctricos, armaduras, paredes, elementos arquitectónicos, iluminación, soportes, componentes en línea de tuberías y aislantes. Esto, como un ejemplo, permite que un módulo completo de vestidores pueda ser colocado y conectado a un módulo completo de tratamiento de agua.

El término paquete (skid), en muchos casos, es intercambiado con los más pequeños módulos sub-ensamblados. Debe evitarse una percepción equivocada cuando una empresa define estos dos términos, ambos para el debate interno y con el fin de dejar claro a los contratistas externos, en cuanto a lo que se quiere decir cuando se utiliza el término módulo.

Tolerancias dimensionales para fabricación de tubería

Es importante conocer las tolerancias relacionadas a la construcción de sistemas de tuberías. Existen tolerancias para la fabricación de cada componente de una tubería, pero también existen tolerancias para la unión de cada elemento que forma un sistema de tubería. En la siguiente figura se pueden apreciar tolerancias de fabricación de tuberías para conexiones típicas a equipos. Es evidente que, para construir tramos de tuberías, que no estén conectadas a equipos, la tolerancia será mayor.

Existen tres conceptos fundamentales para definir las tolerancias de montaje de brida entre una máquina y la tubería: paralelismo, holgura y concetricidad.



Figura I.21. Criterios de aceptación de alineación de bridas.

(<http://www.whatispiping.com/alignment-procedure-process-piping-rotating-equipments>)

Paralelismo: antes de fijar las bridas de tubería en las bridas de la máquina, los planos deben alinearse en paralelo como se muestra en la Figura I.21. La diferencia entre la distancia máxima y la mínima será el valor de desalineación "T", que se verificará con la hoja de criterios de

aceptación (ver Figura I.21). Después de cada ajuste, se comprueba y se registra las medidas hasta que se alcance una alineación aceptable.

Holgura: se comprueba el tipo de empaque (gasket), el material y la dimensión. La distancia entre las bridas debe ser lo suficiente como para insertar el empaque (gasket) deslizándolo en el interior sin causar ningún daño en ella y en los planos de la brida.

Concentricidad: se comprueba las dimensiones de los pernos de sujeción de la brida y se alinea los orificios correspondientes. Los orificios de los tornillos de la brida deben alinearse dentro de un desplazamiento máximo de 3 mm y, en cualquier caso, cuando las bridas están acopladas, los pernos de sujeción deben deslizarse libremente sin interferencias a través de los orificios.

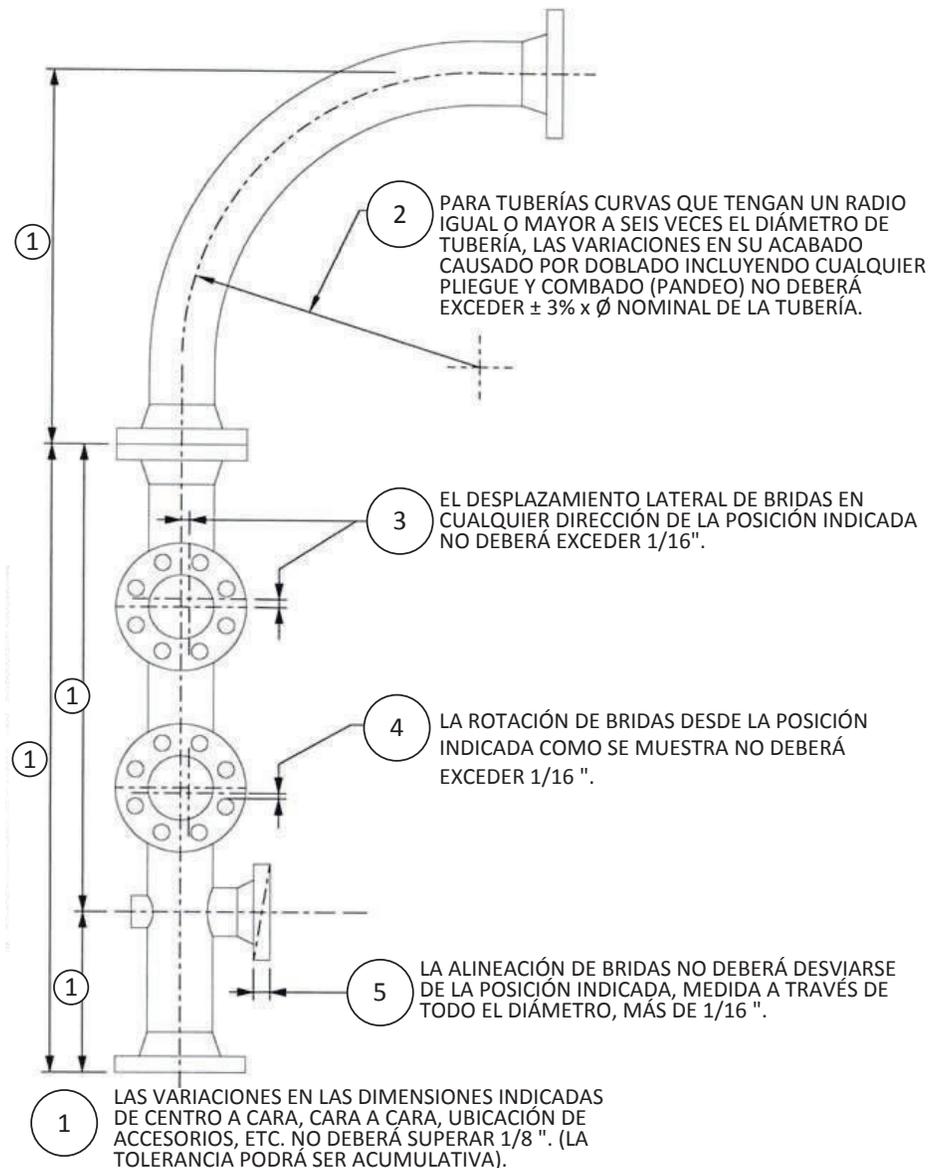


Figura I.22. Tolerancias para fabricación de tubería, recomendadas por el Pipe Fabrication Institute.

(http://www.wermac.org/documents/engineering_standard_part14.html)

I.4 Organigrama general de SANTOS CMI

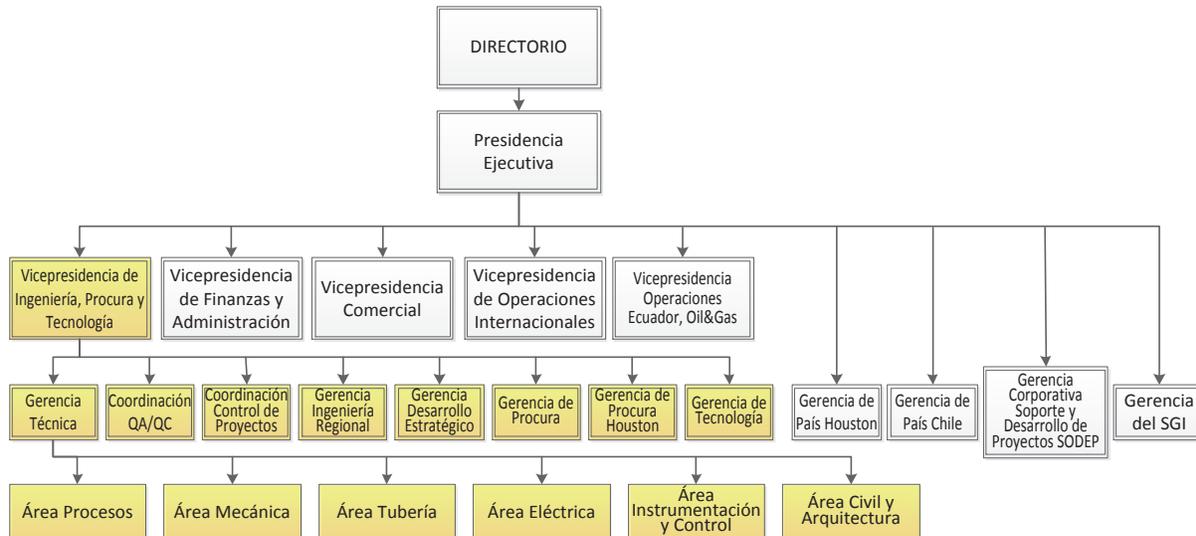


Figura I.23. Organigrama simplificado de SANTOS CMI.
(SANTOS CMI)

I.5 Gestión de proyectos en ingeniería de tuberías

La gestión de proyectos en ingeniería de tuberías se resume en las siguientes figuras. Es típico el uso de 6 fases para el desarrollo de proyectos en los que usualmente se involucra la ingeniería de tuberías. Cabe indicar que a las fases pre-conceptual, conceptual, factibilidad y desarrollo, también se les conoce como: FEL1, FEL 2, FEL 3 y FEL 4, respectivamente²⁴. La Figura I.24, aplicable a pozos petroleros, pero generalizable, representa las actividades que sigue usualmente la gestión de riesgos e incertidumbre, y que proporciona una ventaja competitiva.

Entre las empresas en este proceso destacan los pasos de análisis de riesgo (mostrados en amarillo) y los procesos tienen puntos, llamados "hitos de decisión" o "hitos de etapas" (mostradas en rojo) en cada fase del proceso.

El enfoque de ejecución de proyectos es sorprendentemente similar entre empresas operadoras, despliegan equipos humanos diferentes en cada fase del ciclo de vida (pre conceptual, conceptual, etc.) utilizando diversas herramientas de gestión para desarrollar lo que se llama "artefactos" de riesgo de proyecto al final de cada fase.

Como se muestra en la Figura I.24, ejemplos de estos artefactos podrían ir desde registros de riesgo en la fase conceptual a listas de verificación, protocolos y formularios para la gestión del cambio durante la fase de implementación. Los procesos de ejecución de proyectos de las empresas operadoras son similares, sin embargo, según investigaciones de mercado se muestra

²⁴ FEL (Front-End Loading) significa Concentración del Gasto al Principio de un Período o Fases por Compuertas.

que su falta de éxito en la ejecución se debe en gran medida a lo que no están haciendo. Lo que falta es un sistema de apoyo de gestión de riesgo basado en una infraestructura electrónica de información de riesgos que permite monitorear en tiempo real el perfil de riesgo del proyecto.

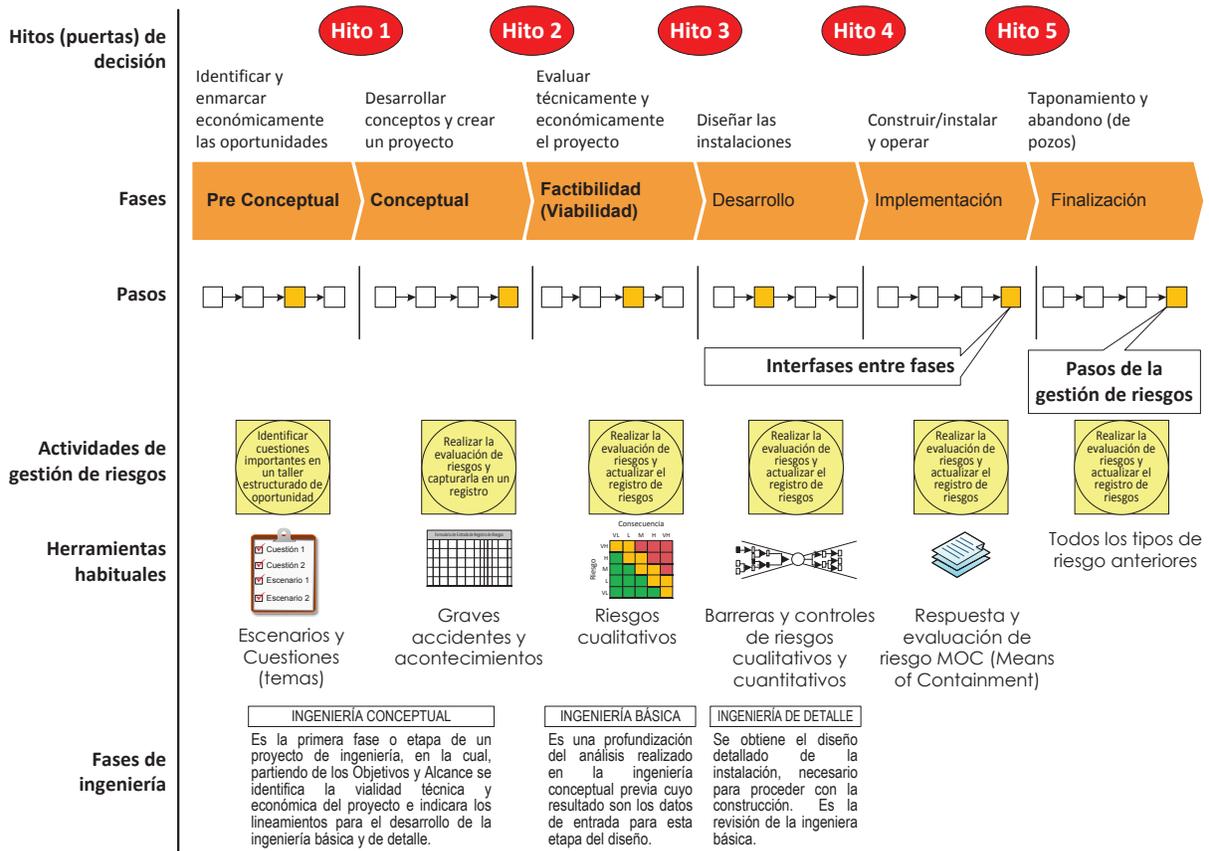


Figura I.24. Procesos típico de desarrollo de proyectos a lo largo del ciclo de vida de un pozo petrolero.²⁵

(SANTOS CMI)

En la Figura I.25 se muestra que el costo de cambio de diseño aumenta exponencialmente conforme avanza el tiempo de construcción. Además, se aprecia que disminuye con el tiempo la capacidad de reducir los costos y la capacidad para añadir valor al proyecto. Es por esto que se requiere prestar especial interés y dedicación al inicio del proyecto, para evitar que el proyecto tenga errores, salga más caro, tenga menos calidad, menos seguridad y que se retrase inevitablemente. Este especial interés se lo debe dar en el pre diseño y en el diseño esquemático; para el caso de diseño de tuberías, se refiere a la elaboración de estándares verificados y de acuerdo con el campo de aplicación de cada empresa.

La Figura I.25 muestra algunas curvas importantes que se han tomado en cuenta en este proyecto, ya que este persigue reducir los costos de cambio de diseño, siguiendo un proceso

²⁵ Diagrama basado en el documento: <http://www.ogfj.com/articles/print/volume-7/issue-12/features/managing-risk-and-uncertainty-provides.html>

preferido de diseño, el cual influye muy directamente al costo total del proyecto y además pretende reducir el tiempo de diseño de los mismos.

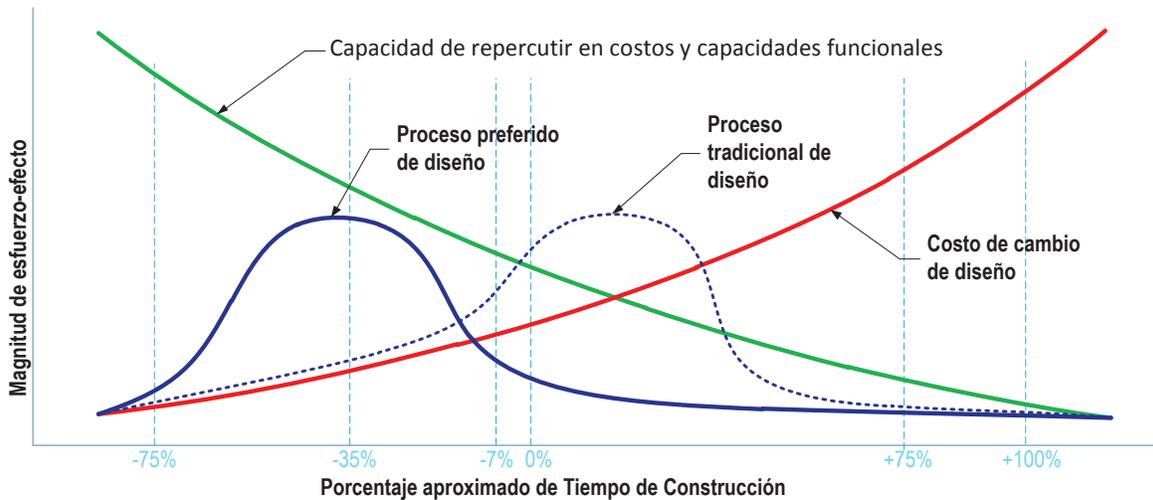
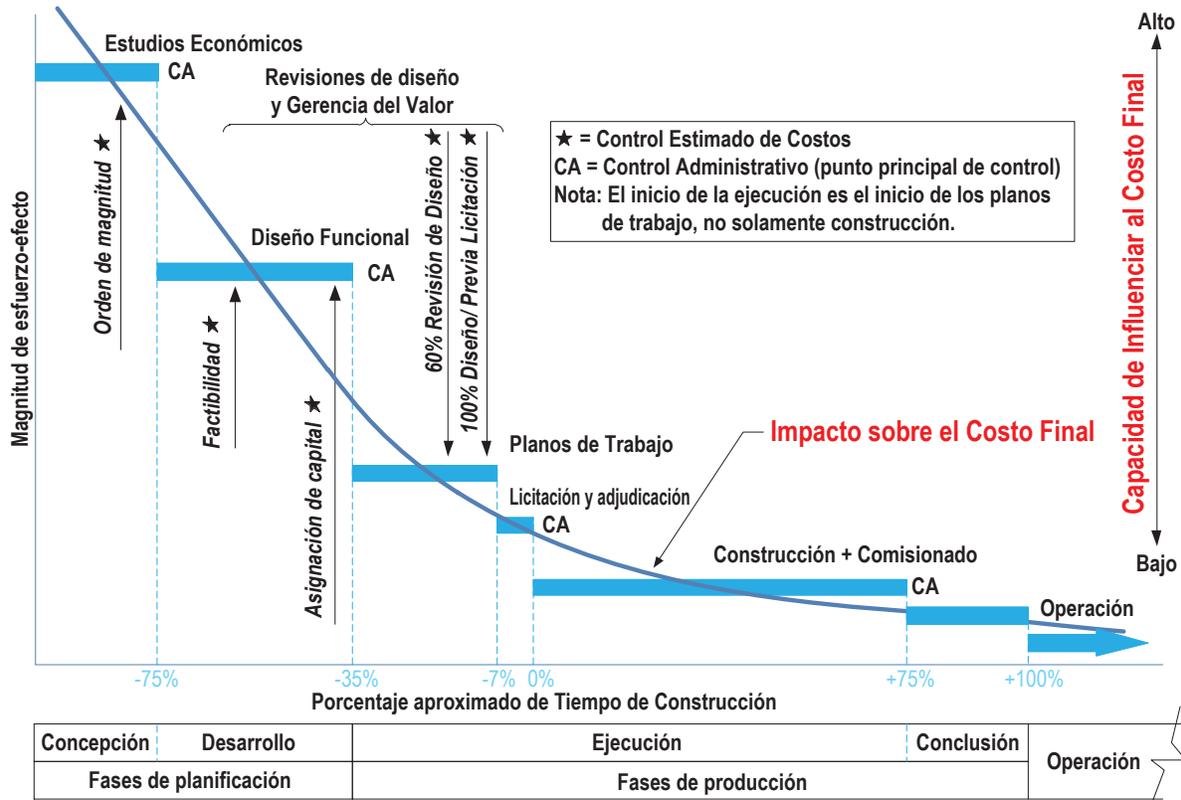


Figura I.25. Curvas relevantes a tener en cuenta durante la gerencia de proyectos.²⁶

(Elaboración propia)

En las siguientes figuras se detallan básicamente las actividades típicas por fase de proyecto que se siguen durante el desarrollo de la ingeniería de tuberías.

²⁶ Diagrama basado en el documento: <http://srmprojects.ca/> y de Max's Project Management Wisdom, consultado junio 2015 de <http://www.maxwideman.com/papers/managing/stages.htm>

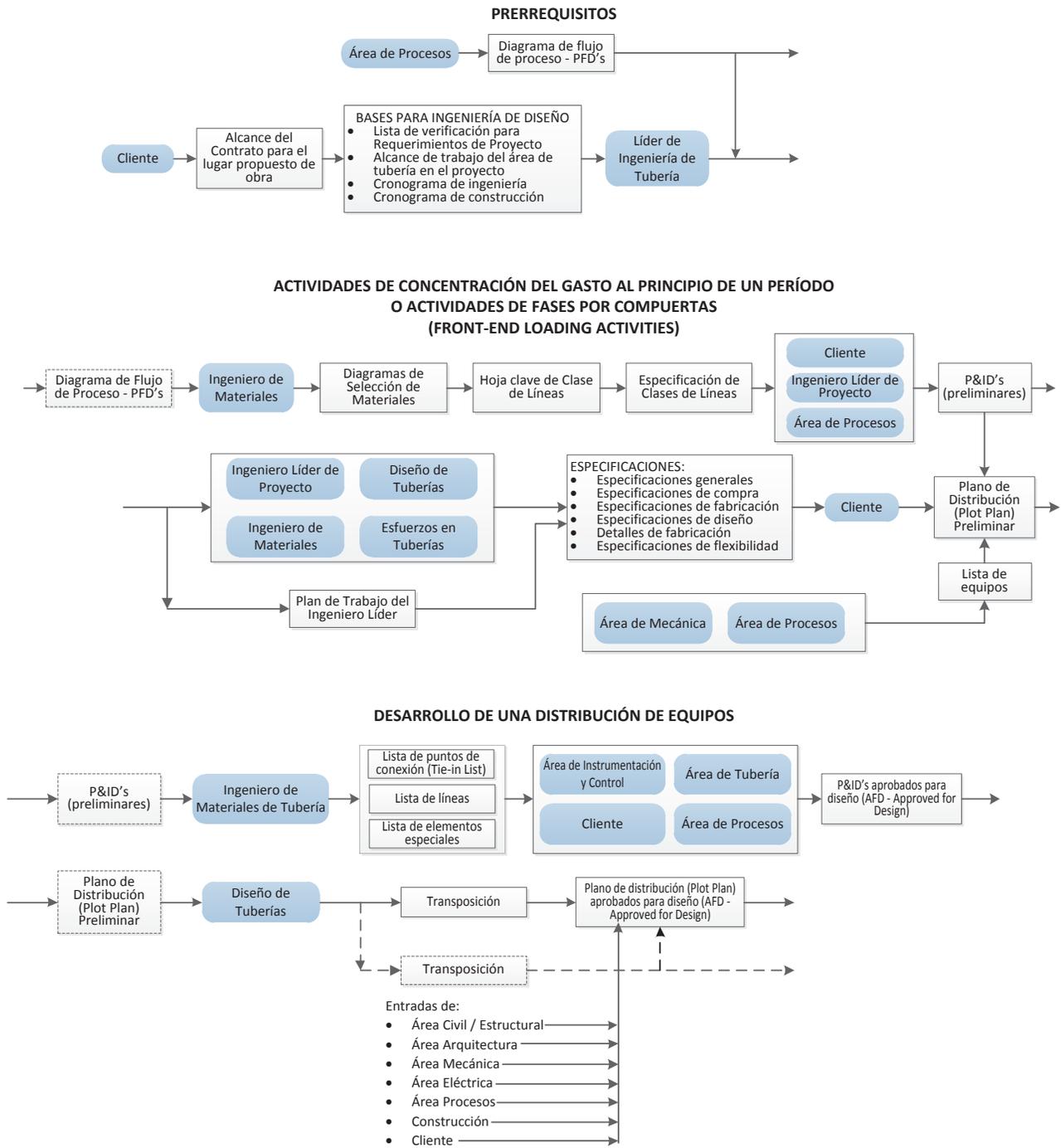


Figura I.26. Fases de Prerrequisitos, Actividades FEL y Distribución General de Planta (Plot Plan) durante el desarrollo de un proyecto para la Ingeniería de Tuberías.

(SANTOS CMI)

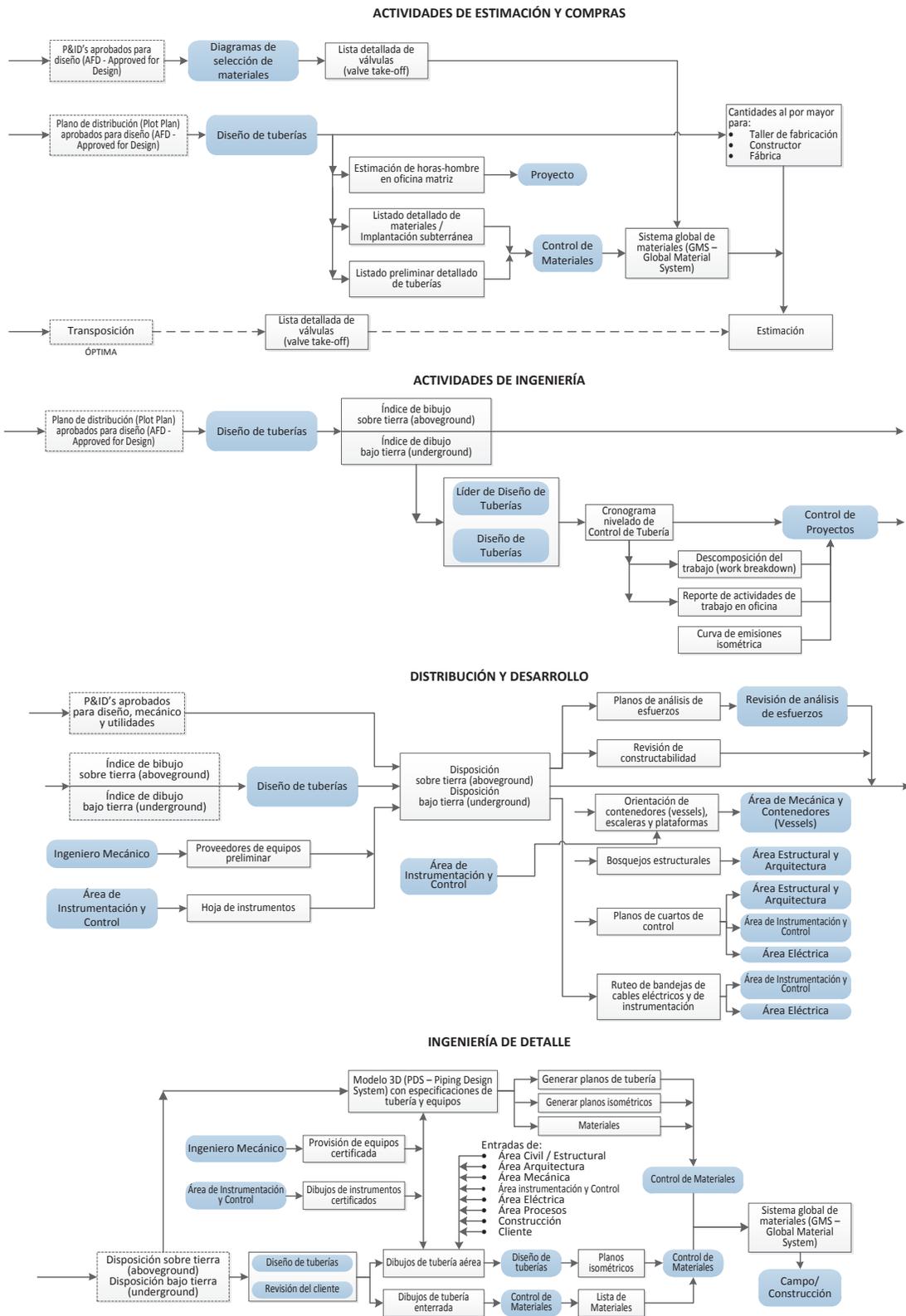


Figura I.27. Fases de Estimación y Compras, Ingeniería, Distribución y Desarrollo e Ingeniería de Detalle durante el desarrollo de un proyecto para la Ingeniería de Tuberías.

(SANTOS CMI)

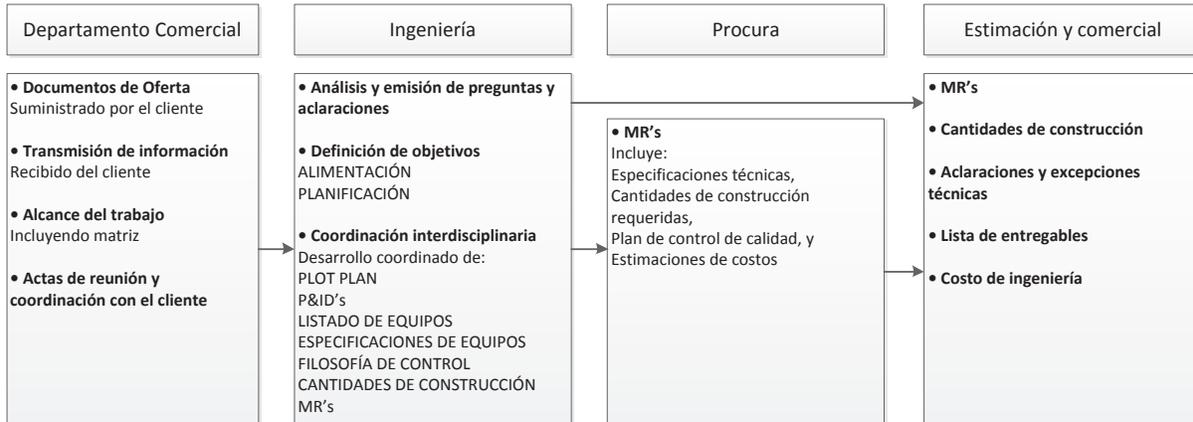
Gestión de proyectos en SANTOS CMI

Planificación y ejecución de la ingeniería

El diagrama de flujo sobre Planificación y Ejecución de la Ingeniería de SANTOS CMI se encuentra en la Figura I.29.

PROCESOS DE MACRO INGENIERÍA

FASE DE OFERTA



PROCESOS DE MACRO INGENIERÍA

FASE DE PROYECTOS EPC

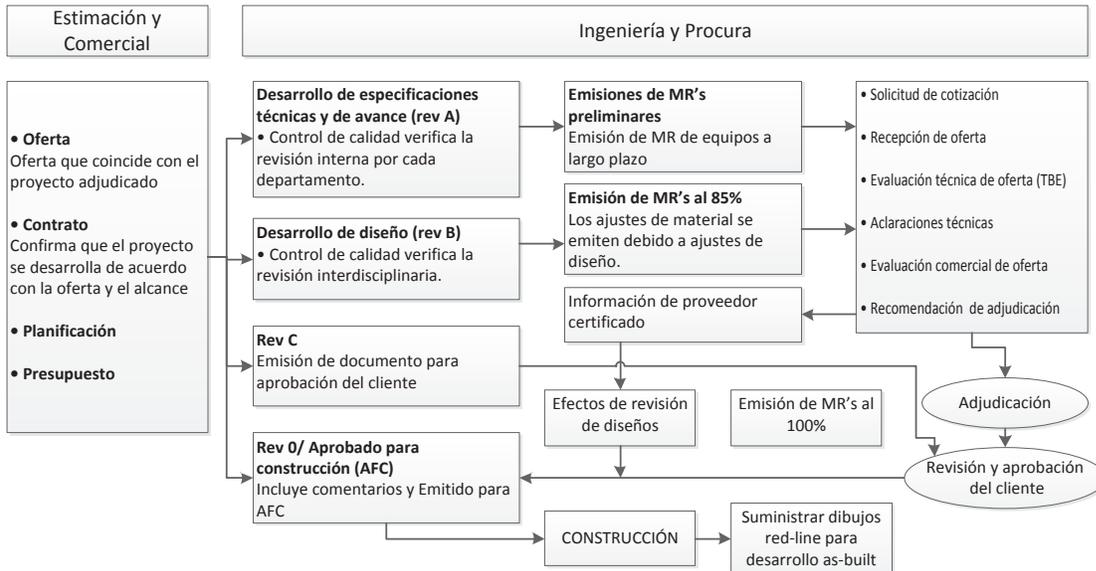


Figura I.28. Procesos de Macro Ingeniería de las fases de Oferta y Proyectos EPC, para la empresa SANTOS CMI.

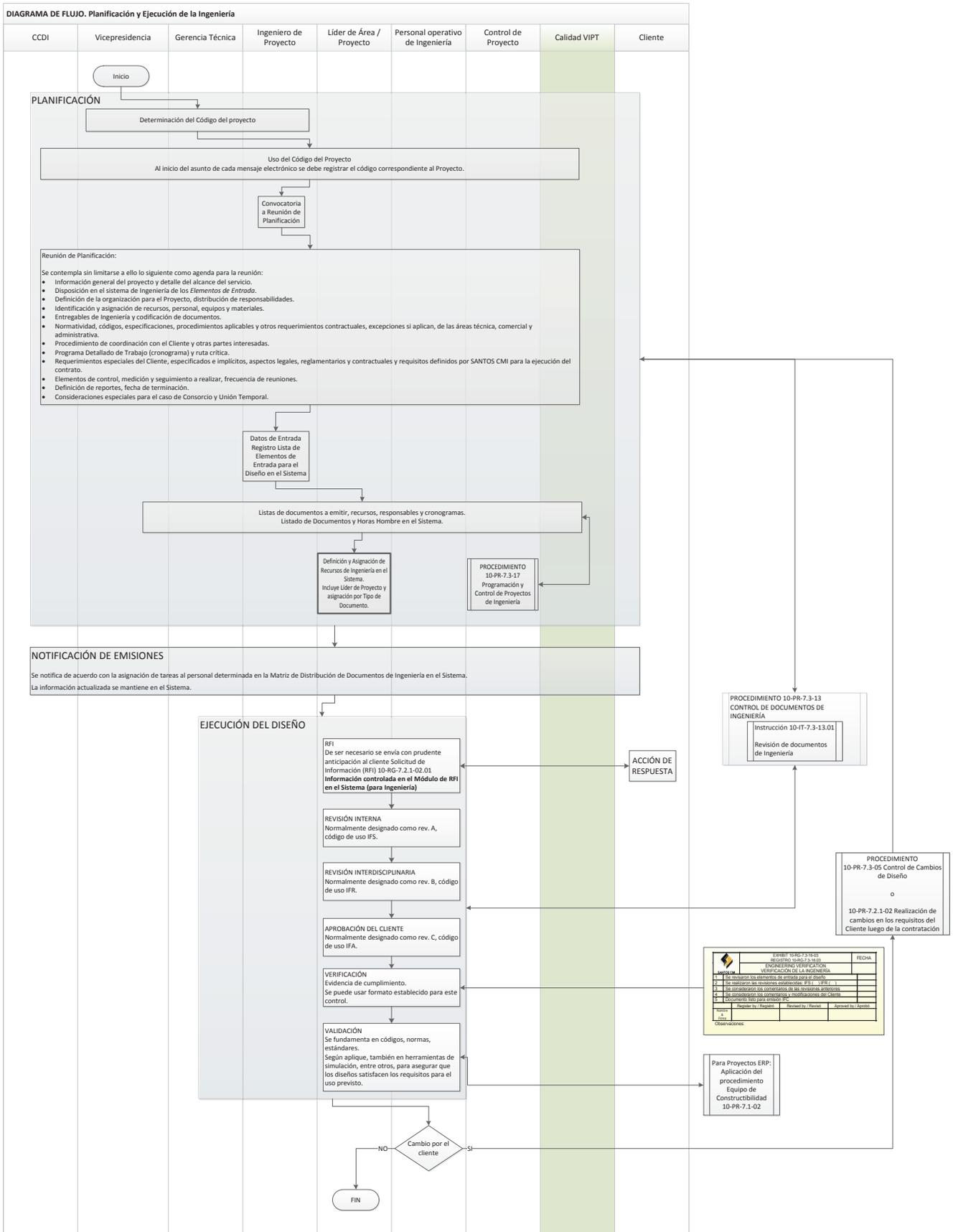


Figura I.29. Planificación y ejecución de la ingeniería en SANTOS CMI.

PROCESOS DE MICRO INGENIERÍA

ÁREA DE MECÁNICA

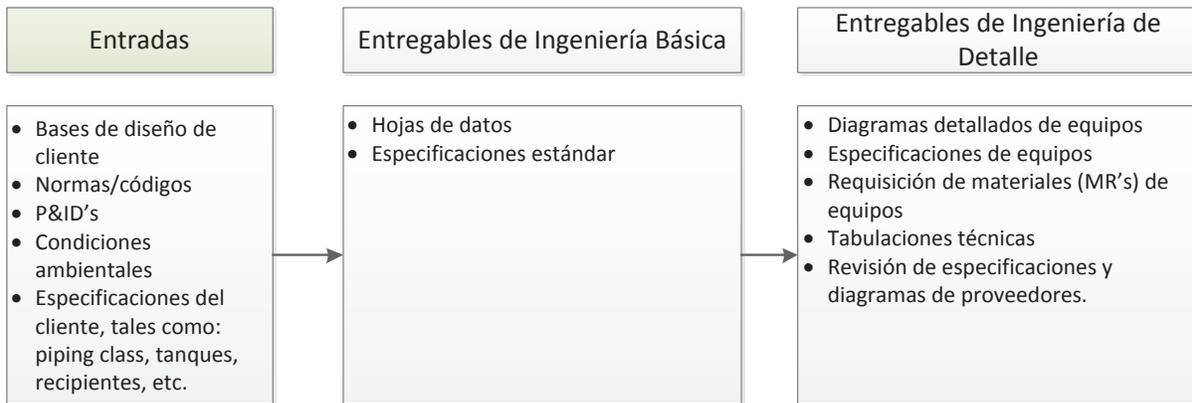


Figura I.30. Documentos relevantes realizados por el área de Mecánica.

PROCESOS DE MICRO INGENIERÍA

ÁREA DE TUBERÍA (PIPING)

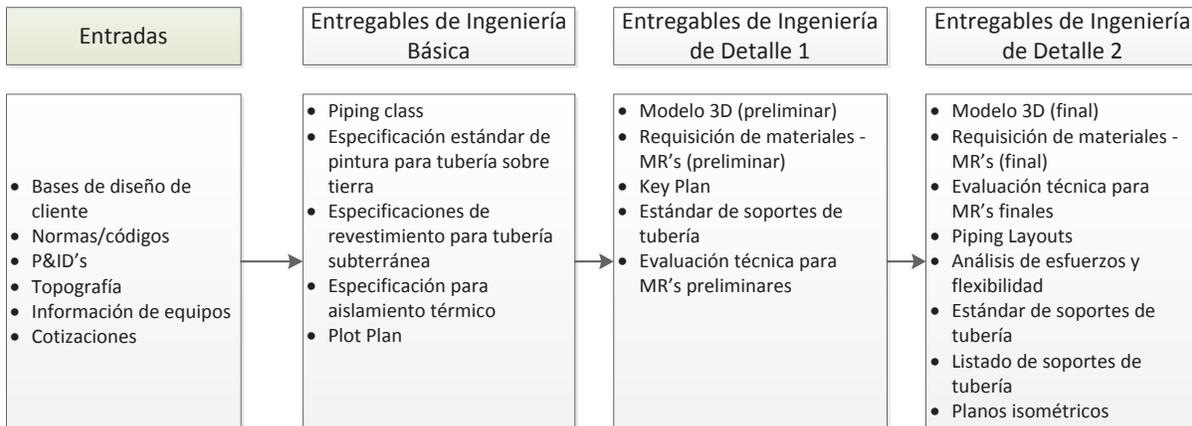


Figura I.31. Documentos relevantes realizados por el área de Tubería (Piping).

PROCESOS DE MICRO INGENIERÍA

ÁREA DE CIVIL

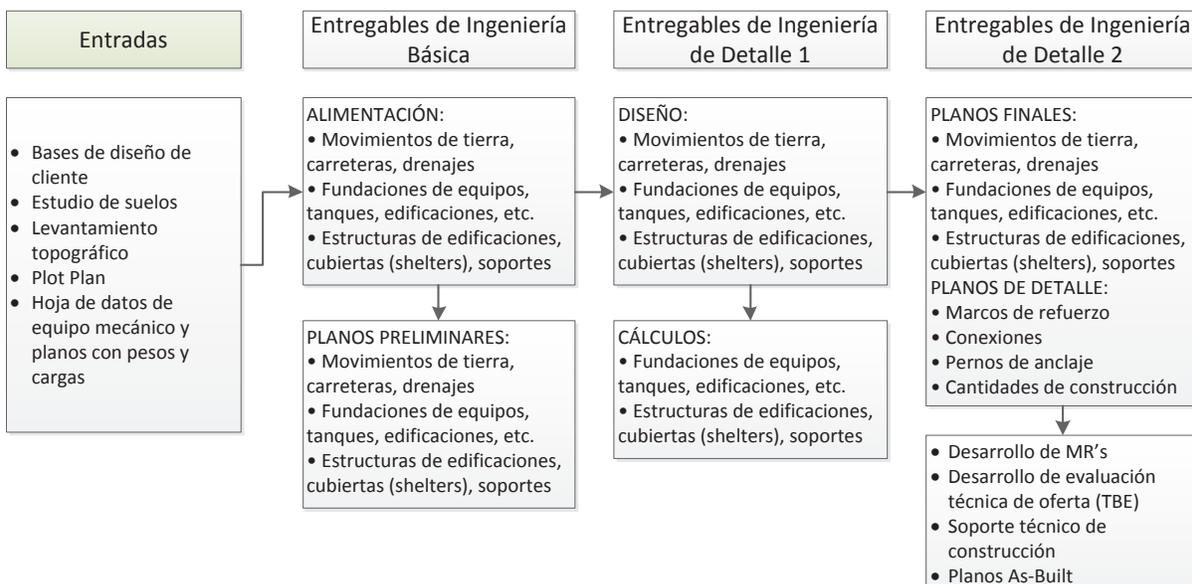


Figura I.32. Documentos relevantes realizados por el área Civil.

PROCESOS DE MICRO INGENIERÍA
ÁREA DE INSTRUMENTACIÓN, CONTROL Y COMUNICACIÓN

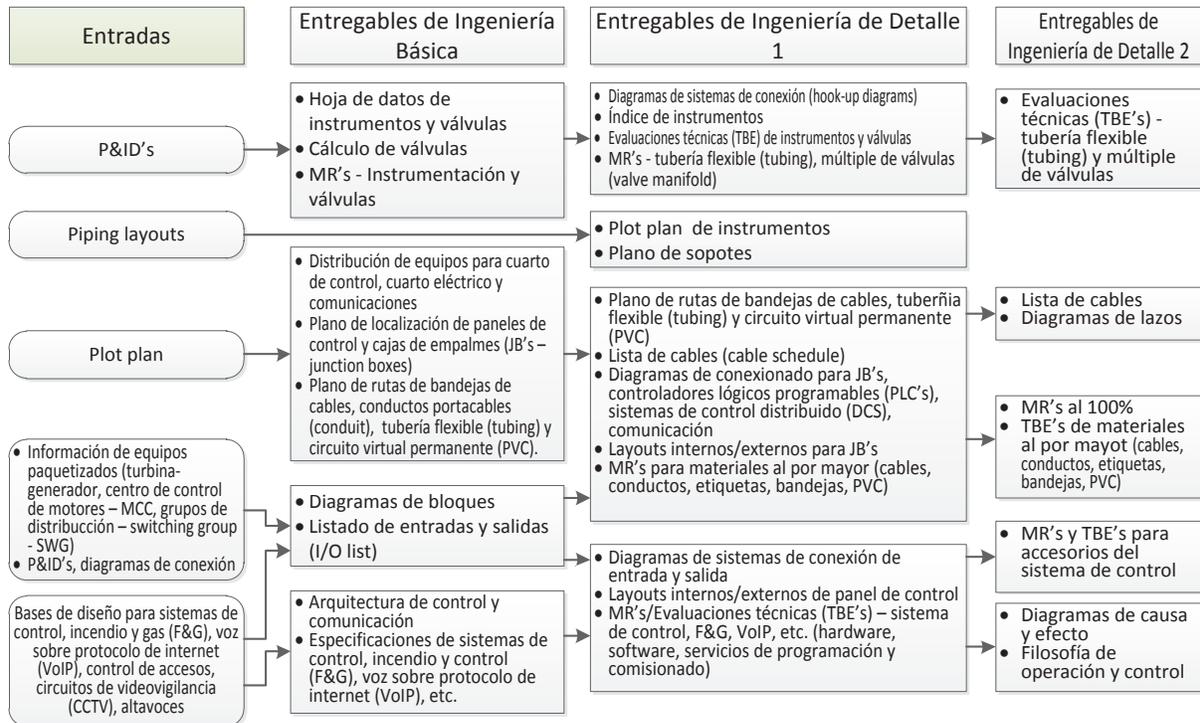


Figura I.33. Documentos relevantes realizados por el área de Instrumentación, Control y Comunicación.

PROCESOS DE MICRO INGENIERÍA
ÁREA ELÉCTRICA

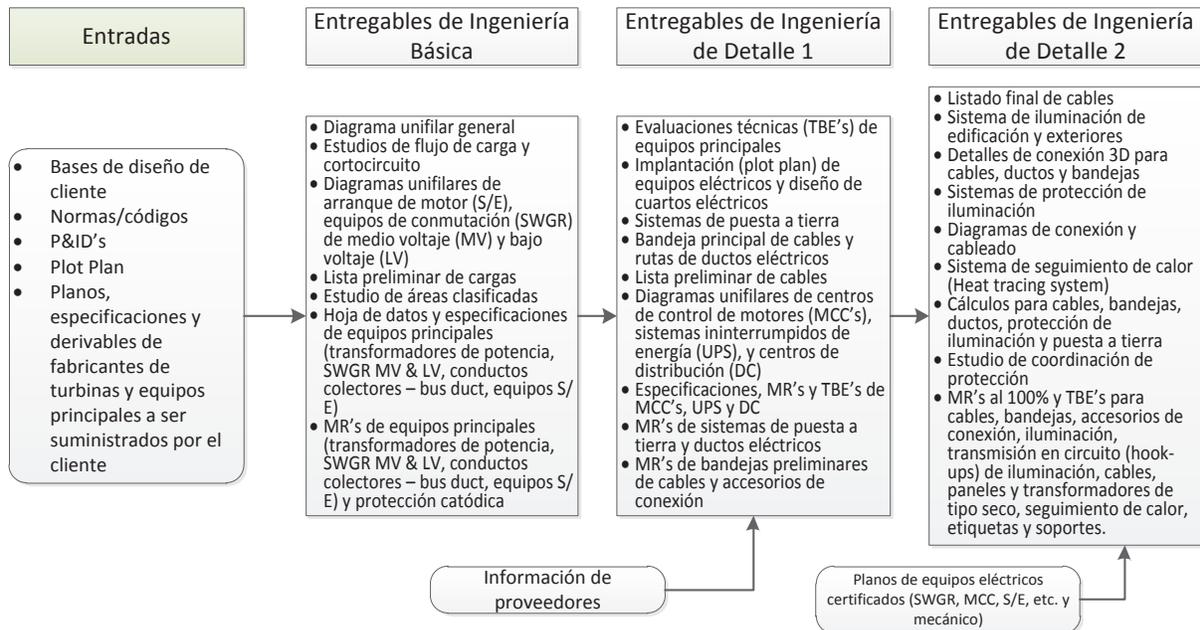


Figura I.34. Documentos relevantes realizados por el área Eléctrica.

I.6 Sistemas de tubería en plantas industriales

Sistemas de tubería para la industria hidrocarburífera

La industria hidrocarburífera es muy extensa y es muy rica de aplicaciones dentro del campo de la ingeniería de tuberías. En la siguiente tabla se aprecia una lista de materiales de tubería por servicio, que opera a temperaturas medianas.

Tabla I.1. Índice de servicios y condiciones de operación para instalaciones de exploración y producción.

Clasificación de materiales por servicio.							
Requisitos específicos del proyecto.							
Índice de servicio.							
Servicio.	Temp. máx. op. °C (°F).			Presión máx. op. kPa (psig).			Material tubería
	Líquido	L/V	Vapor (gas).	Líquido	L/V	Vapor (gas)	
A03A							
Biocida orgánico	38 (100)			979 (142)			Clase 150 R.F. ASTM B 619 UNS N10276 T.C. = 0 mm (0 pulg)
Regulador de PH. (Ácido sulfúrico al 95%, Ácido fosfórico del 69-85%, Ácido clorhídrico al 28%)	38 (100)			689 (100)			ASTM B 619 UNS N10276 de DN 13 (NPS 1/2) a DN 200 (NPS 8)
Solución bactericida	43 (110)			1655 (240)			
A03K							
Barredor de oxígeno	43 (110)			296 (43)			Clase 150 R.F. Ac. Inox. UNS S30403 T.C. = 0 mm (0 pulg)
Inhibidor de corrosión	43 (110)			296 (43)			ASTM A 312 Gr. 304L C/C de DN 13 (NPS 1/2) a DN 300 (NPS 12)
Inhibidor de Incrustación	43 (110)			Atm.			ASTM A 409 Tp 304 "EFW" C/C C/C DN 350 (NPS 14)
Soluc. antiespumante	43 (110)			786 (114)			
Solución de polímero	43 (110)			1076 (156)			(1)
A15A							
Cemento (1)			38 (100)			310 (45)	Clase 150 R.F. Acero al carbono T.C. = 0 mm (0 pulg)
Barita (1)			38 (100)			310 (45)	ASTM A 106 Gr. B de DN 15 (NPS 1/2) a DN 50 (NPS 2)
							ASTM A 53 Gr. B S/C de DN 80 (NPS 3) a DN 200 (NPS 8)
A21A							
Aceite de calentamiento	246 (475)			552 (80)			Clase 150 R.F. Acero al carbono T.C. = 1,6 mm (1/16 pulg)
							ASTM A 106 Gr. B de DN 13 (NPS 1/2) a DN 400 (NPS 16)

(PEMEX, 2011), pág. 45.

En cualquiera de los equipos que se detallan en el ANEXO II o en cualquiera de las interconexiones de tubería entre equipo se encuentra un sistema de tuberías que puede ser estandarizado. Es más, toda una planta puede ser estandarizada, claro, siguiendo criterios de versatilidad y otros.

Sistemas de tubería para centrales eléctricas (power plants)

Los sistemas de tubería son una parte esencial de las centrales eléctricas, por ejemplo, una central eléctrica de vapor.

Tomando el caso de una central eléctrica de vapor, los sistemas de tubería se emplean para transmitir agua, vapor, aire, crudo y vapor de una posición a otra (generalmente de un equipo a otro).

Tipos de sistemas de tubería usados en centrales eléctricas

En el caso de una central eléctrica de vapor, se emplean muchos fluidos como agua, crudo, vapor, gas, etc. durante su operación. Esto requiere una variedad de sistemas de tubería integrados, tales como:

- TUBERÍA PARA TRANSPORTAR AGUA: agua cruda (raw water), agua de alimentación (feed water), agua de enfriamiento para condensado (condensate) y condensador (condenser).
- TUBERÍA PARA TRANSPORTAR VAPOR: principal (main), recalentamiento (reheat), vapor purgado de escape (bleed exhaust steam).
- TUBERÍA DE PURGA (BLOW OF PIPING): caldera (boiler), evaporador (evaporator), tratamiento de alimentación (feed treatment).
- TUBERÍA MISCELÁNEA: tratamiento de agua (wáter treatment), agua de servicios (service water), aceite lubricante (lubricating oil), drenajes (drains), aire comprimido (compressed air), etc.

Materiales de tubería típicos para centrales eléctricas

En el caso de una central eléctrica de vapor, se emplean materiales como:

- HIERRO FUNDIDO (CAST IRON): Las tuberías de hierro fundido se usan enterradas para sistemas de agua y drenajes a fin de que se ubiquen donde el problema de corrosión es excesivo. Las tuberías de hierro fundido se usan para servicio de agua hasta una presión de 15kg/cm².
- HIERRO FORJADO (WROUGHT STEEL): Las tuberías de hierro forjado se usan para condensado, agua de alimentación y líneas de purga.
- ACERO FORJADO (ALLOYS STEEL): Para fluidos a altas temperaturas, las tuberías son hechas de aceros aleados. Los aceros al cromo se usan para temperaturas superiores a 525°C. Para aceros entre 400°C y 525°C, los aceros al carbono-molibdeno son usados.
- COBRE Y LATÓN (COOPER AND BRASS): Las tuberías fabricadas de cobre y latón son costosas y son las más usadas para transportar crudo. Las tuberías de latón se usan para presiones de hasta 20 kg/cm².

Planta de potencia RWE quemadora de lignito en Neurath (diseño de planta optimizado, Bo A - Braunkohlekraftwerk mit optimierter Anlagetechnik), 1 100 MW

■ **Agua de alimentación (Feed water)**
430 bar, 250 °C, Ø 588 mm, w.th. 44 mm

■ **Vapor principal (Main steam)**
295 bar, 610 °C, Ø 549 mm, w.th. 97 mm

■ **Recalentado frío (Cold reheat)**
75 bar, 435 °C, Ø 824 mm, w.th. 31 mm

■ **Recalentado caliente (Hot reheat)**
70 bar, 615 °C, Ø 806 mm, w.th. 43 mm



Figura I.35. En este esquema 3D se muestran 4 sistemas de tubería de alta presión y sus condiciones típicas de operación dentro de la central eléctrica de lignito Neurath en estado de Renania del Norte, Westfalia, Alemania.

([http://www.bilfinger.com/C1257130005050D5/vwContentByKey/W26V3CDH454MARSDE/\\$File/CMD_02122010_Diehl_final.pdf](http://www.bilfinger.com/C1257130005050D5/vwContentByKey/W26V3CDH454MARSDE/$File/CMD_02122010_Diehl_final.pdf))

I.7 Departamento técnico (ingeniería) de SANTOS CMI

Cuando se diseña una planta o se la amplía o modifica, una gran cantidad de temas (asuntos) tienen que ser discutidos; esto involucra que una organización se articule en diferentes equipos (humanos) operativos, cada uno de los cuales se especializa en desempeñar una parte bien definida de todo el diseño. En SANTOS CMI, a estos equipos se los llama áreas. En un departamento de ingeniería, casi toda la información se transmite a través de planos, especificaciones y comunicaciones escritas.

La ejecución de proyectos en la empresa SANTOS CMI la realiza el Departamento Técnico (ingeniería) de la empresa, la cual está conformada por las siguientes áreas o disciplinas:

- Procesos
- Arquitectura
- Eléctrica
- Instrumentación y control
- Civil y Estructural
- Mecánica
- Tubería (Piping)
- Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado (HVAC)

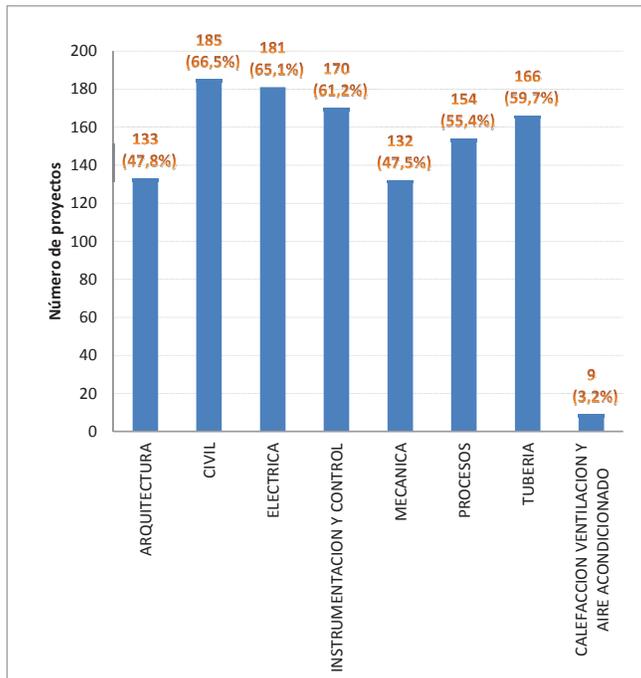


Figura I.36. Participación en proyectos por área de un total de 278 proyectos, desde julio 2006 hasta abril 2013.

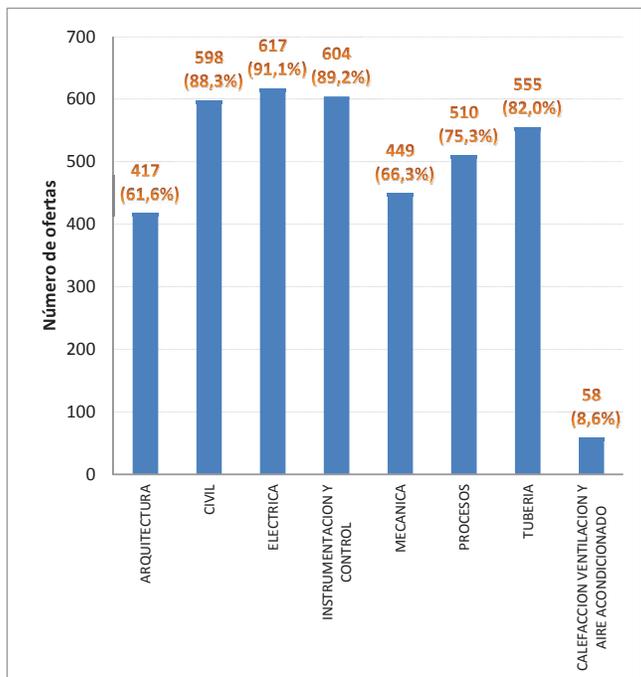


Figura I.37. Participación en proyectos por área de un total de 864 ofertas, desde marzo 2008 hasta abril 2013.

Área de procesos

En esta área se diseñan procesos, se evalúan y optimizan procesos existentes. Es decir, esta área establece cuáles y cuántas maquinarias y componentes de equipos se necesitan, y cómo se interconectan; también establece las características de cada componente de equipo y maquinaria.

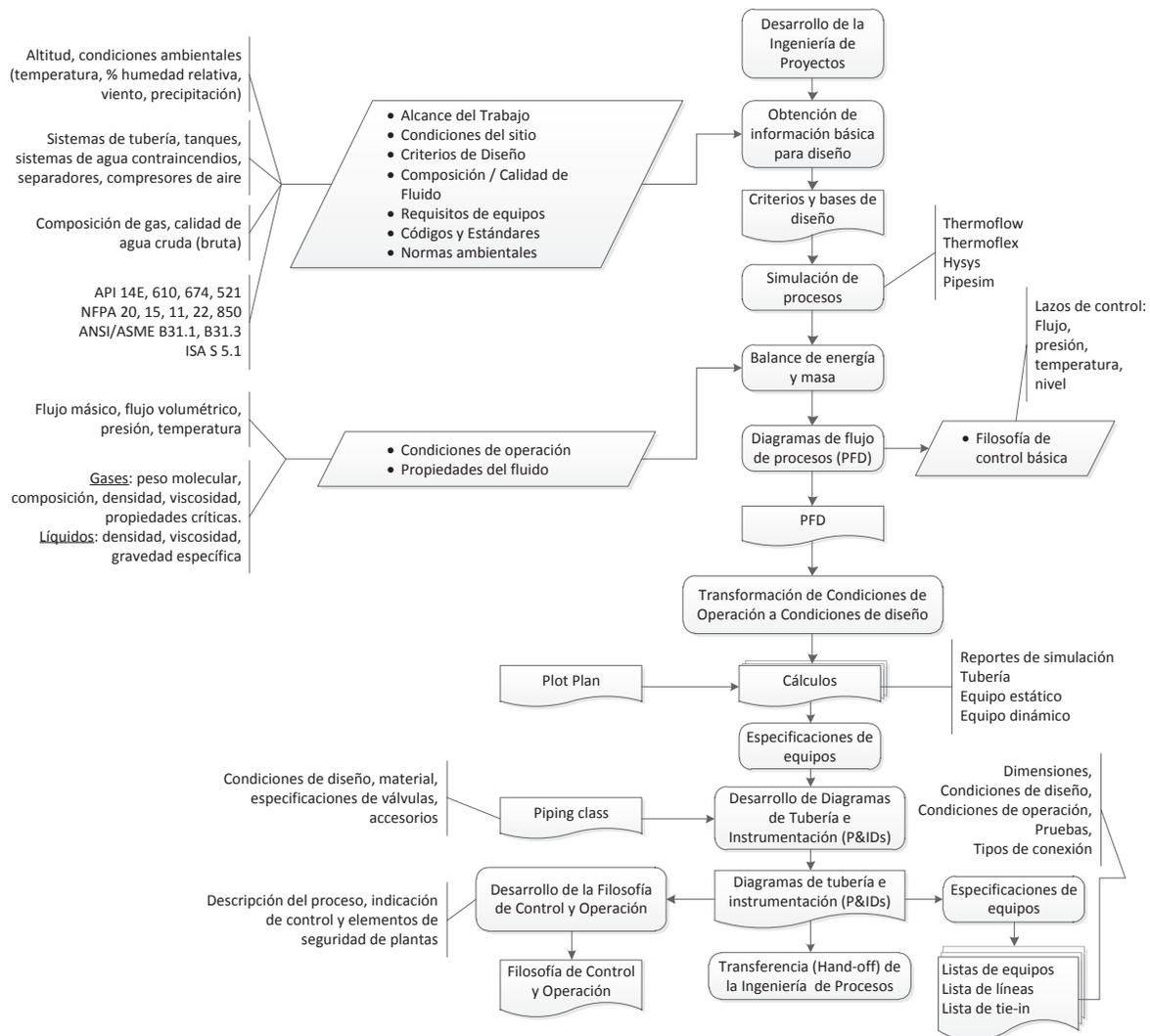


Figura I.38. Diagrama de flujo, aplicable al área de Procesos.

Área civil y estructural

Esta área es la responsable del cálculo y diseño de todas las suportaciones más adecuadas para resistir cargas; esto es, calcula y diseña todas las obras estructurales y de concreto reforzado, edificios civiles, vías, cimentaciones, asentamientos de terreno, etc. Basado en estudios técnico-económicos, este departamento seleccionaría también el material a utilizar en estructuras (hormigón o metálico).

Área de arquitectura

El área de arquitectura tiene a cargo todo lo relacionado al diseño y planificación, según normas actuales, de:

- Dibujos arquitectónicos.

- Instalaciones sanitarias.
- Detalles técnicos de construcción.
- Evaluación de cantidades de obra.

Área de mecánica

Esta área o disciplina es la responsable del diseño y/o selección (especificación) de los equipos a presión, maquinaria, componentes de equipos como: calentadores, intercambiadores de calor, columnas, reactores, recipientes a presión, tanques, etc.

Área de eléctrica

En general cualquier proyecto por pequeño que sea tiene una parte relacionada con este departamento. Para las plantas de proceso, la inversión eléctrica supone la mayoría de las veces una carga de trabajo en horas pequeña en comparación con otras actividades de otros departamentos.

La responsabilidad de este departamento se resume en la realización de los trabajos de especificación y diseño eléctrico del proyecto; es decir, diseña los sistemas de energía eléctrica, junto a sus rutas de bandejas de cables, y define los motores eléctricos adecuados para cada componente de maquinaria.

Área de tubería (piping)

El departamento de tuberías es el responsable de:

- ◆ Diseño y de la delineación de todo lo referente al transporte de fluidos por sistemas de interconexión de tubería,
- ◆ Arreglo o distribución de equipos en una planta industrial.,
- ◆ Especificaciones de tubería,
- ◆ Control de materiales de tubería requeridos para un proyecto.

Su carga de trabajo en horas es casi siempre la más elevada de todos los departamentos involucrados en el Proyecto, lo que da idea de su importancia en este tipo de proyectos.

Su objetivo principal es conseguir el mejor diseño de tuberías desde un punto de vista técnico-económico compatible con la operatividad, mantenimiento y seguridad de la planta. Las interconexiones de tubería entre equipos de planta se realizan de acuerdo a los P&ID's y especificaciones de equipos.

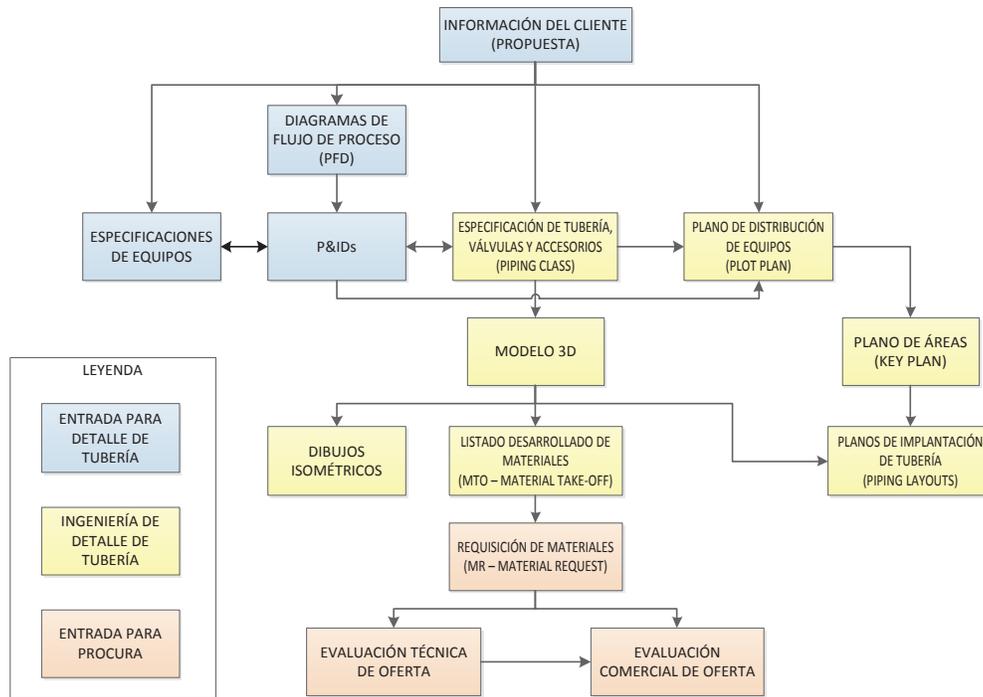


Figura I.39. Diagrama de flujo de planos y documentos aplicable al área de Tubería.

Área de instrumentación y control

Es responsabilidad de este departamento el definir los instrumentos de medida y elementos y sistemas de control requeridos para regular el proceso y suministrar información a los operadores de la operación de la planta y sus incidencias.

Departamento de procura

Este departamento proporciona información para la gestión de compras, pruebas para envío (despacho) de todos los componentes de una planta.

	INGENIERIA 	PROCURA 	CONSTRUCCION 
INGENIERIA		MR Lista proveedores recomendados TBE Solicitud aclaraciones Información técnica de proveedores	Dossier aprobado
PROCURA	Ofertas Aclaraciones Solicitud evaluación de alternativas Documentos finales del proveedor para aprobación		Recomendación adjudicación CBE Reportes MR & PO Status Novedades de seguimiento Coordinación logística Control Presupuesto
CONSTRUCCION		Aprobaciones Reclamos Novedades en recibo materiales Lista proveedores recomendados	

Figura I.40. Interacción departamental del departamento de Procura.

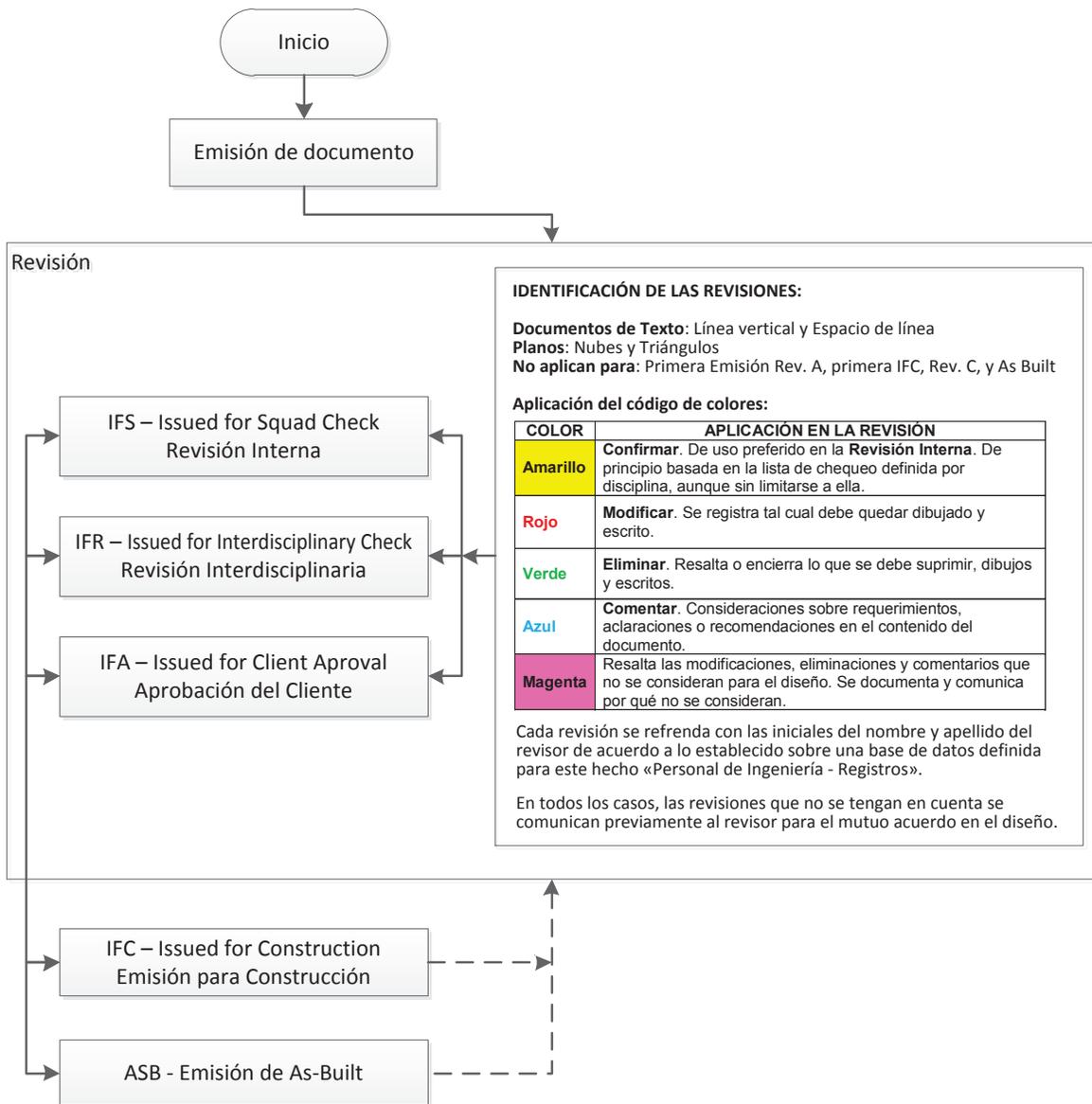


Figura I.41. Diagrama de flujo que muestra la metodología usada para revisión de documentos para la empresa SANTOS CMI.

I.8 Uso de sistemas de tubería en SANTOS CMI

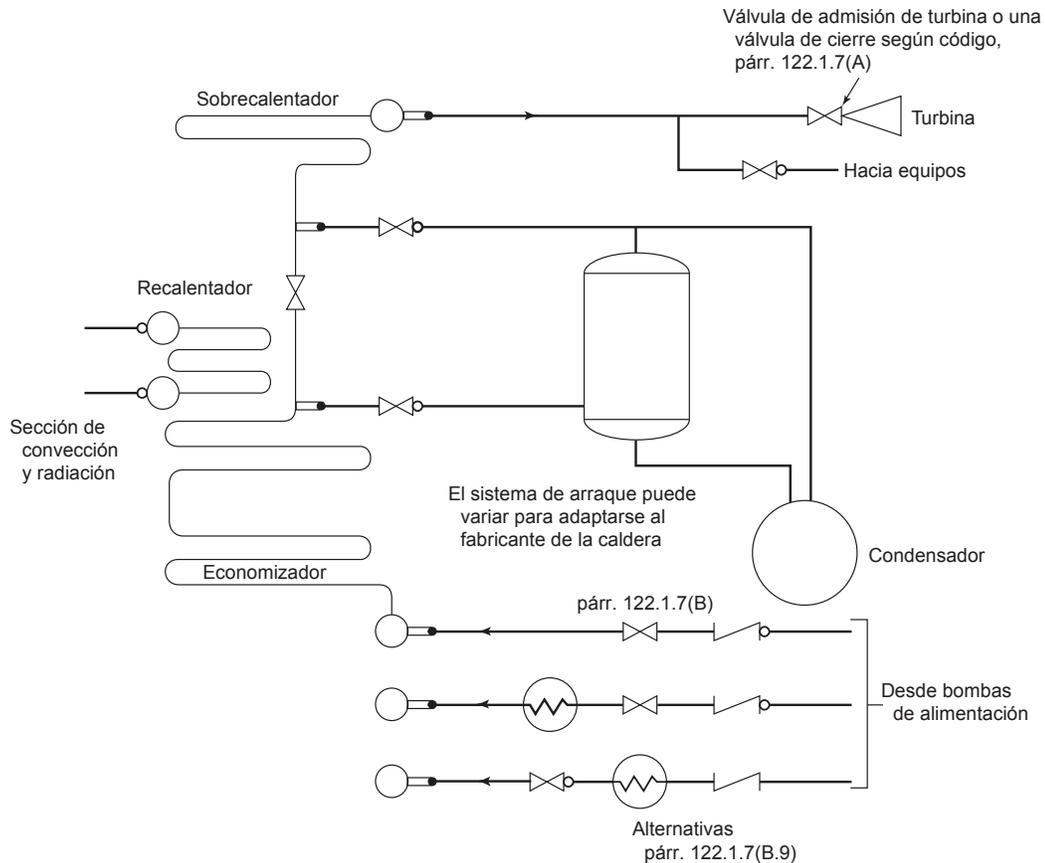
En la Tabla I.2 se resume el uso de sistemas de tubería por proyecto. En la misma se evidencia que se han desarrollado proyectos que contienen sistemas de tubería para el transporte de aceite crudo y gas como materia prima, productos intermedios y productos terminados del procesamiento del petróleo y el gas. También se han desarrollado sistemas de tubería para: potencia o fuerza cubierta por ASME B31.1 o equivalente, tubería cubierta por ASME B31.4 o ASME B31.8 o equivalentes (Ductos terrestres superficiales, enterrados, marítimos o submarinos).

Tabla I.2. Listado de sistemas de tubería por proyectos, para la empresa SANTOS CMI. Continuación.

Ord. Nº Proyecto	Cliente	STACION DRENTE 150P		STACION DRENTE 300P		STACION DRENTE 600P		DISTRIBUCION DE AGUA PARA		MULTIUSO		SERVICIO		WATER PROTECTED		WATER WATERSHED MAKE		SUBTOTAL M2										
		RWW	SC1	SC3	SC4	SD1	SD2	SD3	SW	TDF	UA	LDF	LW	ULTRAVIOLET	V	WF	IMP		IMS	MW	MZ							
1142	Procter & Gamble		X			X												X	23	1								
2143	PETROAMAZONAS											X							5	2								
3146	PETROAMAZONAS									X	X								7	3								
4147	PETROAMAZONAS									X									6	4								
5148	PETROAMAZONAS													X					4	5								
6149	GENERAL ELECTRIC																	X	18	6								
7154	PETROAMAZONAS																		4	7								
8155	PETROAMAZONAS																		5	8								
9156	PETROAMAZONAS																		6	9								
10162	PETROAMAZONAS																		3	10								
11162	PETROAMAZONAS																		4	11								
12164	PETROAMAZONAS								X	X									4	12								
13166	PETROAMAZONAS											X							10	13								
14169	PETROAMAZONAS																		4	14								
15178	PETROAMAZONAS								X	X									8	15								
16179	PETROAMAZONAS																		3	16								
17184	PETROAMAZONAS									X									8	17								
18186	PAMPA HOLDINGS SA.									X								X	14	18								
19190	PETROAMAZONAS									X									1	19								
20197	PETROAMAZONAS																		1	20								
21197	COBAN																		9	21								
22186-CD-001	PETROAMAZONAS								X	X								X	9	22								
231101	PETROAMAZONAS																		1	23								
241102	PETROAMAZONAS									X									5	24								
25184-CD-001	PETROAMAZONAS								X	X									8	25								
261108	PAMPA HOLDINGS SA.								X										8	26								
271110	PETROAMAZONAS								X										6	27								
281102-00-002	PETROAMAZONAS								X										5	28								
291113	PETROAMAZONAS								X	X									8	29								
301116	PETROAMAZONAS								X	X									2	30								
311117	PETROAMAZONAS																		3	31								
321121	PETROAMAZONAS																		4	32								
331122	PETROAMAZONAS									X									4	33								
341123	PETROAMAZONAS																		1	34								
351128	PETROAMAZONAS													X					4	35								
361133	SCHLUMBERGER								X	X									11	36								
371135	PETROAMAZONAS									X									1	37								
381137	PETROAMAZONAS								X	X									6	38								
391139	PETROAMAZONAS								X										4	39								
401140	PETROAMAZONAS																		4	40								
411163	PROTISA								X		X								4	41								
421166	PETROAMAZONAS									X									9	42								
431166E	CELEC								X	X									7	43								
441167	CELEC								X	X									10	44								
45158175	PETROAMAZONAS								X	X									4	45								
46158177	PETROAMAZONAS								X	X									5	46								
47158178	PETROAMAZONAS								X	X									9	47								
48158186	PETROAMAZONAS								X	X									4	48								
49158187	PETROAMAZONAS								X	X									4	49								
50158188	PETROAMAZONAS								X	X									5	50								
51158182	PETROAMAZONAS								X	X									4	51								
52158183	PETROAMAZONAS								X	X									4	52								
53158184	PETROAMAZONAS								X	X									3	53								
54158185	PETROAMAZONAS								X	X									3	54								
551136E	ENERSI SA								X	X									18	55								
561184	Genesys																	X	5	56								
57182FR01A	PETROAMAZONAS								X										6	57								
58158FR07	PETROAMAZONAS								X	X									10	58								
59128FR05	PETROAMAZONAS								X	X									6	59								
60158FR03E	PETROAMAZONAS								X	X									3	60								
61158FR01A	PETROAMAZONAS								X	X									5	61								
62158FR06J	PETROAMAZONAS								X	X									3	62								
63158FR03	PETROAMAZONAS								X	X									11	63								
64158FR04	POSCO BIC								X	X									4	64								
65128188	PETROAMAZONAS								X	X									4	65								
66128111	PETROAMAZONAS								X	X									3	66								
671256	POSCO BIC								X	X									7	67								
68128114	PETROAMAZONAS								X	X									3	68								
TOTAL																				28	1	24	1	3	1	4	2	6

ANEXO II.

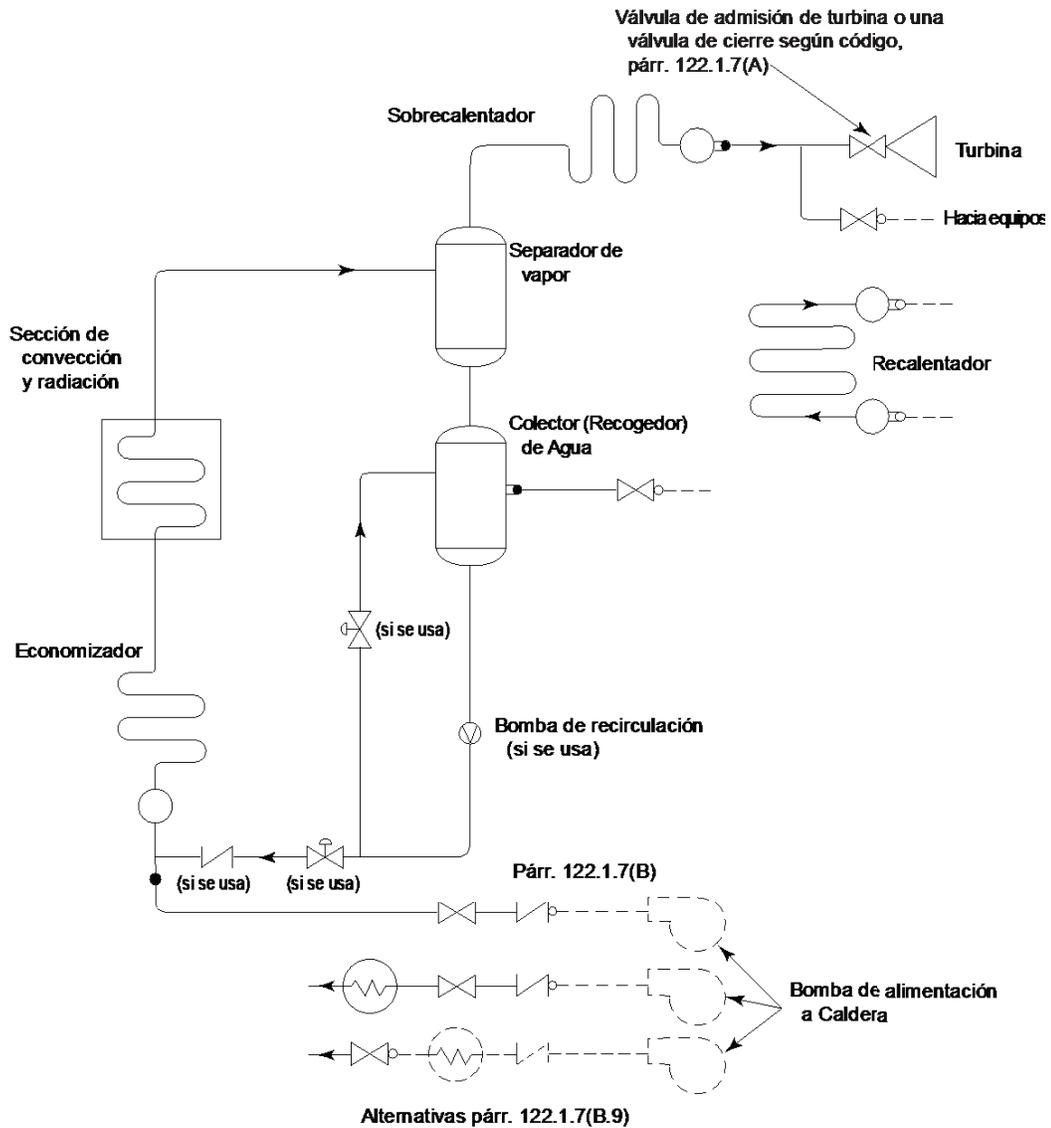
DOCUMENTOS GENERALES DE LA INGENIERÍA DE TUBERÍAS



Jurisdicción Administrativa y Responsabilidad Técnica

- Caldera — El Código ASME para Calderas y Recipientes de Presión (ASME BPVC) tiene la jurisdicción administrativa total y responsabilidad técnica. Referirse a ASME BPVC Sección I Preámbulo.
- Tuberías y Conexiones Exteriores a Caldera (BEP - Boiler External Piping and Joint) — El ASME BPVC tiene la jurisdicción administrativa total (certificación mandatoria por el sello del Símbolo del Código, Formularios de Datos ASME, e Inspección Autorizada) de BEP. Al Comité de la Sección ASME B31.1 se le ha asignado la responsabilidad técnica. Referirse a ASME BPVC Sección I Preámbulo, párrafos 5º, 6º, y 7º y Alcance ASME B31.1, párr. 100.1.2(A). Las Ediciones ASME B31.1 Pertinentes y Apéndices se referencian en ASME BPVC Sección I, PG-58.3.
- Tuberías y Conexiones Exteriores fuera de Caldera (NBEP - Nonboiler External Piping and Joint) — El Comité del Código ASME para Tubería a Presión, B31, tiene la responsabilidad total administrativa y técnica.

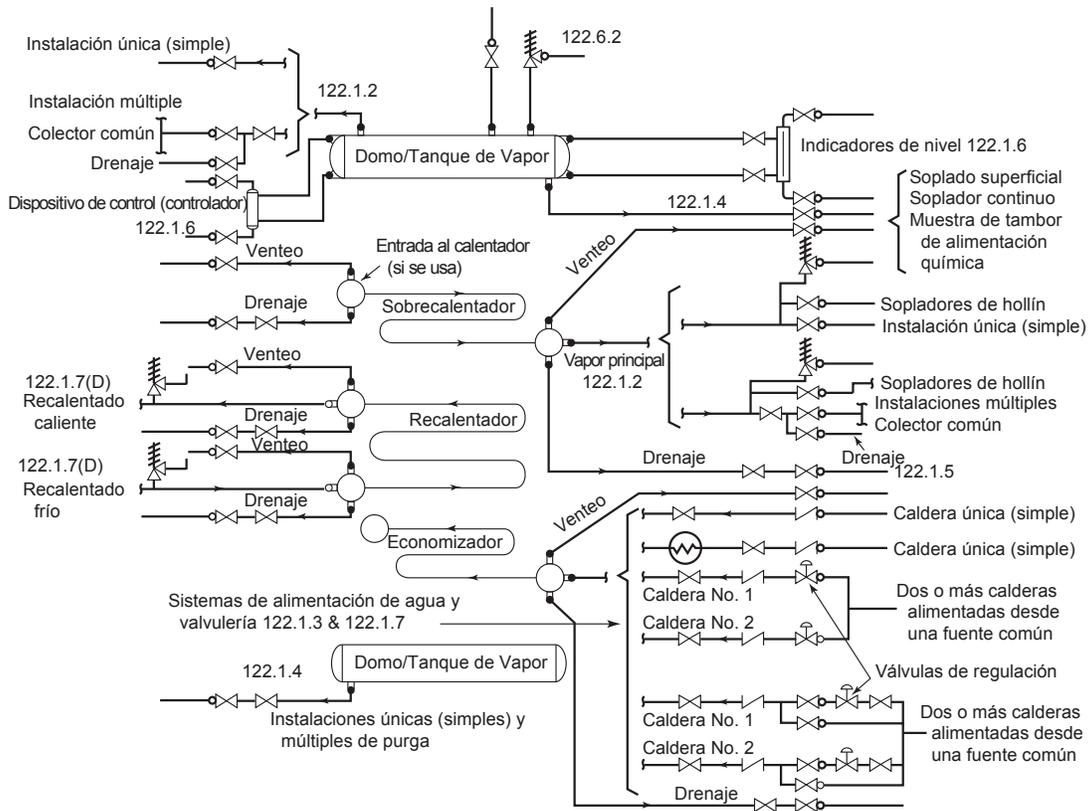
Figura II.1. Límites jurisdiccionales del Código ASME B31.1 para Tubería — Se presenta un ejemplo de generadores de vapor de flujo forzado (a presión) con líneas no fijas de vapor y agua.



Jurisdicción Administrativa y Responsabilidad Técnica

- Caldera — El Código ASME para Calderas y Recipientes de Presión (ASME BPVC) tiene la jurisdicción administrativa total y responsabilidad técnica. Referirse a ASME BPVC Sección I Preámbulo.
- Tuberías y Conexiones Exteriores a Caldera (BEP - Boiler External Piping and Joint) — El ASME BPVC tiene la jurisdicción administrativa total (certificación mandatoria por el sello del Símbolo del Código, Formularios de Datos ASME, e Inspección Autorizada) de BEP. Al Comité de la Sección ASME B31.1 se le ha asignado la responsabilidad técnica. Referirse a ASME BPVC Sección I Preámbulo, párrafos 5º, 6º, y 7º y Alcance ASME B31.1, párr. 100.1.2(A). Las Ediciones ASME B31.1 Pertinentes y Apéndices se referencian en ASME BPVC Sección I, PG-58.3.
- --- Tuberías y Conexiones Exteriores fuera de Caldera (NBEP - Nonboiler External Piping and Joint) — El Comité del Código ASME para Tubería a Presión, B31, tiene la responsabilidad total administrativa y técnica.

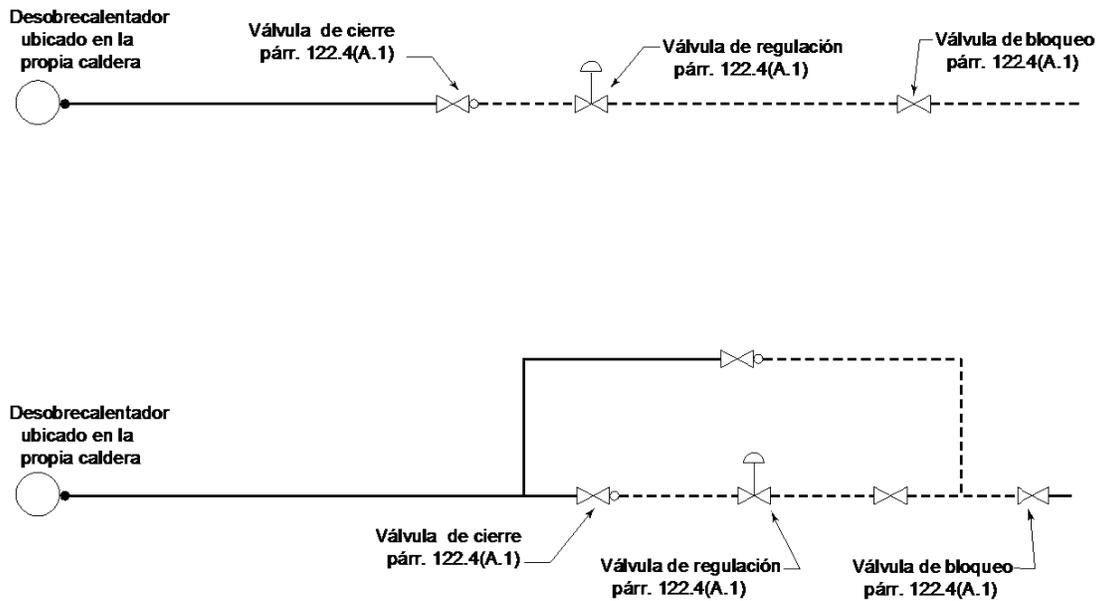
Figura II.2. Límites Jurisdiccionales del Código ASME B31.1 para Tubería - Un Ejemplo para Separador de Vapor de Flujo Forzado, Generadores de Vapor con Líneas Fijas de Vapor y Agua.



Jurisdicción Administrativa y Responsabilidad Técnica

- Caldera — El Código ASME para Calderas y Recipientes de Presión (ASME BPVC) tiene la jurisdicción administrativa total y responsabilidad técnica. Referirse a ASME BPVC Sección I Preámbulo.
- Tuberías y Conexiones Exteriores a Caldera (BEP - Boiler External Piping and Joint) — El ASME BPVC tiene la jurisdicción administrativa total (certificación mandatoria por el sello del Símbolo del Código, Formularios de Datos ASME, e Inspección Autorizada) de BEP. Al Comité de la Sección ASME B31.1 se le ha asignado la responsabilidad técnica. Referirse a ASME BPVC Sección I Preámbulo, párrafos 5º, 6º, y 7º y Alcance ASME B31.1, párr. 100.1.2(A). Las Ediciones ASME B31.1 Pertinentes y Apéndices se referencian en ASME BPVC Sección I, PG-58.3.
- Tuberías y Conexiones Exteriores fuera de Caldera (NBEP - Nonboiler External Piping and Joint) — El Comité del Código ASME para Tubería a Presión, B31, tiene la responsabilidad total administrativa y técnica.

Figura II.3. Límites Jurisdiccionales del Código ASME B31.1 para Tuberías — Calderas de Tambor.



Jurisdicción Administrativa y Responsabilidad Técnica

- Caldera — El Código ASME para Calderas y Recipientes de Presión (ASME BPVC) tiene la jurisdicción administrativa total y responsabilidad técnica. Referirse a ASME BPVC Sección I Preámbulo.
- Tuberías y Conexiones Exteriores a Caldera (BEP - Boiler External Piping and Joint) — El ASME BPVC tiene la jurisdicción administrativa total (certificación mandatoria por el sello del Símbolo del Código, Formularios de Datos ASME, e Inspección Autorizada) de BEP. Al Comité de la Sección ASME B31.1 se le ha asignado la responsabilidad técnica. Referirse a ASME BPVC Sección I Preámbulo, párrafos 5º, 6º, y 7º y Alcance ASME B31.1, párr. 100.1.2(A). Las Ediciones ASME B31.1 Pertinentes y Apéndices se referencian en ASME BPVC Sección I, PG-58.3.
- Tuberías y Conexiones Exteriores fuera de Caldera (NBEP - Nonboiler External Piping and Joint) — El Comité del Código ASME para Tubería a Presión, B31, tiene la responsabilidad total administrativa y técnica.

Figura II.4. Límites Jurisdiccionales del Código ASME B31.1 para Tubería - Desobrecalentador por Aspersión.

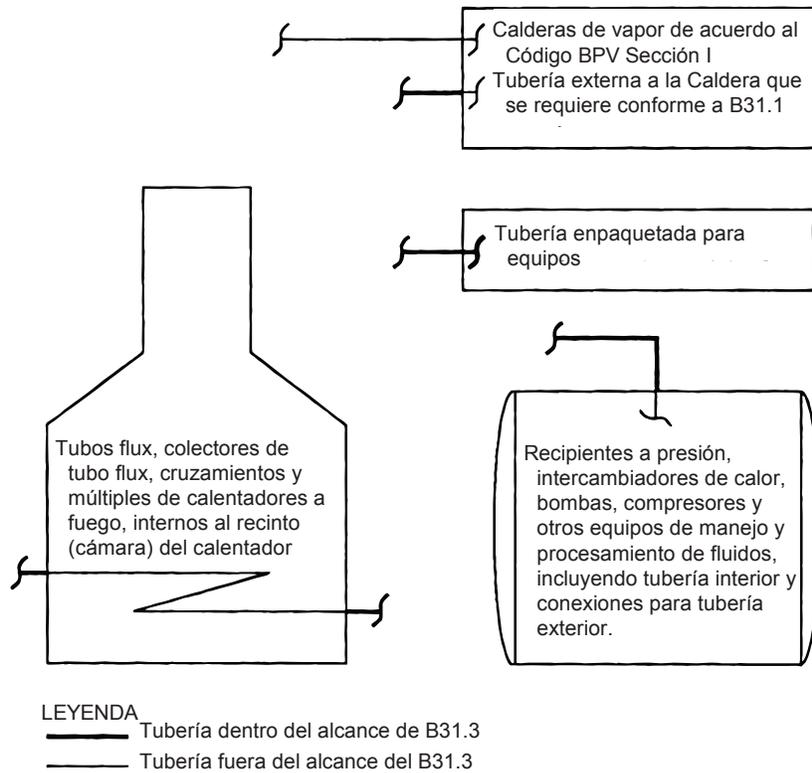


Figura II.5. Diagrama que ilustra la aplicación del Código ASME B31.3 para tubería en equipos.

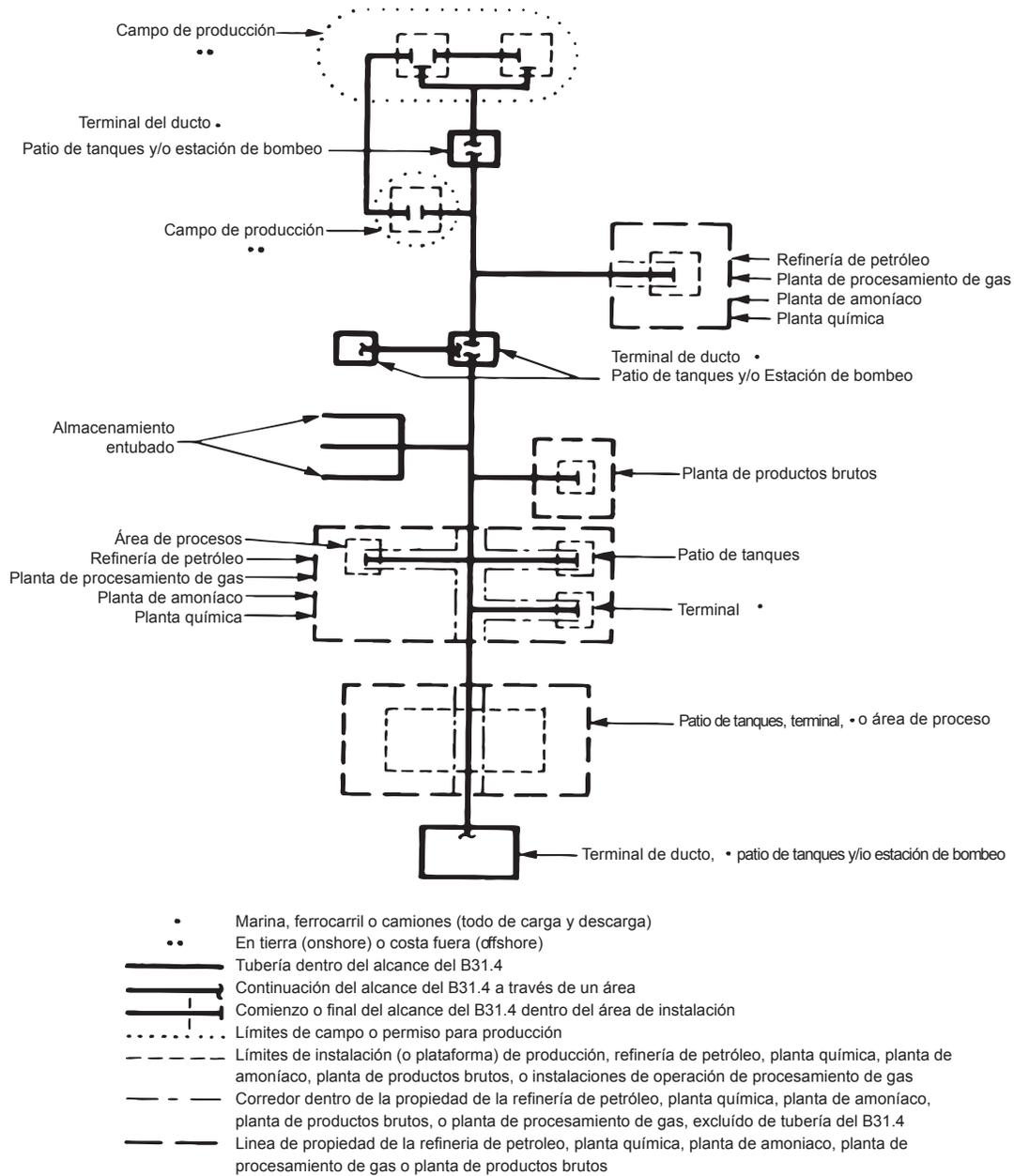
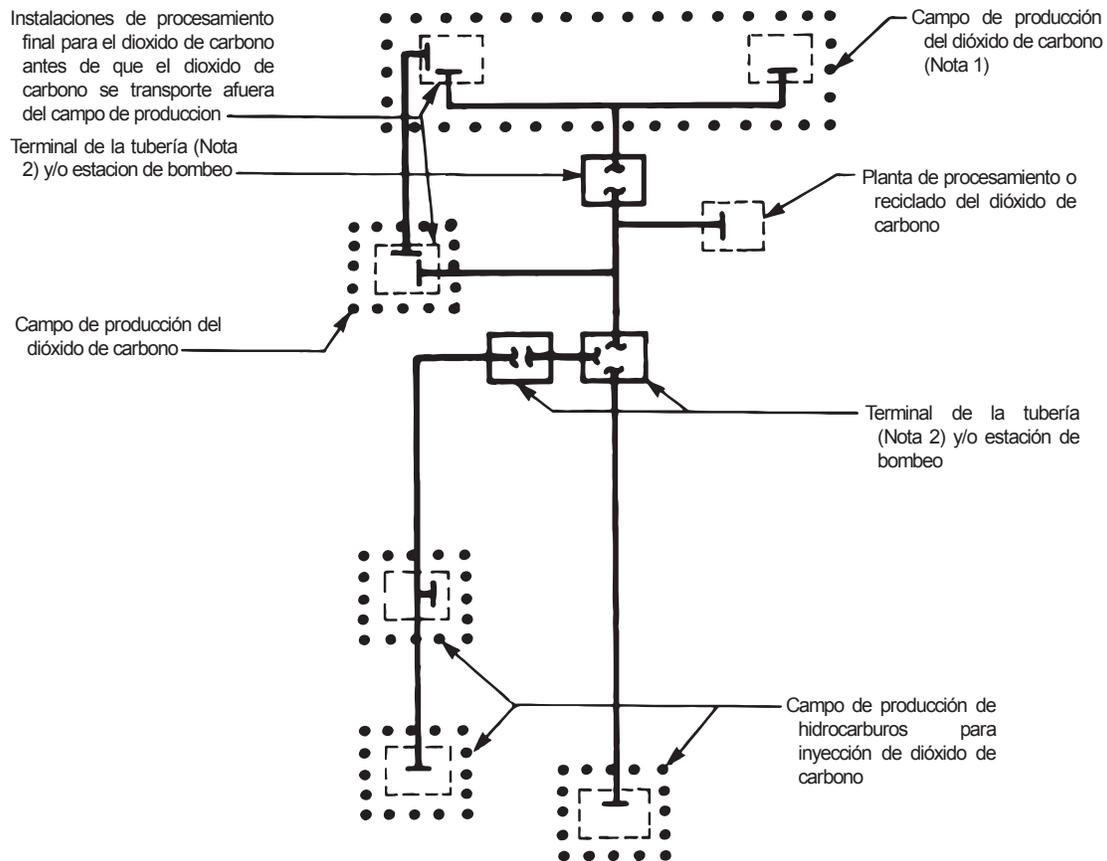


Figura II.6. Diagrama que indica el alcance del ASME B31.4, excluyendo los sistemas de ductos de dióxido de carbono.

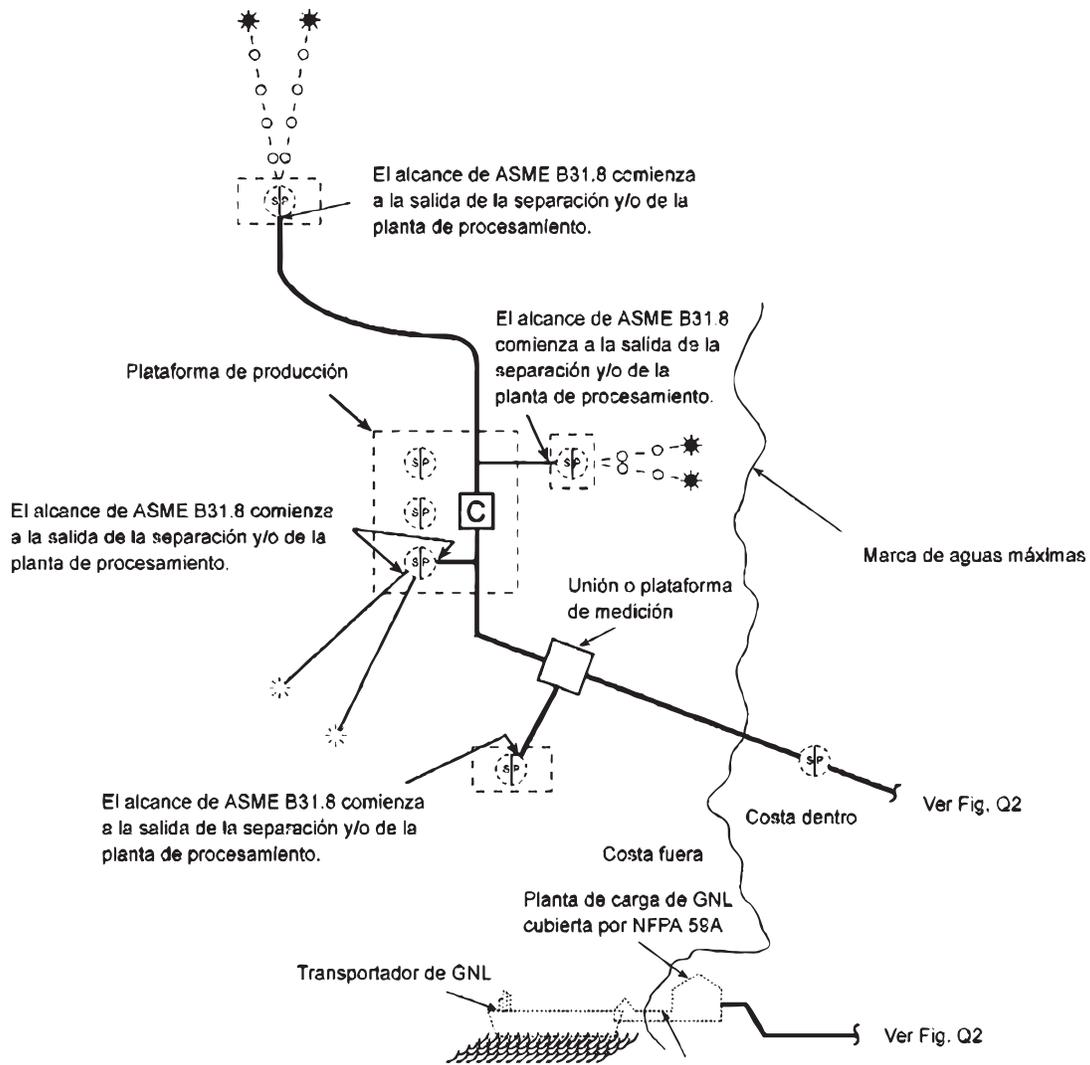


- Tubería dentro del alcance del B31.4
- Continuasión del alcance del B31.4 a través de un área
- Inicio o final del del alcance del B31.4 dentro del area instalada (dibujada)
- Límites del campo o permiso de producción
- - - - Límites de instalación (o plataforma) de producción, refinería de petróleo, planta química, planta de procesamiento de dióxido de carbono, o instalaciones de operación de procesamiento de gas

NOTAS:

- (1) En tierra (onshore) o costafuera (offshore).
- (2) Marina, ferrocarril o camiones (toda carga o descarga)

Figura II.7. Diagrama que indica el alcance del ASME B31.4 para los sistemas de ductos de dióxido de carbono.

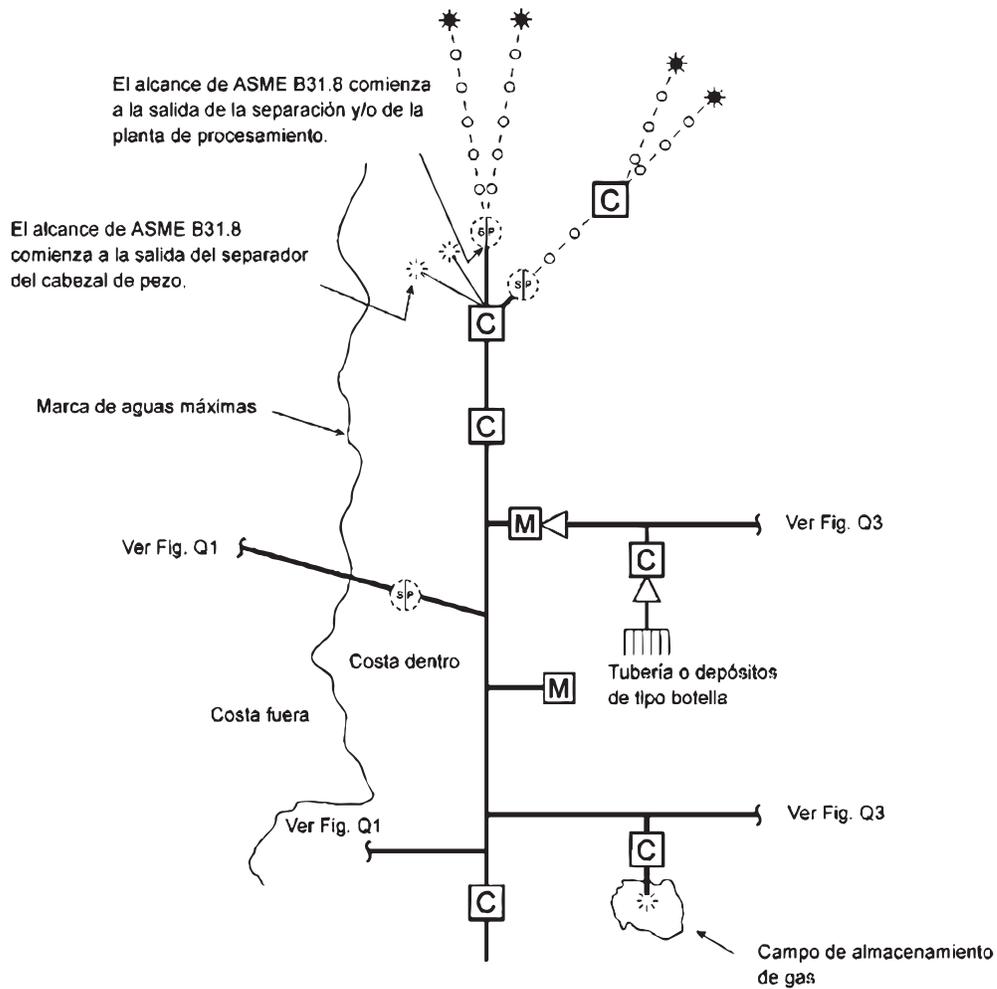


NOTA GENERAL: Las instalaciones y tuberías indicadas por línea sólida se hallan bajo el alcance de ASME B31.8.

Leyenda

- Línea principal (ducto) de transporte de gas
- Ductos de recolección
- o - o - Líneas de flujo de gas
- (sp) Planta de separación o procesamiento
- ☼ Pozo de gas con separador
- ☼ Pozo de gas sin separador o planta de procesamiento
- Plataforma de producción
- C Estación compresora

Figura II.8. Alcance del Código ASME B31.8 para Tubería de Transporte Costa Fuera (Offshore).

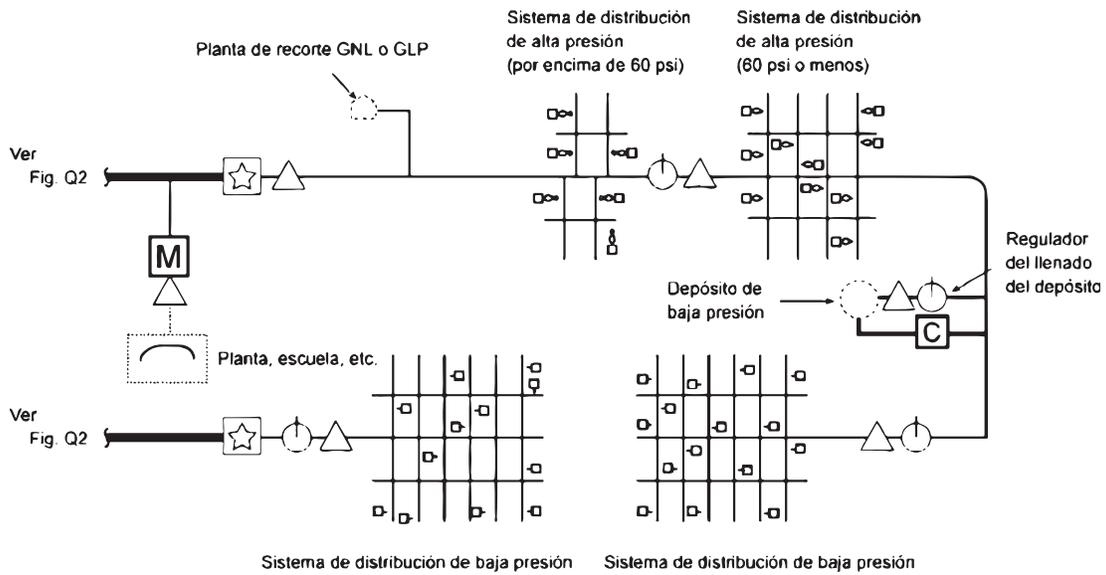


NOTA GENERAL: Las instalaciones y tuberías indicadas por línea sólida se hallan bajo el alcance de ASME B31.8.

Leyenda

- Línea principal (ducto) de transporte de gas
- Ductos de recolección
- o - o - Líneas de flujo de gas
- (s.p.) Planta de separación o procesamiento
- ☼ Pozo de gas con separador
- ☼ Pozo de gas sin separador o planta de procesamiento
- [C] Estación de compresión
- [M] Estación de medición
- △ Dispositivo de protección contra sobre-presión para ductos y líneas principales

Figura II.9. Alcance del Código ASME B31.8 para Tubería de Transporte En Tierra (Onshore).

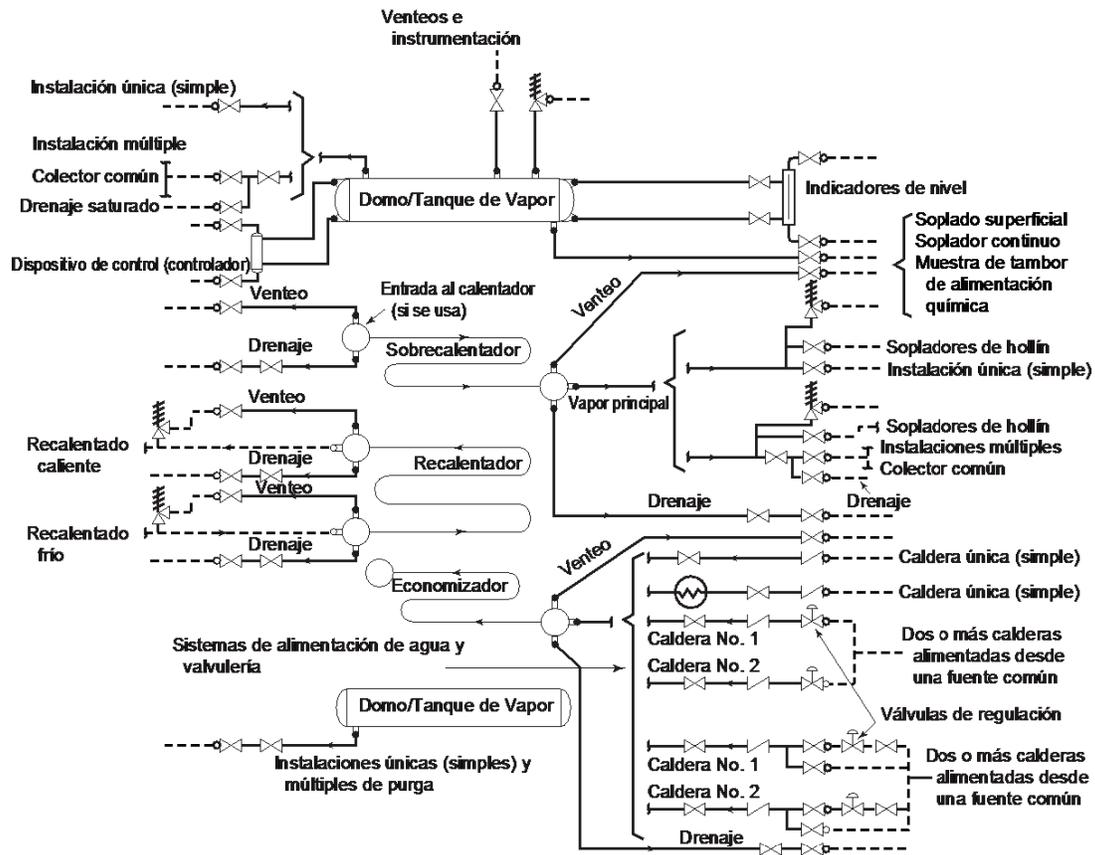


NOTA GENERAL: Las instalaciones y tuberías indicadas por línea sólida se hallan bajo el alcance de ASME B31.8.

Leyenda

-  Línea principal (ducto) de transporte de gas
-  Ductos de recolección
-  Línea principal de distribución de gas
-  Dispositivo de protección contra sobre-presión para ductos y líneas principales
-  Línea de servicio con medidor y sin regulador de servicio (sistema de distribución de baja presión)
-  Línea de servicio con medidor y un regulador (sistema de alta presión no mayor a 60 psi)
-  Línea de servicio con medidor y servicio reguladores en serie u otros dispositivos protectores
-  Estación de medición y control de presión a la entrada de la ciudad.
-  Estación de distribución, reguladora de presión.
-  Estación de compresión
-  Estación de medición

Figura II.10. Alcance del código ASME B31.8 para Tubería de Distribución.



Jurisdicción Administrativa y Responsabilidad Técnica

- Caldera — El Código ASME para Calderas y Recipientes de Presión (ASME BPVC) tiene la jurisdicción administrativa total y responsabilidad técnica. Referirse a ASME BPVC Sección I, Introducción, párrafo 4.
- Tuberías y Conexiones Exteriores a Caldera (BEP - Boiler External Piping and Joint). Ver párr. 900.1.2(b) para el alcance del código ASME B31.9.
- Tuberías y Conexiones Exteriores fuera de Caldera (NBEP - Nonboiler External Piping and Joint).

Figura II.11. Límites Jurisdiccionales del Código ASME B31.9 para Tuberías — Calderas de Tambor.

Tabla II.1. Espaciamiento permisible para soportar tubo, según la empresa especializada en software de asistencia para diseño de tuberías Pipemill.

Fuente: <http://pipemill.com/p/pipe-span-output.pdf>

DATOS DE ENTRADA:

Descripción del tubo:	A106 Gr. B	Tipo de aislamiento:	Rockwool	Tipo de revestimiento:	St. Stl.
Densidad del tubo:	7850 kg/m ³	Densidad del aislamiento:	140 kg/m ³	Densidad del revestimiento:	8000 kg/m ³
Corrosión permisible:	1.5 mm	Espesor del aislamiento:	50 mm	Espesor del revestimiento:	0.8 mm
Tolerancia:	12.5 %				
Esfuerzo permisible, Sh:	137.89 MPa	Longitud de contacto del soporte:	300 mm	Densidad del fluido:	1000 kg/m ³
Tolerancia:	12.5 %	Ancho de contacto del soporte:	10 mm	Deflexión máxima a media luz (span):	12.5 mm
Módulo de Young, Eh:	203390 MPa				

ESPACIAMIENTO PERMISIBLE PARA SOPORTAR TUBO

NPS (in)	Diámetro exterior (mm)	Cédula (SCH)	Espesor de pared (mm)	SÓLO TUBO (m)	TUBO + AISLAMIENTO (m)	TUBO + CONTENIDO (m)	TUBO + CONTENIDO + AISLAMIENTO (m)
0.5	21.336	160	4.775	3.111 ■	1.961 *	3.069 ■	1.943 *
0.75	26.670	160	5.563	3.526 ■	2.510 *	3.470 ■	2.477 *
1.0	33.401	80, XS	4.547	3.913 ■	2.801 *	3.784 ■	2.721 *
1.5	48.260	40, STD	5.080	4.783 ■	3.859 *	4.559 ■	3.666 *
2	60.325	40, STD	3.912	5.188 ■	3.974 *	4.772 ■	3.636 *
3	88.900	40, STD	5.486	6.593 ■	5.854 ■	6.037 ■	5.299 *
4	114.300	40, STD	6.020	7.555 ■	6.834 ■	6.815 ■	6.178 *
6	168.275	40, STD	7.112	9.313 ■	8.622 ■	8.206 ■	7.706 *
8	219.075	40, STD	8.179	10.740 ■	10.077 ■	9.326 ■	8.918 *
10	273.050	40, STD	9.271	12.086 ■	11.448 ■	10.373 ■	10.027 *
12	323.850	STD	9.525	13.198 ■	12.540 ■	11.115 ■	10.654 *
14	355.600	30, STD	9.525	13.840 ■	13.162 ■	11.499 *	10.932 *
16	406.400	30, STD	9.525	14.810 ■	14.100 ■	11.846 *	11.316 *
18	457.200	STD	9.525	15.720 ■	14.980 ■	12.136 *	11.638 *
20	508.000	20, STD	9.525	16.580 ■	15.811 ■	12.383 *	11.913 *
22	558.800	20, STD	9.525	17.398 ■	16.600 ■	12.596 *	12.151 *
24	609.600	20, STD	9.525	18.179 ■	17.354 ■	11.183 ◀	10.457 ◀
26	660.400	STD	9.525	18.928 ■	18.076 ■	9.365 ◀	8.794 ◀
28	711.200	STD	9.525	19.648 ■	18.770 ■	7.938 ◀	7.481 ◀
30	762.000	STD	9.525	20.343 ■	19.440 ■	6.799 ◀	6.429 ◀

Simbología limitadora: * = limitado por el esfuerzo de flexión.
 ■ = limitado por la deflexión.
 ◀ = limitado por la indentación local.

Los resultados de esta tabla se basan en las ecuaciones que representan a una viga con extremos simplemente apoyado y completamente fijo como se recomienda en la sección 8 del libro Kellogg Design of Piping Systems (Kellogg Company, 1967).

Nominal Pipe Size, NPS	Espaciamiento máximo permitido			
	Servicio de agua		Servicios de vapor, gas, o aire	
	ft	m	ft	m
1	7	2.1	9	2.7
2	10	3.0	13	4.0
3	12	3.7	15	4.6
4	14	4.3	17	5.2
6	17	5.2	21	6.4
8	19	5.8	24	7.3
12	23	7.0	30	9.1
16	27	8.2	35	10.7
20	30	9.1	39	11.9
24	32	9.8	42	12.8

Tabla II.2. Espaciamiento entre soportes (span) de tubería sugerido por el código ASME B31.1.

Fuente: ASME B31.1-2010, pág. 48, tabla 121.5.

NOTAS GENERALES:

- (a) Espaciamiento máximo sugerido entre soportes de tubería horizontal para tramos rectos de tubería estándar y pesada a una temperatura máxima de operación de 750 ° F (400 ° C).
- (b) No se aplica cuando se hayan hecho cálculos de espaciamiento o donde existan cargas concentradas entre soportes, como bridas, válvulas, partes especiales, etc.
- (c) La separación se basa en una viga fijamente soportada con un esfuerzo de flexión no superior a 2.300 psi (15,86 MPa) y un tubo aislado lleno de agua o el peso equivalente de tubería de acero para vapor, gas, o aire de servicio, y la inclinación de la línea es tal que un hundimiento (deflexión máxima) de 0,1 pulg (2,5 mm) entre los soportes es permisible.

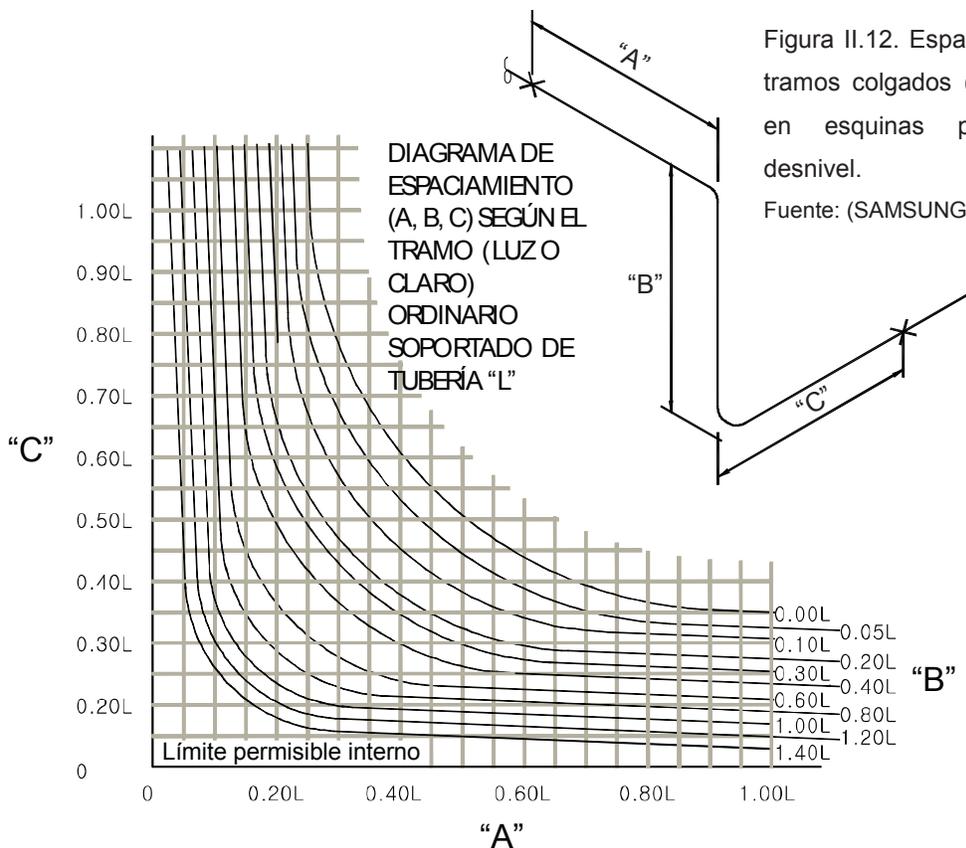


Figura II.12. Espaciamientos límite para tramos colgados (voladizos) de tubería en esquinas para esquinas con desnivel.

Fuente: (SAMSUNG ENGINEERING, 2007).

ESPACIAMIENTOS LÍMITE PARA TRAMOS COLGADOS (VOLADIZOS) DE TUBERÍA EN ESQUINAS

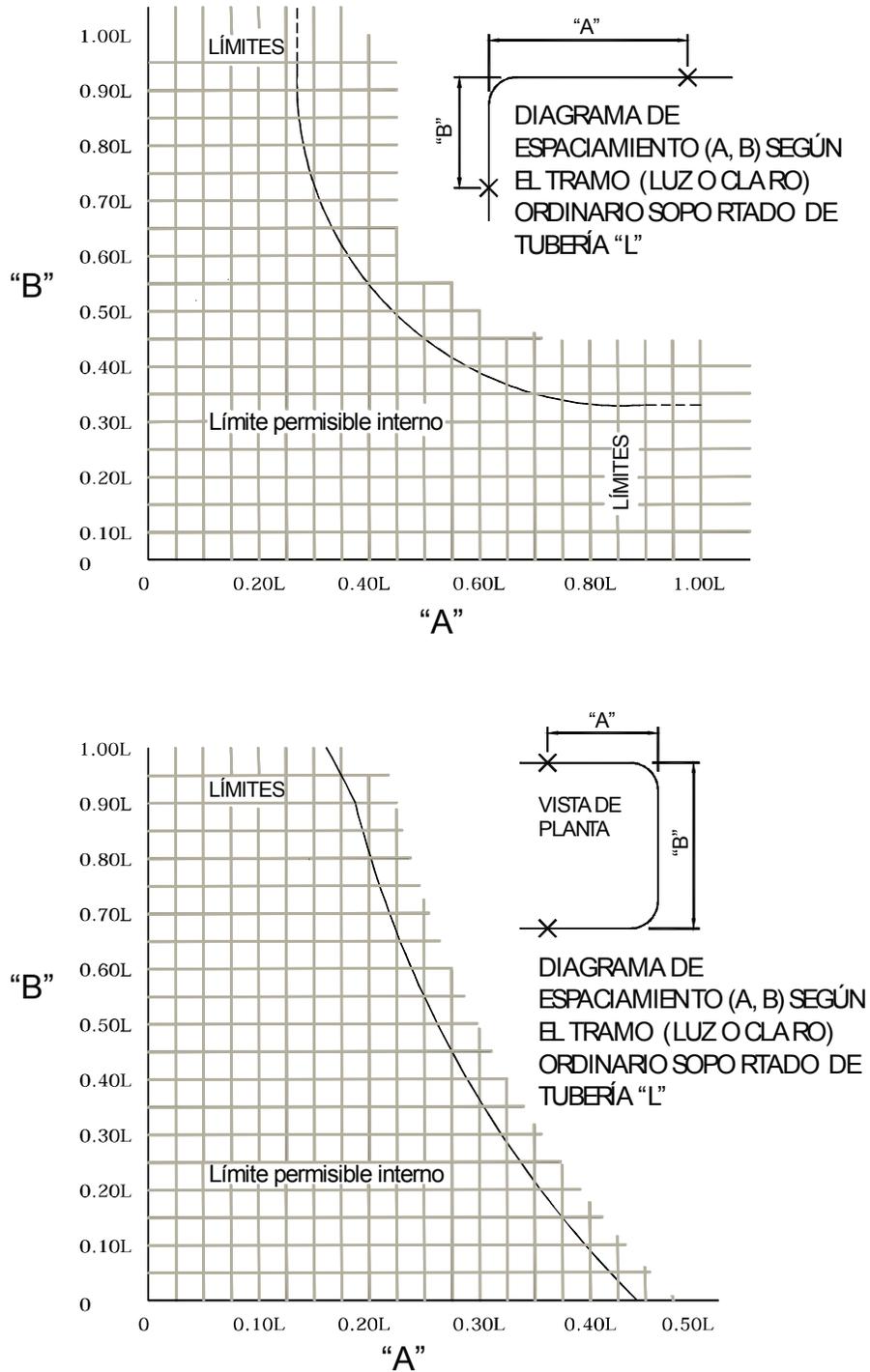


Figura II.13. Espaciamientos límite para tramos colgados (voladizos) de tubería en esquinas, para esquinas en forma de L y U.

Fuente: (SAMSUNG ENGINEERING, 2007).

EQUIPOS NATCO PARA PROCESAMIENTO DE PRODUCCIÓN DE PETRÓLEO Y GAS

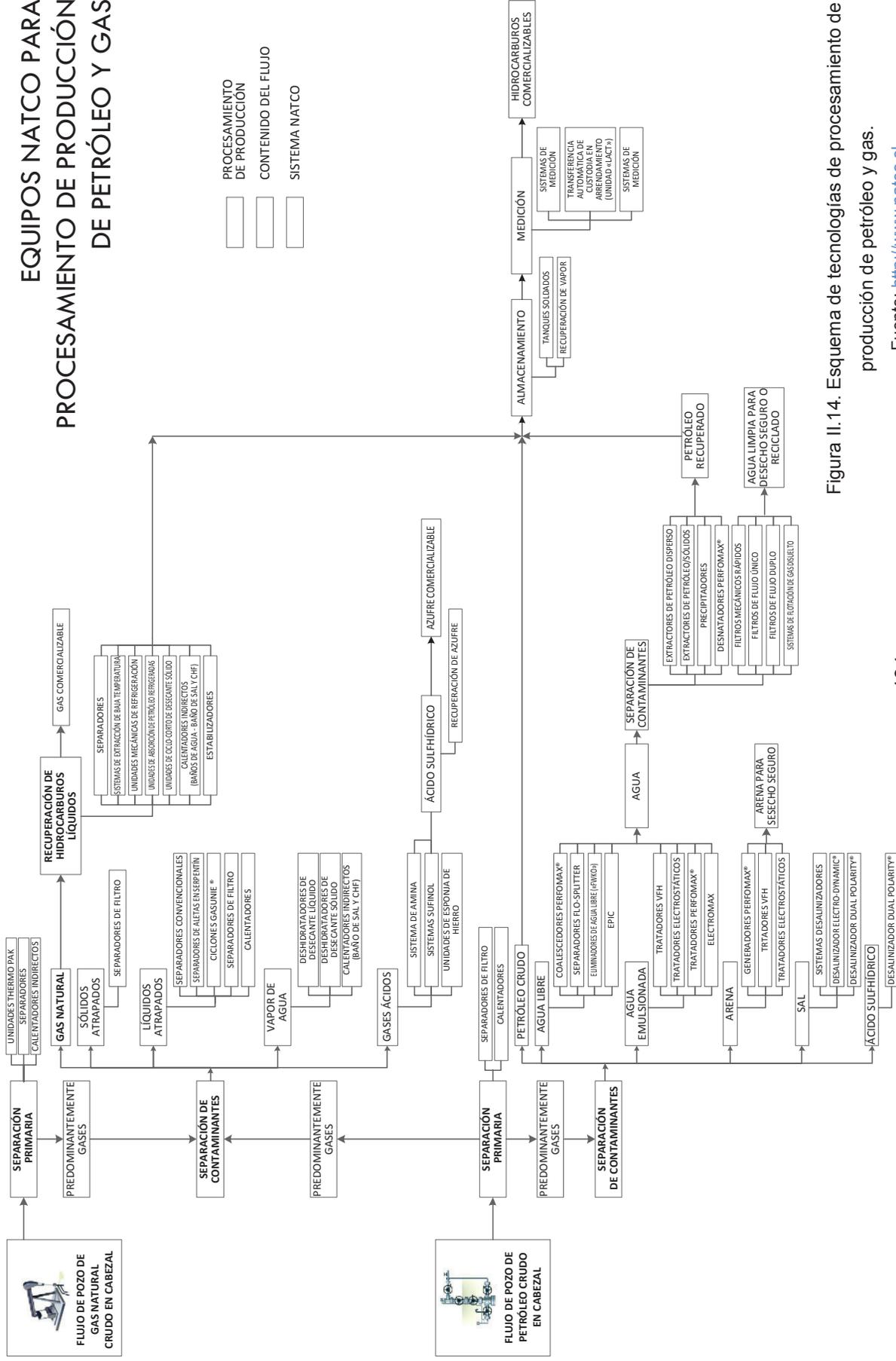


Figura II. 14. Esquema de tecnologías de procesamiento de producción de petróleo y gas.

Fuente: <http://www.natco.cl>

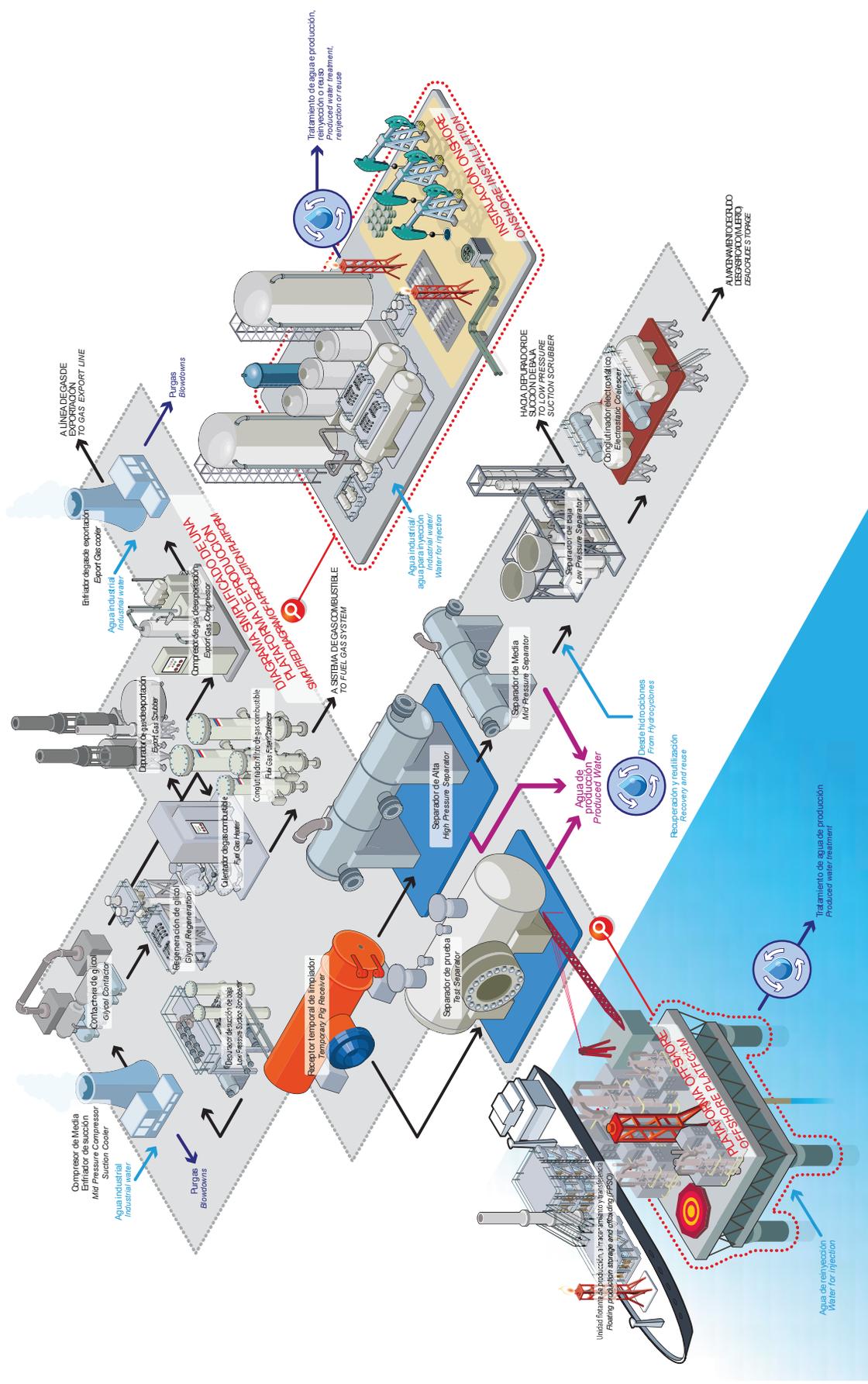


Figura II.15. Esquema de disposición general de equipos principales para la industria upstream de petróleo y gas.

Fuente: <http://www.wsilandgas.com/>

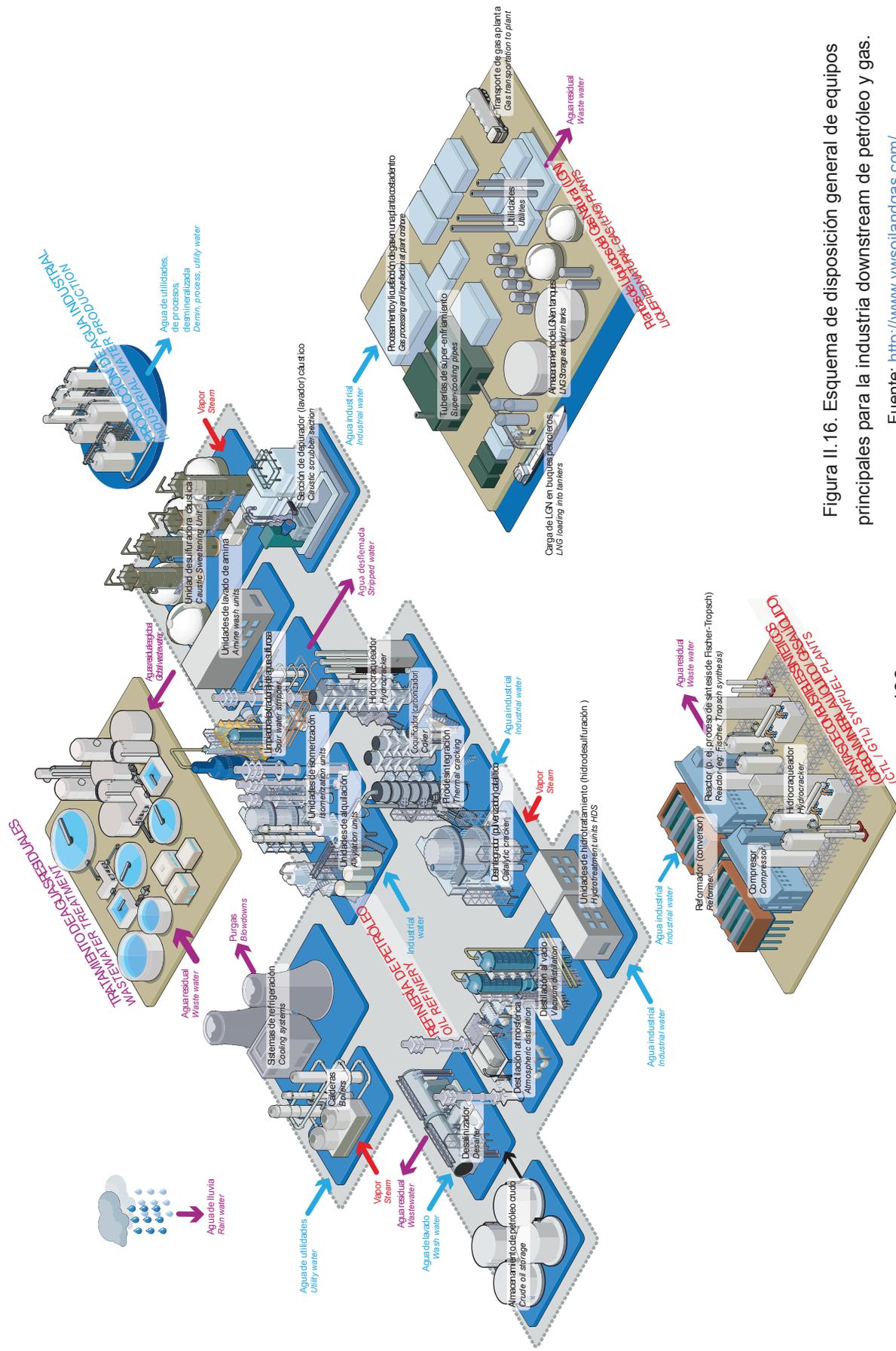


Figura II. 16. Esquema de disposición general de equipos principales para la industria downstream de petróleo y gas.

Fuente: <http://www.vwsoilandgas.com/>

ANEXO III.

DOCUMENTOS UTILIZADOS PARA ELABORAR EL TÍPICO DE UN SISTEMA DE BOMBEO CONTRA INCENDIOS

Standard Specification for Pipe, Valves & Fittings Piping Specification "AA1"

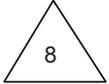
CLASS: ANSI 150# CS, RF		SERVICE: C, DO, DRG, DRP, F, G, GAS, GD, GF, GLP, GP, HM, LO, OD, OFR, OHR, OHS, OL, OP, OR, OW, WFL, WHR, WP, WR, WS, WW													
SIZE	1/2	3/4	1	1 1/2	2	3	4	6	8	10	12	16	20	24	
PIPE	SCH 160		SCH 80			STD									
	THD			BE, SMLS											
	ASTM-A106 GR B			ASTM-A106 GR B, API-5L GR B											
FLANGES	150# RF			Flange Bore to Match Pipe Wall											
	THD			150# RF/FF, WN											
				ASTM-A105											
FITTINGS	3000#			Wall Thickness to Match Pipe											
	THD			BW, SMLS											
	ASTM-A105			ASTM-A234 GR WPB											
BRANCH (OLETS)	3000#			SCH 80		STD									
	THD			BW											
				ASTM-A105											
VALVES	GATE	CA1-1S			AA1-1R										
	BALL	CA1-2S			AA1-2R										
	PLUG	N/A													
	GLOBE	CA1-4S			AA1-4R										
	CHECK	CA1-5S			AA1-5R										
	NEEDLE	DA1-6S DA1-6SFM		N/A											
	BUTTERFLY	N/A													
	FOOT	N/A			AA1-7RL, AA1-7RW										
	GAUGE	DA1-9S		N/A											
	BOLTING (Note 3)	Bolts: ASTM-A193 GR B7, Fluorocarbon Coated									Threaded and dimensions per ASME B16.5				
GASKETS 	Nuts: ASTM-A194 GR 2H, Fluorocarbon Coated Heavy Hex Nuts														
	150# RF, Thk 1/8", 316 SS Spiral Wound, filler material: Flexible Graphite (FG) with CS outer ring (Flexitallic Style CG, Lamons Style WR, Garlock Style RW – ONLY USA. Carrara Style SWC - ONLY ITALY) 150# FF, Thk 1/8", Comp. Non-asbestos, Synthetic fiber with NBR binder (Flexitallic, Lamons, Garlock - ONLY USA)														
NOTES: 1. Maximum design conditions: 250 °F - 245 PSIG (Group 1.1) 2. Piping 1 1/2" or smaller subject to vibration or pulsation shall be SW or flanged 3. For Bolts dimensions, see ATTACHMENT G 4. For ANSI Pipe Schedules, see ATTACHMENT H											-20/100	285			
											200	260			
											250	245			

Figura III.1. Especificación de tubería AA1, útil para elaborar el diseño del sistema de bombeo contra incendio, ya que en esta se incluyen los servicios de: drenaje abierto (DRG – drain gravity), diesel (GD – gas diesel), desechos de aceite (OW – oil waste) y línea contraincendios (WFL – water fireline).

(SANTOS CMI)

Nominal Size	Outside Diameter mm (inch)	Wall Thickness mm	Inside Diameter mm	Plain End Mass kg/m	Identification	
					Standard (STD) X-Strong (XS) XX-Strong (XXS)	Schedule Number
1/8	10.3 (0.405)	1.73 2.41	6.8 5.5	0.37 0.47	STD XS	40 80
1/4	13.7 (0.540)	2.24 3.02	9.2 7.7	0.63 0.80	STD XS	40 80
3/8	17.1 (0.675)	2.31 3.20	12.5 10.7	0.84 1.10	STD XS	40 80
1/2	21.3 (0.840)	3.73 4.78	13.9 11.8	1.62 1.95	STD XS	40 80
3/4	26.7 (1.050)	5.56 7.47	15.5 11.0	2.90 3.64	XS	—
1	33.4 (1.315)	8.27 10.99	20.9 15.2	4.65 5.46	XS	—
1 1/4	42.2 (1.660)	11.43 15.09	26.7 18.9	7.20 8.77	XS	—
1 1/2	48.3 (1.900)	13.97 18.26	31.3 22.8	10.41 12.77	XS	—
2	60.3 (2.375)	17.52 22.23	38.1 27.9	15.11 19.55	XS	—
2 1/2	73.0 (2.875)	21.33 28.58	46.2 34.0	22.78 30.91	XS	—

Nominal Size	Outside Diameter mm (inch)	Wall Thickness mm	Inside Diameter mm	Plain End Mass kg/m	Identification	
					Standard (STD) X-Strong (XS) XX-Strong (XXS)	Schedule Number
3	88.9 (3.500)	5.49 7.62	77.9 73.7	11.29 15.27	STD XS	40 80
3 1/2	101.6 (4.000)	6.02 8.54	102.3 90.1	16.08 18.64	STD XS	40 80
4	114.3 (4.500)	6.68 9.20	113.3 101.1	21.32 26.32	STD XS	40 80
5	141.3 (5.563)	8.53 11.93	122.3 109.6	30.97 40.28	STD XS	40 80
6	168.3 (6.629)	10.97 14.27	146.3 139.7	42.35 54.21	XS	—
8	219.1 (8.629)	14.27 18.26	193.7 178.6	64.64 85.92	XS	—
10	273.1 (10.75)	17.52 23.01	247.7 211.27	81.53 111.27	XS	—

Nominal Size	Outside Diameter mm (inch)	Wall Thickness mm	Inside Diameter mm	Plain End Mass kg/m	Identification	
					Standard (STD) X-Strong (XS) XX-Strong (XXS)	Schedule Number
12	323.9 (12.75)	21.33 28.58	298.5 267.1	79.71 108.92	XS	—
14	355.6 (14.00)	24.14 31.75	325.4 292.1	107.40 145.88	XS	—
16	406.4 (16.00)	27.93 36.53	363.5 333.2	160.13 215.88	XS	—
18	457 (18.00)	30.96 40.49	409.5 365.38	245.57 326.38	XS	—

Nominal Size	Outside Diameter mm (inch)	Wall Thickness mm	Inside Diameter mm	Plain End Mass kg/m	Identification	
					Standard (STD) X-Strong (XS) XX-Strong (XXS)	Schedule Number
20	508 (20.00)	33.32 44.46	473.1 419.1	186.92 258.15	XS	—
22	550 (22.00)	36.53 47.63	514.6 463.5	229.44 300.67	XS	—
24	600 (24.00)	40.49 53.98	561.1 508.6	281.22 372.33	XS	—
26	650 (26.00)	44.46 59.54	605.1 552.7	332.32 450.82	XS	—
28	700 (28.00)	48.43 64.46	651.1 600.7	393.32 521.23	XS	—
30	750 (30.00)	52.40 70.92	700.7 648.3	454.32 612.23	XS	—
36	900 (36.00)	63.50 85.30	814.6 763.6	554.32 752.23	XS	—
42	1050 (42.00)	76.20 101.60	973.1 922.1	674.32 912.23	XS	—

☆ NFS ASME term. ⊕ DN: S Metric term. All dimensions are nominal

NOTE: API and BS 1600 are dimensionally similar to ASME B36.10

FORMULA TO OBTAIN APPROXIMATE MASS IN KILOGRAMS PER METRE (kg/m) FOR STEEL ROUND PIPE AND TUBING

$$M = (D - T) \times 0.02466$$

Where: m = mass to the nearest 0.01 kg/m.

D = Outside diameter in millimetres (mm).

T = Wall thickness in millimetres (mm).

☆ NFS ASME term. ⊕ DN: S Metric term.

NOTE: API and BS 1600 are dimensionally similar to ASME B36.10

FORMULA TO OBTAIN APPROXIMATE MASS IN KILOGRAMS PER METRE (kg/m) FOR STEEL ROUND PIPE AND TUBING

$$M = (D - T) \times 0.02466$$

Where: m = mass to the nearest 0.01 kg/m.

D = Outside diameter in millimetres (mm).

T = Wall thickness in millimetres (mm).

☆ NFS ASME term. ⊕ DN: S Metric term.

NOTE: API and BS 1600 are dimensionally similar to ASME B36.10

FORMULA TO OBTAIN APPROXIMATE MASS IN KILOGRAMS PER METRE (kg/m) FOR STEEL ROUND PIPE AND TUBING

$$M = (D - T) \times 0.02466$$

Where: m = mass to the nearest 0.01 kg/m.

D = Outside diameter in millimetres (mm).

T = Wall thickness in millimetres (mm).

☆ NFS ASME term. ⊕ DN: S Metric term.

NOTE: API and BS 1600 are dimensionally similar to ASME B36.10

FORMULA TO OBTAIN APPROXIMATE MASS IN KILOGRAMS PER METRE (kg/m) FOR STEEL ROUND PIPE AND TUBING

$$M = (D - T) \times 0.02466$$

Where: m = mass to the nearest 0.01 kg/m.

D = Outside diameter in millimetres (mm).

T = Wall thickness in millimetres (mm).

EXAMPLE

NOMINAL SIZE: NPS-12, DN-300

O.D. = 323.9 mm W.T. = 9.53 mm

Step 1. 323.9 - 9.53 = 314.37

Step 2. 314.37 x 9.53 = 2995.9461

Step 3. 2995.9461 x 0.02466 = 73.88 kg/m

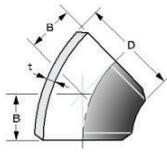
Figura III.2. Identificación, dimensionamiento y peso por longitud de tubos,

según ASME B36.10.

Fuente: http://www.antec.com.au/media/downloads/pipe_steel_pipe_catalogue.pdf

coudes
long rayon à 45°

ASMEB 16.9-1993



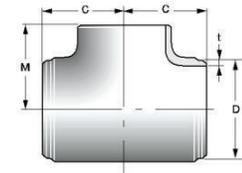
45° long radius
elbows

ASMEB 16.9-1993

Diamètre Nominal Nominal Pipe Size (NPS) pouces/ inches	Dia. extérieur au chanfrein Outside diameter at bevel D-mm	Centre-à- extrémité Center-to-end B-mm	STD	EF. X.S.	X.EF. X.X.S.	SCH 10	SCH 20	SCH 30	SCH 40	SCH 60	SCH 80	SCH 100	SCH 120	SCH 140	SCH 160	Diamètre Nominal Nominal Pipe Size (NPS) pouces/ inches
			t ép./ W.T. mm masse/ weight kg							t ép./ W.T. mm masse/ weight kg						
1/2	21	16	2,77	3,73	7,47			2,41								4,78
			0,04	0,08	**			**								0,22
3/4	27	19 (1)	2,87	3,91	7,82			2,41								5,56
			0,04	0,08	**			**								0,12
1	33	22	3,38	4,55	9,09			2,90								6,35
			0,08	0,10	0,19			**								0,14
1 1/4	42	25	3,56	4,85	9,70			2,97								6,35
			0,12	0,18	0,30			**								0,22
1 1/2	48	29	3,68	5,08	10,16			3,18								7,13
			0,18	0,25	0,45			**								0,33
2	60	35	3,91	5,54	11,07			3,18	Voir STD		Voir EF.					8,74
			0,32	0,47	0,84			**								0,70
2 1/2	73	44	5,16	7,01	14,02			4,78								9,52
			0,64	0,85	1,60			**								1,20
3	89	51	5,49	7,62	15,24			4,78	Refer to STD		Refer to X.S.					11,13
			1,02	1,37	2,60			**								2,00
3 1/2	102	57	5,74	8,08				4,78								
			1,43	1,97				**								
4	114	64	6,02	8,56	17,12			4,78								11,13
			1,95	2,70	5,20			**								3,47
			6,55	9,52	19,05											4,00
5	141	79	3,25	4,42	9,08											6,35
			7,11	10,97	21,95											7,50
6	168	95	5,10	7,67	15,00											14,27
			8,18	12,70	22,23			7,03								9,81
			11,15	14,95	27,00			10,35								14,00
8	219	127	9,27	12,70	25,40			7,80								20,62
			20,50	24,30	48,50			19,65								26,00
10	273	159	9,52	12,70	25,40			8,38	10,31	14,27	17,48	21,44	25,40	28,57	33,32	29,00
			27,00	35,00	70,80			26,03	29,57	41,31	49,94	61,50	70,82	79,00	90,34	29,00
			9,52	12,70				Voir STD	Voir EF.	11,13	15,09	19,05	23,83	27,79	31,75	36,71
			34,00	47,17				39,98	55,84	69,92	84,00	95,00	112,00	123,94		28,57
12	324	190	9,52	12,70	25,40			8,38	10,31	14,27	17,48	21,44	25,40	28,57	33,32	31,00
			27,00	35,00	70,80			26,03	29,57	41,31	49,94	61,50	70,82	79,00	90,34	31,00
			9,52	12,70				Voir STD	Voir EF.	11,13	15,09	19,05	23,83	27,79	31,75	36,71
			34,00	47,17				39,98	55,84	69,92	84,00	95,00	112,00	123,94		28,57
14	356	222	9,52	12,70	25,40			8,38	10,31	14,27	17,48	21,44	25,40	28,57	33,32	31,00
			27,00	35,00	70,80			26,03	29,57	41,31	49,94	61,50	70,82	79,00	90,34	31,00
			9,52	12,70				Voir STD	Voir EF.	11,13	15,09	19,05	23,83	27,79	31,75	36,71
			34,00	47,17				39,98	55,84	69,92	84,00	95,00	112,00	123,94		28,57
16	406	254	9,52	12,70	25,40			8,38	10,31	14,27	17,48	21,44	25,40	28,57	33,32	31,00
			27,00	35,00	70,80			26,03	29,57	41,31	49,94	61,50	70,82	79,00	90,34	31,00
			9,52	12,70				Voir STD	Voir EF.	11,13	15,09	19,05	23,83	27,79	31,75	36,71
			34,00	47,17				39,98	55,84	69,92	84,00	95,00	112,00	123,94		28,57
			9,52	12,70				8,38	10,31	14,27	17,48	21,44	25,40	28,57	33,32	31,00
			27,00	35,00	70,80			26,03	29,57	41,31	49,94	61,50	70,82	79,00	90,34	31,00
			9,52	12,70				Voir STD	Voir EF.	11,13	15,09	19,05	23,83	27,79	31,75	36,71
			34,00	47,17				39,98	55,84	69,92	84,00	95,00	112,00	123,94		28,57
			9,52	12,70				8,38	10,31	14,27	17,48	21,44	25,40	28,57	33,32	31,00
			27,00	35,00	70,80			26,03	29,57	41,31	49,94	61,50	70,82	79,00	90,34	31,00
			9,52	12,70				Voir STD	Voir EF.	11,13	15,09	19,05	23,83	27,79	31,75	36,71
			34,00	47,17				39,98	55,84	69,92	84,00	95,00	112,00	123,94		28,57
			9,52	12,70				8,38	10,31	14,27	17,48	21,44	25,40	28,57	33,32	31,00
			27,00	35,00	70,80			26,03	29,57	41,31	49,94	61,50	70,82	79,00	90,34	31,00
			9,52	12,70				Voir STD	Voir EF.	11,13	15,09	19,05	23,83	27,79	31,75	36,71
			34,00	47,17				39,98	55,84	69,92	84,00	95,00	112,00	123,94		28,57
			9,52	12,70				8,38	10,31	14,27	17,48	21,44	25,40	28,57	33,32	31,00
			27,00	35,00	70,80			26,03	29,57	41,31	49,94	61,50	70,82	79,00	90,34	31,00
			9,52	12,70				Voir STD	Voir EF.	11,13	15,09	19,05	23,83	27,79	31,75	36,71
			34,00	47,17				39,98	55,84	69,92	84,00	95,00	112,00	123,94		28,57
			9,52	12,70				8,38	10,31	14,27	17,48	21,44	25,40	28,57	33,32	31,00
			27,00	35,00	70,80			26,03	29,57	41,31	49,94	61,50	70,82	79,00	90,34	31,00
			9,52	12,70				Voir STD	Voir EF.	11,13	15,09	19,05	23,83	27,79	31,75	36,71
			34,00	47,17				39,98	55,84	69,92	84,00	95,00	112,00	123,94		28,57
			9,52	12,70				8,38	10,31	14,27	17,48	21,44	25,40	28,57	33,32	31,00
			27,00	35,00	70,80			26,03	29,57	41,31	49,94	61,50	70,82	79,00	90,34	31,00
			9,52	12,70				Voir STD	Voir EF.	11,13	15,09	19,05	23,83	27,79	31,75	36,71
			34,00	47,17				39,98	55,84	69,92	84,00	95,00	112,00	123,94		28,57
			9,52	12,70				8,38	10,31	14,27	17,48	21,44	25,40	28,57	33,32	31,00
			27,00	35,00	70,80			26,03	29,57	41,31	49,94	61,50	70,82	79,00	90,34	31,00
			9,52	12,70				Voir STD	Voir EF.	11,13	15,09	19,05	23,83	27,79	31,75	36,71
			34,00	47,17				39,98	55,84	69,92	84,00	95,00	112,00	123,94		28,57
			9,52	12,70				8,38	10,31	14,27	17,48	21,44	25,40	28,57	33,32	31,00
			27,00	35,00	70,80			26,03	29,57	41,31	49,94	61,50	70,82	79,00	90,34	31,00
			9,52	12,70				Voir STD	Voir EF.	11,13	15,09	19,05	23,83	27,79	31,75	36,71
			34,00	47,17				39,98	55,84	69,92	84,00	95,00	112,00	123,94		28,57
			9,52	12,70				8,38	10,31	14,27	17,48	21,44	25,40	28,57	33,32	31,00
			27,00	35,00	70,80			26,03	29,57	41,31	49,94	61,50	70,82	79,00	90,34	31,00
			9,52	12,70				Voir STD	Voir EF.	11,13	15,09	19,05	23,83	27,79	31,75	36,71
			34,00	47,17				39,98	55,84	69,92	84,00	95,00	112,00	123,94		28,57
			9,52	12,70				8,38	10,31	14,27	17,48	21,44	25,40	28,57	33,32	31,00
			27,00	35,00	70,80			26,03	29,57	41,31	49,94	61,50	70,82	79,00	90,34	31,00
			9,52	12,70				Voir STD	Voir EF.	11,13	15,09	19,05	23,83	27,79	31,75	36,71
			34,00	47,17				39,98	55,84	69,92	84,00	95,00	112,00	123,94		28,57
			9,52	12,70				8,38	10,31	14,27	17,48	21,44	25,40	28,57	33,32	31,00
			27,00	35,00	70,80			26,03	29,57	41,31	49,94	61,50	70,82	79,00	90,34	31,00
			9,52	12,70				Voir STD	Voir EF.	11,13	15,09	19,05	23,83	27,79	31,75	36,71
			34,00	47,17				39,98	55,84	69,92	84,00	95,00	112,00	123,94		28,57
			9,52	12,70				8,38	10,31	14,27	17,48	21,44	25,40	28,57	33,32	31,00
			27,00	35,00	70,80			26,03	29,57	41,31	49,94	61,50	70,82	79,00	90,34	31,00
			9,52	12,70				Voir STD	Voir EF.	11,13	15,09	19,05	23,83	27,79	31,75	36,71
			34,00	47,17				39,98	55,84	69,92	84,00	95,00	112,00	123,94		28

tés égaux

ASMEB 16.9-1993



straight tees

ASMEB 16.9-1993

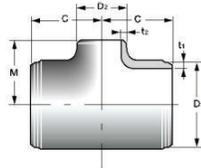
Diamètre Nominal Nominal Pipe Size (NPS)	Dia extérieur au chanfrein Outside diameter at bevel			STD	EF. X.S.	X.EF. X.X.S.	SCH 10	SCH 20	SCH 30	SCH 40	SCH 60	SCH 80	SCH 100	SCH 120	SCH 140	SCH 160	Diamètre Nominal Nominal Pipe Size (NPS)				
	D - mm	C - mm	M - mm															t ép / W.T. mm masse / weight kg		t ép / W.T. mm masse / weight kg	
1/2	21	25	25	2,77	3,73	7,47			2,41								1/2				
3/4	27	29	29	2,87	3,91	7,82			2,41								3/4				
1	33	38	38	3,38	4,55	9,09			2,90								1				
1 1/4	42	48	48	3,56	4,85	9,70			2,97								1 1/4				
1 1/2	48	57	57	3,68	5,08	10,16			3,18								1 1/2				
2	60	64	64	3,91	5,54	11,07			3,18	Voir STD							2				
2 1/2	73	76	76	5,16	7,01	14,02			4,78								2 1/2				
3	89	86	86	5,49	7,82	15,24			4,78	Refer to STD							3				
3 1/2	102	95	95	5,74	8,08				4,78								3 1/2				
4	114	105	105	6,02	8,56	17,12			4,78				11,13			13,50	4				
5	141	124	124	6,55	9,52	19,05							12,70			15,87	5				
6	168	143	143	7,11	10,97	21,95							14,27			18,26	6				
8	219	178	178	8,18	12,70	22,23		6,35	7,03		10,31		15,09	18,26	20,62	23,01	8				
10	273	216	216	9,27	12,70	25,40		6,35	7,80		12,70		15,09	18,26	21,44	25,40	28,57	10			
12	324	254	254	9,52	12,70	25,40		6,35	8,38		10,31		14,27	17,48	21,44	25,40	28,57	33,32	12		
14	356	279	279	9,52	12,70	25,40		6,35	8,38		10,31		14,27	17,48	21,44	25,40	28,57	33,32	37,15	14	
16	406	305	305	9,52	12,70	25,40		6,35	8,38		10,31		14,27	17,48	21,44	25,40	28,57	33,32	37,15	40,49	16

Les masses indiquées sont approximatives.
** Masse sur demande.

Weights are approximate.
** Weight on application.

tés réduits

ASMEB 16.9-1993



reducing outlet tee

ASMEB 16.9-1993

Diamètre Nominal Nominal Pipe Size (NPS)	Dia extérieur au chanfrein Outside diameter at bevel			STD	EF. X.S.	X.EF. X.X.S.	SCH 10	SCH 20	SCH 30	SCH 40	SCH 60	SCH 80	SCH 100	SCH 120	SCH 140	SCH 160	Diamètre Nominal Nominal Pipe Size (NPS)	
	D - mm	C - mm	M - mm															t ₁ ép / W.T. mm t ₂ ép / W.T. mm masse / weight kg
8 x 3 1/2	168			7,11	10,97	21,95												8 x 3 1/2
6 x 3	168	143	124	5,49	7,82	15,24											18,26	6 x 3
6 x 2 1/2	168	143	121	5,16	7,01	14,02											18,26	6 x 2 1/2
8 x 8	219	178	168	8,18	12,70	22,23											18,26	8 x 8
8 x 5	219	178	162	8,18	12,70	22,23											18,26	8 x 5
8 x 4	219	178	156	8,18	12,70	22,23											18,26	8 x 4
8 x 3 1/2	219	178	152	8,18	12,70	22,23											18,26	8 x 3 1/2
10 x 8	273	216	203	9,27	12,70	25,40		6,35	6,35		12,70		15,09	18,26	21,44	25,40	28,57	10 x 8
10 x 6	273	216	194	9,27	12,70	25,40		6,35	6,35		10,31		15,09	18,26	21,44	25,40	28,57	10 x 6
10 x 5	273	216	191	9,27	12,70	25,40		6,35	6,35		10,31		15,09	18,26	21,44	25,40	28,57	10 x 5
10 x 4	273	216	184	9,27	12,70	25,40		6,35	6,35		10,31		15,09	18,26	21,44	25,40	28,57	10 x 4

Les masses indiquées sont approximatives.

Weights are approximate.

Figura III.4. Esquema, dimensionamiento y tes rectas y tes reductoras, con extremos biselados.

(TROUVAY & CAUVIN, 2001)

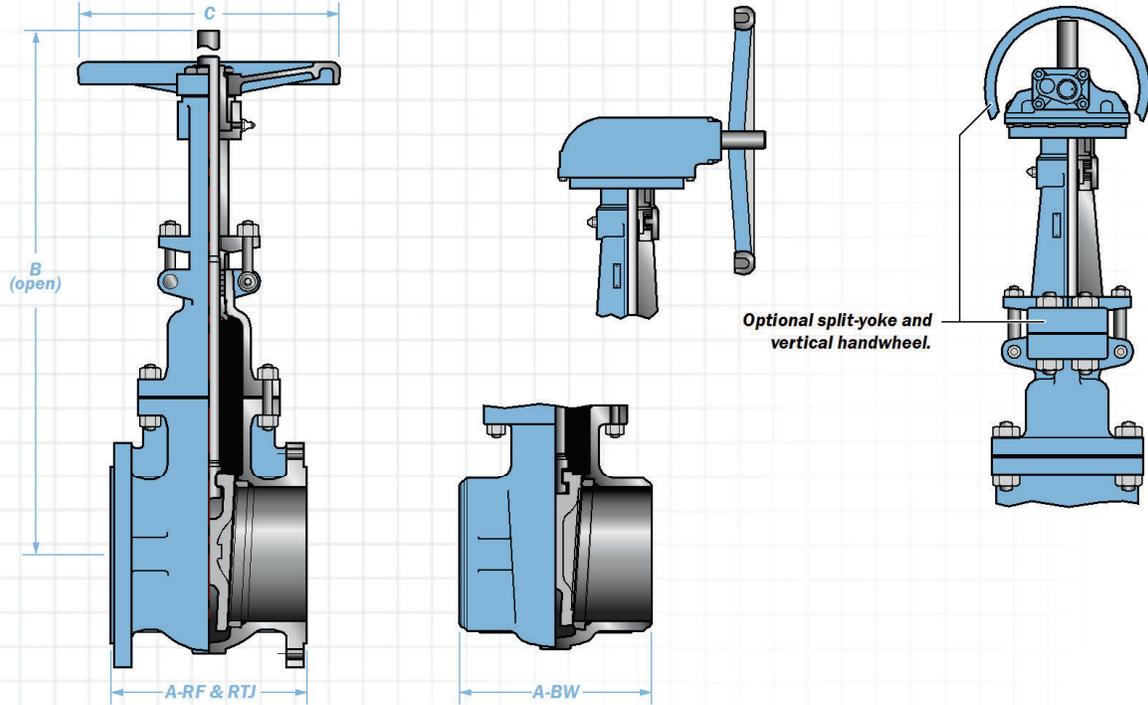
Newco Cast Carbon Steel Bolted Bonnet Valves
Product Line Technical Data

Cast Steel Bolted Bonnet Gates

Styles: CB2, CB3, & CB4/2
Class 150 - Sizes: 2" thru 48"
Pressure Class Range: 150 thru 1500

Design and Manufacturing Standards

Valve Design: ASME B16.34/API 600
Flange Dimensions: ASME B16.5, B16.47 (Series A)
Face-to-Face Dimensions: ASME B16.10
Tested In Accordance with: API 598
Recommended Spare Pts*



** = Gear operated is standard; Handwheel available upon request.

Typical Bill of Materials (See page 5 for available materials.)

Component	CB2	CB3	CB4/2	Component	CB2	CB3	CB4/2
Body	ASTM A216-WCB			Gland Flange	ASTM A216-WCB		
Seat Rings	ASTM A105/HF			Gland Bolt Pins	ASTM A36		
Wedge 2" - 3"	ASTM A276-410	ASTM A216-WCB/HF	ASTM A351-CF8M/A276-316	Gland Bolts	ASTM A307-B		
Wedge 4" & larger	ASTM A216-WCB w/13% Chrome		ASTM A276-316	Gland Nuts	ASTM A194-2H		
Stem	ASTM A182-F6a		ASTM A182-316	Nameplate	Stainless Steel 304		
Yoke & Bonnet	ASTM A216-WCB			Nameplate Rivets	Stainless Steel - Commercial		
*Bonnet Gasket	Multilayered Corrugated 316 w/Graphite			Grease Fitting	Carbon Steel - Commercial		
Bonnet Nuts	ASTM A194-2H		ASTM A194-2HM	Stem Nut	ASTM A439-D2		
Bonnet Studs	ASTM A193-B7		ASTM A193-B7M	Yoke Bushing	ASTM A536 (6545-12)		
Back Seat Bushing	ASTM A276-410		ASTM A276-316	Handwheel	ASTM A536 (6545-12)		
*Packing	Graphite w/Braided Carbon Fiber End Rings			Handwheel Nut	ASTM A536 (6545-12)		
Gland	ASTM A276-410		ASTM A276-316	Set Screw	ASTM A193-B6		
				Spacer Ring	N/A		

Class 150

Size	nps	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	24	30	36	42	48
	dn	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400	450	500	600	750	900	1050	1200
A-RF	in	7.0	7.5	8.0	9.0	10.0	10.5	11.5	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	20.0	24.0	28.0	31.0	34.0
	mm	178	191	203	229	254	267	292	330	356	381	406	432	457	508	610	711	813	864
A-BW	in	8.5	9.5	11.1	12.0	15.0	15.9	16.5	18.0	19.8	22.5	24.0	26.0	28.0	32.0	24.0	28.0	43.0	46.0
	mm	216	241	282	305	381	404	419	457	503	572	610	660	711	813	610	711	1092	1168
B	in	14.8	17.1	18.2	22.6	28.1	33.2	38.9	46.4	54.6	63.5	72.4	79.2	86.0	100.8	125.1	153.2	174.4	217.5
	mm	376	434	462	574	714	843	988	1179	1387	1613	1839	2012	2184	2560	3178	3891	4430	5525
C	in	8.0	8.0	8.0	10.0	13.8	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	27.0	30.0	30.0	35.0	43.0	35.4	35.4
	mm	203	203	203	254	350	356	406	457	508	559	610	686	762	762	889	1092	**900	**900
RF Wt.	lbs	46	56	71	111	163	196	289	449	639	860	1190	1389	1786	2602	4466	4850	10134	15677
	kg	21	25	32	50	74	89	131	204	290	391	541	631	812	1183	2030	1193	4600	8500
BW Wt.	lbs	40	46	58	91	152	180	259	425	584	811	1146	1349	1720	2534	4037	4385	10198	15545
	kg	18	21	26	41	69	82	118	193	265	369	521	613	782	1152	1835	1993	4625	8550

Note: Dimensions: Inches/Millimeters - Weights: Pounds/Kilograms. Larger sizes available on request. Dimensions are subject to change without notice.

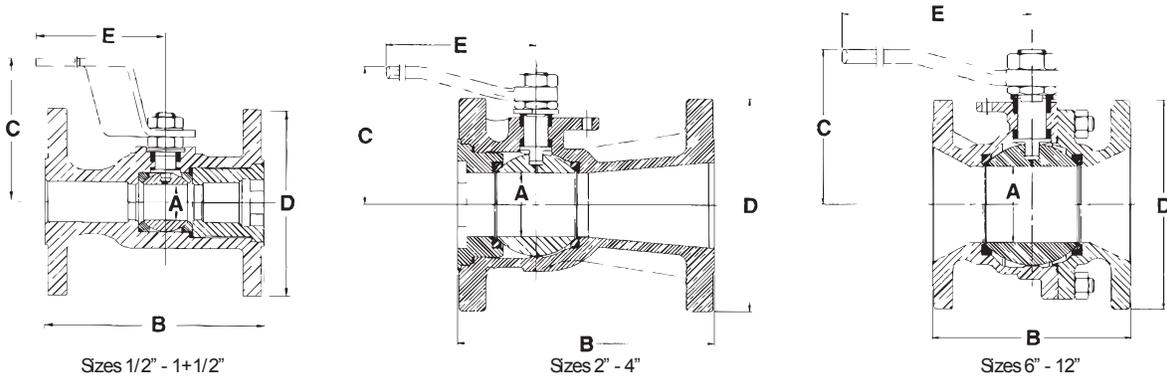
www.NewmansValve.com

Figura III.6. Esquema, dimensionamiento y peso de válvulas de compuerta tipo OS&Y, rating 150#.

(http://www.superiorvalves.com/pdf/NEWCO_CastSteelBoltedBonnet_GGCA_Catalog.pdf)

Dimensions and Weights

ANSI Class 150 and 300 Regular Port Flanged



A – Port diameter
B – End to end
C – Center to top of handle
D – Flange diameter
E – Handle length

Class 150 – ERP1

Size	in/mm					lb/kg
	A	B	C	D	E	Weight
1/2	.44	4.25	2.88	3.50	5.53	4.5
15	11.2	108.0	73.2	88.9	140.5	2.0
3/4	.56	4.62	2.98	3.88	5.53	6.6
20	14.2	117.4	75.7	98.6	140.5	3.0
1	.81	5.00	3.40	4.25	6.53	7.9
25	20.1	127.0	86.4	108.0	165.9	3.6
1 1/2	1.25	6.50	4.58	5.00	8.10	13.0
40	31.8	165.1	116.3	127.0	205.7	5.9
2	1.496	7.00	4.39	6.00	8.50	18.0
50	38.0	177.8	111.5	152.4	215.9	8.2
3	2.25	8.00	5.87	7.50	15.00	37.0
80	57.2	203.2	149.1	190.5	381.0	16.8
4	3.00	9.00	6.49	9.00	15.00	54.0
100	76.2	228.6	164.8	228.6	381.0	24.5
6	4.00	10.50	8.19	11.00	20.00	140.0
150	101.6	266.7	208.0	279.4	508.0	63.5
8	6.00	11.50	N/A	13.50	N/A	276.0
200	152.4	292.1	N/A	342.9	N/A	125.0
10	8.00	13.00	N/A	16.00	N/A	470.0
250	203.2	330.2	N/A	406.4	N/A	213.2
12	9.00	14.00	N/A	19.00	N/A	675.0
300	228.6	355.6	N/A	482.6	N/A	306.2

Class 300 – ERP3

Size	in/mm					lb/kg
	A	B	C	D	E	Weight
1/2	.44	5.50	2.88	3.75	5.53	5.5
15	11.2	139.7	73.2	95.3	140.5	2.5
3/4	.56	6.00	2.98	4.62	5.53	7.5
20	14.2	152.4	75.7	117.4	140.5	3.4
1	.81	6.50	3.40	4.88	6.53	9.5
25	20.1	165.1	86.4	124.0	165.9	4.3
1 1/2	1.25	7.50	4.58	6.13	8.10	16.1
40	31.8	190.5	116.3	155.7	205.7	7.3
2	1.440	8.50	4.39	6.50	8.50	24.0
50	36.58	215.9	111.5	165.1	215.9	10.9
3	2.25	11.13	5.86	8.25	15.00	53.0
80	57.2	282.7	148.8	209.6	381.0	24.0
4	3.00	12.00	6.48	10.00	15.00	85.0
100	76.2	304.8	164.6	254.0	381.0	38.6
6	4.00	15.88	8.19	12.50	20.00	185.0
150	101.6	403.4	208.0	317.5	508.0	83.9
8	5.94	16.50	N/A	15.00	N/A	321.0
200	150.9	419.1	N/A	381.0	N/A	145.6
10	7.44	18.00	N/A	17.50	N/A	521.0
250	189.0	457.2	N/A	444.5	N/A	236.3
12	10.00	19.75	N/A	20.50	N/A	1,030.0
300	254.0	501.7	N/A	520.7	N/A	467.2

Figura III.7. Esquema, dimensionamiento y peso de válvulas de bola, rating 150# y 300#.

(<http://www.flowserve.com/files/Files/Literature/Products/Flowcontrol/McCannaMARPAC/MMABR1005.pdf>)

Cast Steel Bolted Cover Swing Checks

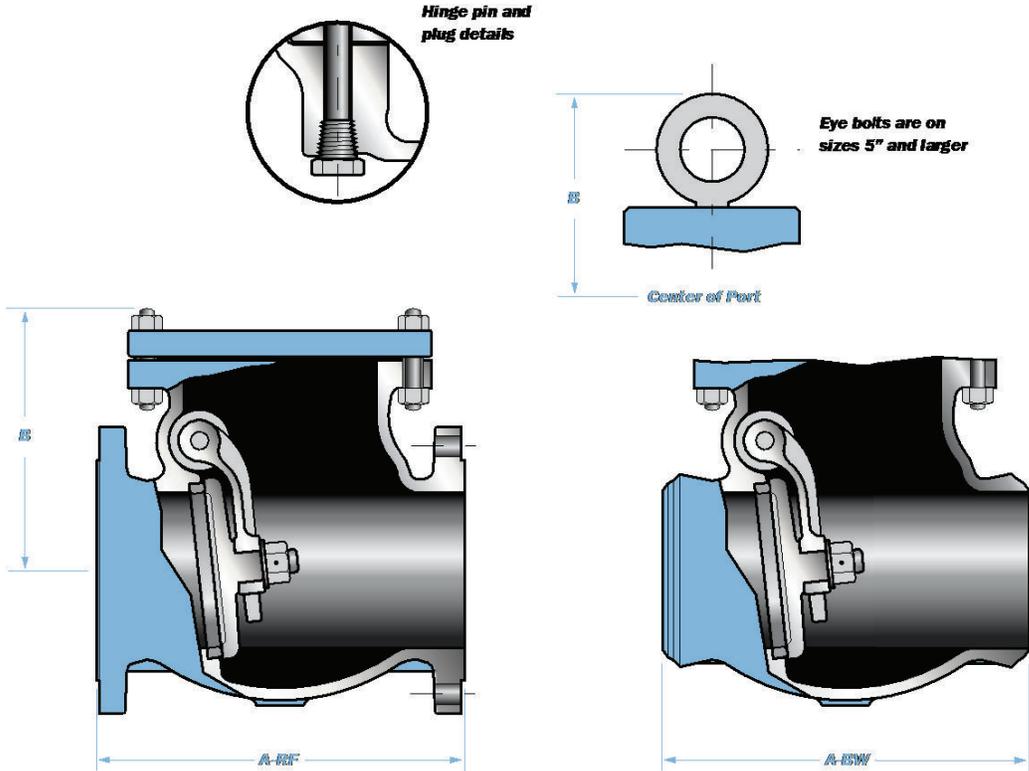
Styles: CB2, CB3, & CB4/2

Class: 150 - Sizes: 2" thru 24"

Pressure Class Range: 150 thru 1500

Design and Manufacturing Standards

Valve Design: ASME B16.34/API 600
Flange Dimensions: ASME B16.5, B16.47 (Series A)
Face-to-Face Dimensions: ASME B16.10
Tested In Accordance with: API 598
Recommended Spare Parts*



Typical Bill of Materials (See page 5 for available materials.)							
Component	CB2	CB3	CB4/2	Component	CB2	CB3	CB4/2
Body		ASTM A216-WCB		Name Plate		304 Stainless Steel	
Cover		ASTM A105N		Plug Gasket		Stainless Steel	
Disc 2" thru 5"	ASTM A182-F6a	ASTM A182-F6a /HF	ASTM A182-F316	Cover Bolt		ASTM A193-B7	ASTM A193-B7M
Disc 6" and larger	ASTM A216-WCB /13% Chrome	ASTM A216-WCB/ HF	ASTM A216-WCB/ 316 Faced	Cover Nut		AISI 1020	
Swing Arm		ASTM A216-WCB		Plug		ASTM A276-410	ASTM A276-316
Seat Ring		ASTM A105/HF		Disc Pin		ASTM A276-316	
*Cover Gasket		Spiral Wound 316 Stainless Steel/ Graphite		Disc Nut		A194-8	
Hinge Pin		ASTM A276-410	ASTM A276-316	Eye Bolt 5" thru 24"		Carbon Steel	

Class 150															
Size	nps	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	24
A-RF	in	8.0	8.5	9.5	11.5	13.0	14.0	19.5	24.5	27.5	31.0	34.0	38.5	38.5	51.0
	mm	203	216	241	292	330	356	495	622	699	787	864	978	978	1295
A-BW	in	8.0	8.5	9.5	11.5	13.0	14.0	19.5	24.5	27.5	31.0	34.0	38.5	38.5	51.0
	mm	203	216	241	292	330	356	495	622	699	787	864	978	978	1295
B	in	6.8	7.4	7.7	8.5	12.3	12.8	14.3	17.2	17.9	19.6	21.2	24.2	27.4	30.0
	mm	173	188	196	216	315	325	363	437	455	498	538	615	696	762
RF	lbs	36	51	64	98	135	181	298	463	688	898	1147	1367	1808	2866
	kg	16	23	29	45	61	83	135	210	313	408	521	621	822	1308
BW	lbs	29	38	49	73	110	146	243	421	591	766	979	1190	1585	2250
	kg	13	17	22	33	50	66	110	191	269	348	445	541	720	1123

Note: Dimensions: Inches/Millimeters - Weights: Pounds/Kilograms. Larger sizes available on request. Dimensions are subject to change without notice.

www.NewmansValve.com
Toll Free: 800.231.3505

Rev. 111809

Figura III.8. Identificación, dimensionamiento y peso de válvulas de retención tipo oscilante, rating 150#.

(http://www.superiorvalves.com/pdf/NEWCO_CastSteelBoltedBonnet_GGCA_Catalog.pdf)

Coladores Tipo "Y"

Fundidos con bridas ANSI 150

YF150B de bronce, YFC150 de acero al carbono o YFC150SS de acero inoxidable



Características

Los coladores Sure Flow con bridas ANSI 150 están disponibles en acero al carbono, acero inoxidable y bronce. Tienen un asiento cónico ahusado a máquina que asegura un encaje perfecto del cedazo desmontable de acero inoxidable. Los de 2" o más vienen completos con una salida para drenaje con tapa bridada, empaquetadura y tapón. Los de 1 1/2" o menos vienen completos con una salida bridada para drenaje, empaquetadura y tapón. Puede instalarse en líneas verticales u horizontales con la conexión de drenaje en el extremo inferior del cedazo.

Material

Acero al carbono: Cuerpo y Tapa, ASTM A216, Grado WCB
 Acero Inoxidable: Cuerpo y Tapa, ASTM A351, Grado CF8M
 Bronce: Cuerpo y Tapa, ASTM B62

Todos los cedazos son de acero inoxidable

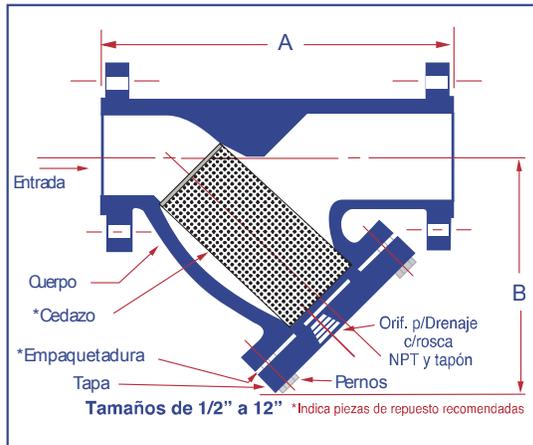
Presiones y Temperaturas de Operación

Tipo	Ø Nominal	PSI a Temp. de Vapor*	PSI a Temp. WOG
YF150B	1/2" - 12"	150 358°F	225 150°F
YFC150	1/2" - 12"	150 358°F	285 100°F
YFC150SS	1/2" - 12"	150 358°F	275 100°F

Cedazos Estándar

Ø Nominal	Estándar	Abertura
1/2" - 1 1/2"	Perf. 1/32"	0.031"
2" - 3"	Perf. 3/64"	0.045"
4" - 12"	Perf. 1/8"	0.125"

Dimensiones



Ø Nominal		A	B	Drenaje o rosca NPT	Peso al despachar (lb)
Pulg.	Prefijo				
1/2	0050	6	2 9/16	Opt.	9
3/4	0075	7 1/2	3	Opt.	11
1	0100	7 3/8	3 3/8	Opt.	15
1 1/2	0150	7 1/4	4 3/4	Opt.	18
2	0200	8 5/8	4 7/8	1/2	30
2 1/2	0250	10 1/4	7 1/2	3/4	44
3	0300	11 5/8	7 3/4	1	60
4	0400	14 3/8	9 1/8	1 1/2	96
5	0500	17 5/8	11	2	150
6	0600	18 5/8	13 3/8	2	174
8	0800	24 3/8	14 5/8	2	264
10	1000	26	17 1/4	2	414
12	1200	30 3/8	21	2	615

Información para ordenar

Ejemplo: Incluir la descripción completa

Tamaño (Prefijo)	Modelo número	Aberturas del cedazo
0400 -	YFC150SS -	125

Colador tipo "Y" de acero inoxidable fundido de 4" con bridas ANSI 150 y cedazo con perforaciones de 1/8"

Notas

El fabricante se reserva el derecho a modificar las dimensiones, materiales o diseño. Para certificación, comuníquese con la fábrica.

*Se debe especificar si se usará para vapor.

* WOG = Agua, aceite y gas
 PSI = lb/pulg²



Internacional: Tel: +1(905)335-1350 • Fax: +1(905)332-4993
 Correo-e: info@surreflowequipment.com
www.surreflowequipment.com



Pág. 10

Figura III.9. Esquema y dimensionamiento de un colador (strainer) en "Y".

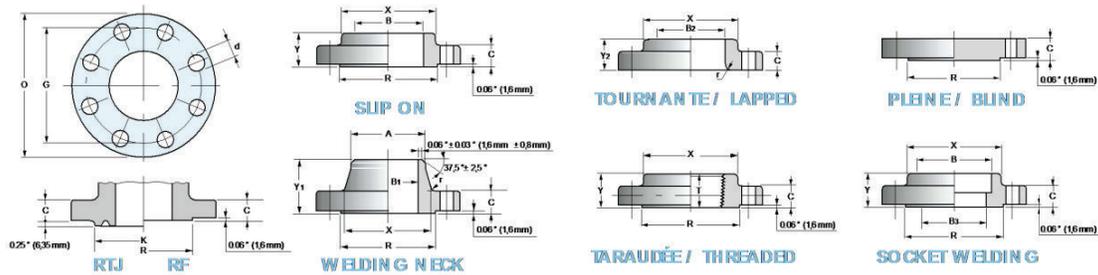
(<http://www.surreflowequipment.com/56-page-spanish-strainer-catalog.pdf>)

brides ISO PN 20 – DN 15 à 600

class 150 flanges – NPS 1/2 to 24

ASMEB 16.5 – 1996

ASMEB 16.5 – 1996



B₁ : à préciser par l'acheteur T: longueur de la partie fileté B₃ : diamètre intérieur des tubes épaisseur STD idem sch 40 B₁ : to be specified by purchase T: thread length B₃ : inside diameter of pipe for STD wall pipedem sch 40

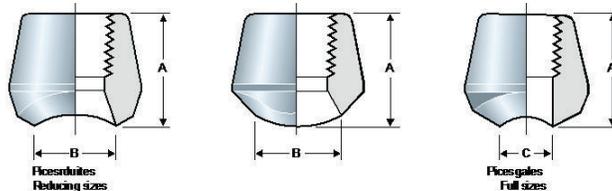
Diamètre Size DN NPS	O mm	C mini mm	R mm	K mm	Perçage / Drilling		B mini mm	X mm	Y mm	Slip on Welding neck		Welding neck		Lapped		Threaded		Blind		Socket welding		Diamètre Size NPS DN			
					Nombre mm	d mm				Masse kg	A mm	Y ₁ mm	Masse kg	B ₂ mm	Y ₂ mm	r mm	Masse kg	T mm	Masse kg	Masse kg	B ₃ mm		D mm	Masse kg	
15 1/2	89	112	34,9	—	4	60,3	15,8	22,4	30	16	0,8	21,3	48	0,6	22,9	16	3	0,8	16	0,8	1,2	15,8	10	0,8	1/2 15
20 3/4	99	127	42,9	—	4	69,8	15,8	27,7	38	16	0,9	26,7	52	0,8	28,2	16	3	0,9	16	0,9	1,3	20,8	11	0,9	3/4 20
25 1	106	143	50,8	63,5	4	79,4	15,8	34,5	49	17	1,0	33,4	56	1,1	35,0	17	3	1,0	18	1,0	1,4	26,7	13	1,0	1 25
32 1 1/4	117	157	63,5	73,2	4	88,9	15,8	43,2	59	21	1,3	42,2	57	1,4	43,7	21	5	1,3	21	1,3	1,8	35,0	14	1,3	1 1/4 32
40 1 1/2	127	175	73,0	82,5	4	98,4	15,8	49,5	65	22	1,5	48,3	62	1,8	50,0	22	6	1,5	22	1,5	2,2	40,9	16	1,4	1 1/2 40
50 2	152	191	92,1	101,6	4	120,6	19,0	62,0	78	25	2,3	60,3	63	2,7	62,5	25	8	2,3	25	2,3	2,8	52,6	17	2,3	2 50
65 2 1/2	178	223	104,8	120,7	4	139,7	19,0	74,7	90	29	3,7	73,0	70	4,0	75,4	29	8	3,7	29	3,7	4,7	62,7	19	3,0	2 1/2 65
80 3	190	239	127,0	133,4	4	152,4	19,0	90,7	108	30	4,2	88,9	70	4,5	91,4	30	10	4,2	30	4,2	5,5	78,0	21	3,5	3 80
— 3 1/2	216	239	139,7	154,0	8	177,8	19,0	103,4	122	32	5,3	101,6	71	6,2	104,1	32	11	5,3	32	5,3	6,8	—	—	—	3 1/2 —
100 4	229	239	157,2	171,5	8	190,5	19,0	116,1	135	33	5,9	114,3	76	7,0	116,8	33	11	5,9	33	5,9	8,0	—	—	—	4 100
125 5	254	239	185,7	193,5	8	215,9	22,2	143,8	164	37	7,0	141,3	89	8,6	144,5	37	11	7,0	37	7,0	9,0	—	—	—	5 125
150 6	279	254	215,9	219,0	8	241,3	22,2	170,7	182	40	8,5	168,3	89	10,8	171,4	40	13	8,5	40	8,5	12,0	—	—	—	6 150
200 8	343	285	269,9	273,0	8	296,4	22,2	221,5	246	44	13,5	219,1	102	18,0	222,2	44	13	13,5	44	13,5	20,0	—	—	—	8 200
250 10	406	302	323,8	330,2	12	362,0	25,4	276,4	305	49	18,5	273,0	102	24,0	327,4	49	13	19,5	49	19,5	32,0	—	—	—	10 250
300 12	483	318	391,9	406,4	12	431,8	25,4	327,2	365	56	29,0	323,9	114	37,0	328,2	56	13	29,0	56	29,0	40,0	—	—	—	12 300
350 14	533	350	412,8	425,5	12	476,2	28,5	359,2	400	57	39,0	355,6	127	47,0	362,2	79	13	45,0	57	39,0	59,0	—	—	—	14 350
400 16	597	366	469,9	482,6	16	539,8	28,5	410,5	457	63	47,0	406,4	127	58,0	411,2	87	13	58,0	64	47,0	77,0	—	—	—	16 400
450 18	635	397	533,4	546,1	16	577,8	31,8	461,8	505	68	54,0	457,0	140	64,0	462,3	97	13	66,0	68	54,0	95,0	—	—	—	18 450
500 20	686	429	584,2	596,9	20	635,0	31,8	513,1	559	73	70,0	508,0	144	77,0	514,4	103	13	84,0	73	70,0	123,0	—	—	—	20 500
600 24	813	477	692,2	711,2	20	749,3	35,0	616,0	664	83	95,0	610,0	152	118,0	616,0	111	13	118,0	83	95,0	186,0	—	—	—	24 600

Les masses indiquées sont approximatives

Weights are approximate

Figura III.10. Esquema, dimensionamiento y peso de bridas: deslizable, de traslape, ciega, cuello soldable, roscada y caja para soldar (socket welding).

(TROUVAY & CAUVIN, 2001)



CLASS3000

Diamètre nominal desortie Outlet nominal pipe size	Pièces réduites / Reducing size					Pièces égales / Full size		
	A*		B(1)		Masse Weight (kg)	C(2)		Masse Weight (kg)
mm	inches	mm	inches	mm		inches		
1/8	19	3/4	16	5/8	0,06	—	—	—
1/4	19	3/4	16	5/8	0,06	—	—	—
3/8	21	13/16	19	3/4	0,09	—	—	—
1/2	25	1	24	15/16	0,11	14	9/16	0,12
3/4	27	1 1/16	30	1 3/16	0,17	19	3/4	0,19
1	33	1 5/16	36,5	1 7/16	0,29	24	15/16	0,31
1 1/4	33	1 5/16	44,5	1 3/4	0,41	32	1 1/4	0,45
1 1/2	35	1 3/8	51	2	0,46	38	1 1/2	0,50
2	38	1 1/2	65	2 9/16	0,80	49	1 15/16	0,87
2 1/2	46	1 13/16	76	3	1,40	59	2 5/16	1,50
3	51	2	93,5	3 11/16	2,00	73,5	2 7/8	2,15
3 1/2 **	54	2 1/8	101,5	4	2,60	85	3 5/16	2,85
4	57	2 1/4	120,5	4 3/4	3,35	97	3 13/16	3,60

* Suivant MSSSP 97

* According MSSSP 97.

** Dimensions non reprises dans MSSSP 97

** Dimensions not listed in MSSSP 97.

(1) Même dimension pour pièces égales et pièces réduites.

(1) Same dimension for full and reducing sizes

(2) Dimensions appropriées pour collecteurs épaisseurs STD et EF.

(2) Suitable dimensions for STD and XSrun pipes.

(3) Disponibles en pièces réduites uniquement.

(3) Available only for reducing sizes.

Pour diamètre de collecteurs : voir tableau page 491.

For run pipe sizes : see chart on page 491.

Les masses indiquées sont approximatives.

Weights are approximate.

Figura III.11. Esquema, dimensionamiento y peso de una conexión integralmente reforzada socket, rating 3000#.

(TROUVAY & CAUVIN, 2001)

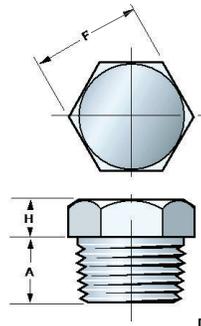


Figura III.12. Esquema, dimensionamiento y peso un tapón roscado, rating 3000#.
(TROUVAY & CAUVIN, 2001)

Tarudage suivant / Thread according to :
ASME B 1.20.1 – 1983

Dimensions suivant / Dimensions according to :
ASME B 16.11 – 1996

Diamètre nominal Nominal pipe size	Class 3000 – Class 6000						Masse Weight (kg)
	A mini		F nominal		H mini		
	mm	inches	mm	inches	mm	inches	
1/8	10	0.38	11	0.44	6	0.25	-
1/4	11	0.44	16	0.62	6	0.25	0.025
3/8	13	0.50	18	0.69	8	0.31	0.035
1/2	14	0.56	22	0.88	8	0.31	0.07
3/4	16	0.62	27	1.06	10	0.38	0.14
1	19	0.75	36	1.38	10	0.38	0.21
1 1/4	21	0.81	46	1.75	14	0.56	0.415
1 1/2	21	0.81	50	2.00	16	0.62	0.575
2	22	0.88	65	2.50	18	0.69	1.00
2 1/2	27	1.06	75	3.00	19	0.75	1.85
3	28	1.12	90	3.50	21	0.81	3.00
4	32	1.25	115	4.62	25	1.00	6.00

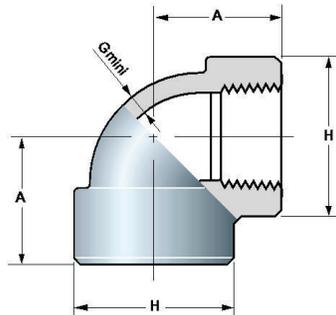
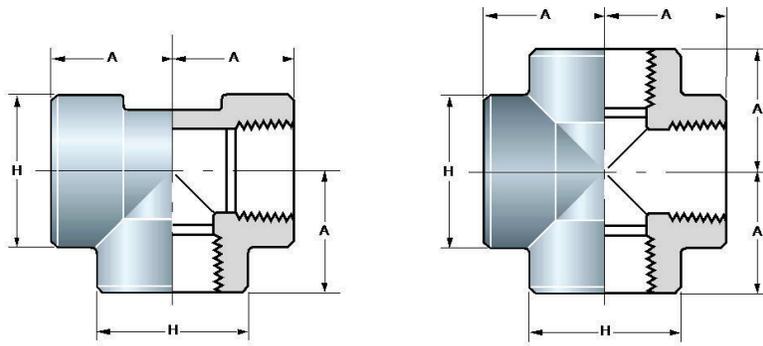


Figura III.13. Esquema, dimensionamiento y peso un codo roscado, rating 3000#.
(TROUVAY & CAUVIN, 2001)

Tarudage suivant / Thread according to :
ASME B 1.20.1 – 1983

Dimensions suivant / Dimensions according to :
ASME B 16.11 – 1996

Diamètre nominal Nominal pipe size	Class 3000						Masse Weight (kg)	Class 6000						Masse Weight (kg)
	A		H		G			A		H		G		
	mm	inches	mm	inches	mm	inches		mm	inches	mm	inches	mm	inches	
1/8	21	0.81	22	0.88	3,18	0.125	-	25	0.97	25	1.00	6,35	0.250	-
1/4	25	0.97	25	1.00	3,30	0.130	0.155	28	1.12	33	1.31	6,60	0.260	0.38
3/8	28	1.12	33	1.31	3,51	0.138	0.3	33	1.31	38	1.50	6,98	0.275	0.47
1/2	33	1.31	38	1.50	4,09	0.161	0.43	38	1.50	46	1.81	8,15	0.321	0.74
3/4	38	1.50	46	1.81	4,32	0.170	0.64	44	1.75	56	2.19	8,53	0.336	1.27
1	44	1.75	56	2.19	4,98	0.196	1.12	51	2.00	62	2.44	9,93	0.391	1.77
1 1/4	51	2.00	62	2.44	5,28	0.208	1.38	60	2.38	75	2.97	10,59	0.417	2.8
1 1/2	60	2.38	75	2.97	5,56	0.219	2.64	64	2.50	84	3.31	11,07	0.436	4.56
2	64	2.50	84	3.31	7,14	0.281	3.7	83	3.25	102	4.00	12,09	0.476	7.21
2 1/2	83	3.25	102	4.00	7,65	0.301	5.84	95	3.75	121	4.75	15,29	0.602	9.4
3	95	3.75	121	4.75	8,84	0.348	8	106	4.19	146	5.75	16,64	0.655	12.6
4	114	4.50	152	6.00	11,18	0.440	13.5	114	4.50	152	6.00	18,67	0.735	15.8



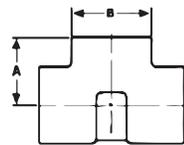
Tarageage suivant / Thread according to :
ASMEB 1.20.1 – 1983

Dimensions suivant / Dimensions according to :
ASMEB 16.11 – 1996

Diamètre nominal Nominal pipe size	Class 3000						Masse Weight (kg)	Class 6000					
	A		H		G			A		H		G	
	mm	inches	mm	inches	mm	inches		mm	inches	mm	inches	mm	inches
1/8	21	0.81	22	0.88	3,18	0.125	-	25	0.97	25	1.00	6,35	0.250
1/4	25	0.97	25	1.00	3,30	0.130	0.17	28	1.12	33	1.31	6,60	0.260
3/8	28	1.12	33	1.31	3,51	0.138	0.32	33	1.31	38	1.50	6,98	0.275
1/2	33	1.31	38	1.50	4,09	0.161	0.52	38	1.50	46	1.81	8,15	0.321
3/4	38	1.50	46	1.81	4,32	0.170	0.73	44	1.75	56	2.19	8,53	0.336
1	44	1.75	56	2.19	4,98	0.196	1.26	51	2.00	62	2.44	9,93	0.391
1 1/4	51	2.00	62	2.44	5,28	0.208	1.635	60	2.38	75	2.97	10,59	0.417
1 1/2	60	2.38	75	2.97	5,56	0.219	2.805	64	2.50	84	3.31	11,07	0.436
2	64	2.50	84	3.31	7,14	0.281	4	83	3.25	102	4.00	12,09	0.476
2 1/2	83	3.25	102	4.00	7,65	0.301	6.15	95	3.75	121	4.75	15,29	0.602
3	95	3.75	121	4.75	8,84	0.348	10.5	106	4.19	146	5.75	16,64	0.655
4	114	4.50	152	6.00	11,18	0.440	16.5	114	4.50	152	6.00	18,67	0.735

Figura III.14. Esquema, dimensionamiento y peso de tes roscadas, rating 3000# y 6000#.
(TROUVAY & CAUVIN, 2001)

Threaded Reducing Tee
3000# Forged Steel
Inches / Pounds



*ASTM SA-105, ANSI B16.11

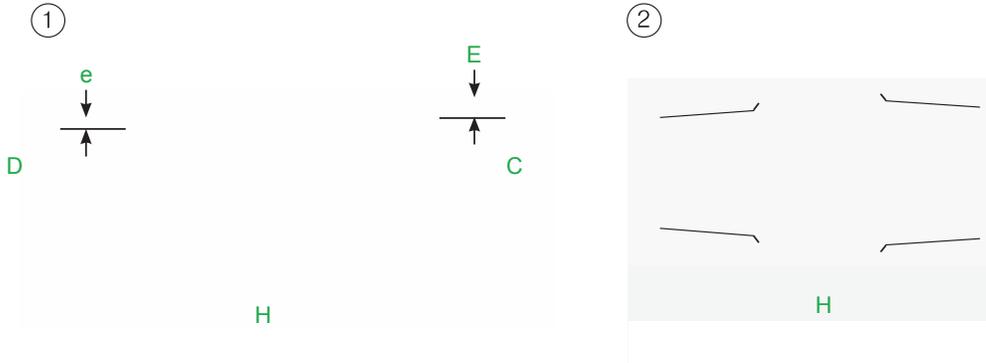
Size	A	B	Approximate Weight (in pounds (kg))
3/4 x 1/2	1.50	1.81	1.90 (0.86)
1 x 1/2	1.75	2.19	3.15 (1.43)
1 x 3/4	1.75	2.19	3.10 (1.41)
1 1/4 x 1/2	2.00	2.44	3.70 (1.68)
1 1/4 x 3/4	2.00	2.44	3.65 (1.66)
1 1/4 x 1	2.00	2.44	3.60 (1.63)
1 1/2 x 1/2	2.38	2.97	7.10 (3.22)
1 1/2 x 3/4	2.38	2.97	7.00 (3.18)
1 1/2 x 1	2.38	2.97	6.90 (3.13)
1 1/2 x 1 1/4	2.38	2.97	6.80 (3.08)
2 x 1/2	2.50	3.31	7.70 (3.49)
2 x 3/4	2.50	3.31	7.60 (3.45)
2 x 1	2.50	3.31	7.50 (3.40)
2 x 1 1/4	2.50	3.31	7.40 (3.36)
2 x 1 1/2	2.50	3.31	7.30 (3.31)

Figura III.15. Esquema, dimensionamiento y peso de tes reductoras roscadas, rating 3000#.

(<http://www.servicemetal.net/pdfs/3000ThrdRedTee.pdf>)

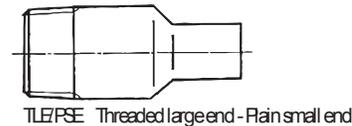
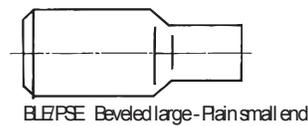
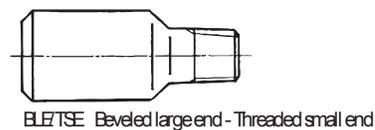
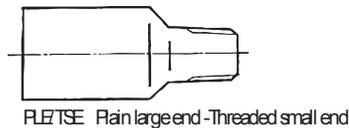
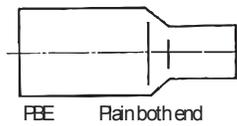
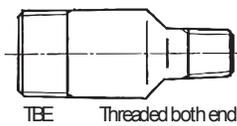
Concentric Swage Nipples

3000 #



Material : CuNi 90/10 | CuNi 70/30

RATING: 3000#



Nominal (Inch)		Outside Diameter of Pipe				E (mm)	e (mm)	H (mm)	kg /pc
		Actual		C (mm)	D (mm)				
3/4	x	1/2	25			x	16	4	4
1	x	1/2	30	x	16	5	4	55	0.17
1	x	3/4	30	x	25	5	4	55	0.22
1 1/4	x	1/2	38	x	16	5	4	60	0.28
1 1/4	x	3/4	38	x	25	5	4	60	0.32
1 1/4	x	1	38	x	30	5	5	60	0.37
1 1/2	x	1/2	44.5	x	16	5.5	4	70	0.39
1 1/2	x	3/4	44.5	x	25	5.5	4	70	0.435
1 1/2	x	1	44.5	x	30	5.5	5	70	0.495
1 1/2	x	1 1/4	44.5	x	38	5.5	5	70	0.57
2	x	1/2	57	x	16	6	4	80	0.45
2	x	3/4	57	x	25	6	4	80	0.52
2	x	1	57	x	30	6	5	80	0.605
2	x	1 1/4	57	x	38	6	5	80	0.715
2	x	1 1/2	57	x	44.5	6	5.5	80	0.83
2 1/2	x	1/2	76.1	x	16	7.5	4	90	0.65
2 1/2	x	3/4	76.1	x	25	7.5	4	90	0.75
2 1/2	x	1	76.1	x	30	7.5	5	90	0.89
2 1/2	x	1 1/4	76.1	x	38	7.5	5	90	1.07
2 1/2	x	1 1/2	76.1	x	44.5	7.5	5.5	90	1.28
2 1/2	x	2	76.1	x	57	7.5	6	90	1.54
3	x	1/2	88.9	x	16	8	4	95	0.8
3	x	3/4	88.9	x	25	8	4	95	0.93
3	x	1	88.9	x	30	8	5	95	1.083
3	x	1 1/4	88.9	x	38	8	5	95	1.29
3	x	1 1/2	88.9	x	44.5	8	5.5	95	1.6
3	x	2	88.9	x	57	8	6	95	1.9
3	x	2 1/2	88.9	x	76.1	8	7.5	95	2.4

- * The above swage nipples are machined from forged, wrought rods with grain structures.
- * Other wall thickness, dimensions and lengths are available on request.
- * Concentric swage nipple ② male threaded type on request.

Figura III.16. Esquema, dimensionamiento y peso de nipples reductores (swages) concéntricos.

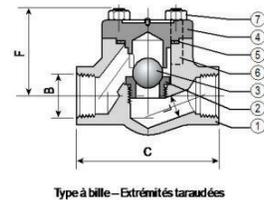
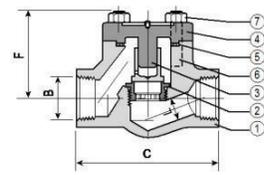
(<http://www.athical.com/pdf/Page%20076.pdf>)

**dapets de non-retour
horizontaux**
Type à piston ou à bille

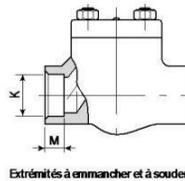
**horizontal
check valves**
Piston or ball type

CLASS 800

CHAPEAU BOULONNÉ – PASSAGE STANDARD / BOLTED BONNET – STANDARD FLOW PORT		Item	Designation	Matière / Material
Pressions et températures de service 42 bar à 468 °C 56 bar à 449 °C 136,2 bar à 38 °C	Pressure temperature ratings 600 psi – 875 °F 800 psi – 840 °F 1975 psi – 100 °F	1	Corps / Body	A 48 CP ASTMA 105 N
		2	Siège / Seat	Z 12 CF 13 ASTMA 582 Gr. 416
		3	Piston ou bille Piston or ball	Z 20 C 13 ASTMA 276 Gr. 420
		4	Couvercle / Cover	A 48 CP ASTMA 105 N
		5	Joint de chapeau (Type Flex) Cover gasket	Inox et graphite SS and graphite
		6	Goujon de chapeau Cover stud bolt	42 CD 4 ASTMA 193 Gr. B7
		7	Écrou / Nut	XC 38 ASTMA 194 Gr. 2 H



Vis de chapeau / Bonnet screw : 1/2" à 1"
Goujon – écrou de chapeau / Bonnet stud – nut : > 1"



NPS	B	C*	F*	K mini	L*	M mini	Masse / Weight*
	inches	mm	inches	mm	inches	mm	kg
1/2	1/2	84	3.31	47	1.85	21,8	0.855
3/4	3/4	90,5	3.56	53	2.09	27,2	1.065
1	1	111	4.37	69	2.72	33,9	1.330
1 1/4	1 1/4	133,5	5.25	85	3.35	42,7	1.675
1 1/2	1 1/2	165	6.50	105	4.13	48,8	1.915
2	2	178	7.00	131	5.16	61,2	2.406

NOTA: Les dimensions non normalisées (*) peuvent varier selon les fabricants / Non standardised dimension(s) may vary according to manufacturer.

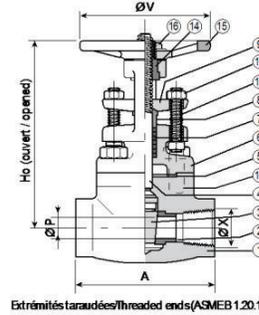
vannes à opercule

gate valves

CLASS 800

CHAPEAU BOULONNÉ – PASSAGE STANDARD / BOLTED BONNET – STANDARD FLOW PORT
API 602 – Oct. 1998

Pressions et températures de service	Pressure temperature ratings	Item	Designation	Matière / Material
42 bar à 468 °C 56 bar à 449 °C 136,2 bar à 38 °C	600 psi – 875 °F 800 psi – 840 °F 1975 psi – 100 °F	1	Corps / Body	A 48 CP ASTMA 105 N
		2	Siège / Seat	Z 12 CF 13 ASTMA 582 Gr. 416
		3	Obturateur / Wedge	Z 20 C 13 ASTMA 276 Gr. 420
		4	Tige / Stem	Z 12 CF 13 ASTMA 582 Gr. 416
		5	Joint de chapeau Bonnet gasket	Inox et graphite SS and graphite
		6	Chapeau / Bonnet	A 48 CP ASTMA 105 N
		7	Garniture / Packing	Graphite / Graphite
		8	Fouloir / Gland	Z 12 CF 13 ASTMA 582 Gr. 416
		9	Bride de fouloir Gland flange	A 48 CP ASTMA 105 N
		10	Vis ou boulon Screw or stud bolt	42 CD 4 ASTMA 193 Gr. B7
		12	Tige filetée / Stud bolt	Z 20 C 13 ASTMA 276 Gr. 420
		13	Écrou de tige Stud bolt nut	XC 38 ASTMA 194 Gr. 2 H
		14	Douille Yoke bushing	Z 12 CF 13 ASTMA 582 Gr. 416
		15	Volant / Handwheel	Fonte malléable Malleable cast iron
		16	Écrou de volant Handwheel nut	XC 38 A 194 Gr. 2 H



Extrémités à emmancher et à souder / Socket-welding ends (ASME B 16.11)

Vis de chapeau / Bonnet screw : 1/2" à 1"
Goujon – écrou de chapeau / Bonnet stud – nut : > 1"

NPS	Ø X	A *	Ø V *	Ho *	Ø K mini	Ø P mini	M mini	Masse / Weight *
	inches	mm	inches	mm	inches	mm	inches	kg
1/2	1/2	84	3.31	87	3.43	134	5.28	21,8
3/4	3/4	90,5	3.56	87	3.43	143	5.63	27,2
1	1	114	4.49	104	4.10	182	7.17	33,9
1 1/2	1 1/2	120,5	4.75	131	5.15	238,5	9.00	48,8
2	2	130	5.12	146	5.75	259	10.20	61,2

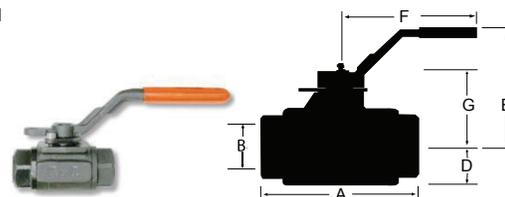
NOTA: Les dimensions non normalisées (*) peuvent varier selon les fabricants / Non standardised dimension(s) may vary according to manufacturer.

Figura III.17. Esquema, dimensionamiento y peso de válvulas de retención y de compuerta con extremos roscados.

(TROUVAY & CAUVIN, 2001)

Class 3000 Full Port

Description	Standard Material
Body	ASTM A-105 / LF2
End Caps	ASTM A-105 / LF2
Stem	ASTM A564 17-4 PH
Stem O-Ring	Viton
Ball	ASTM A351 GR. CF8M
Seats	Delrin
Seat O-Ring	Viton
Trust Washer	Delrin
Packing	Teflon
Packing Follower	Carbon Steel Plated
Belleville Washer	Carbon Steel
Gland Flange	Carbon Steel Plated
Cap Screws	Carbon Steel
Stem	ASTM A108 Plated
Handle	Carbon Steel
Handle Nut	Carbon Steel Plated



3000 PSI Full Port & Reduced Ball Valves

Size	WOG	A	B	D	E	F	G	CV	WT (kg/lb)
1/4"	3000	3.88	0.5	0.82	3.29	4.82	1.73	9	1.13 (2.5)
3/8"	3000	3.88	0.5	0.82	3.29	4.82	1.73	9	1.09 (2.4)
1/2"	3000	3.88	0.5	0.82	3.29	4.82	1.73	26	1.00 (2.2)
3/4"	3000	4.25	0.88	1.12	4.4	6.75	2.16	50	2.18 (4.8)
1"	3000	4.25	0.88	1.12	4.4	6.75	2.16	50	2.18 (4.8)
1 1/2"	3000	6.25	1.5	1.98	5.62	11	3.52	260	8.16 (18)
2"	3000	6.25	2	2.53	6.96	11.88	4.83	480	13.61 (30)

Figura III.18. Esquema, dimensionamiento y peso de una válvula de bola, rating 3000#.

(TROUVAY & CAUVIN, 2001)



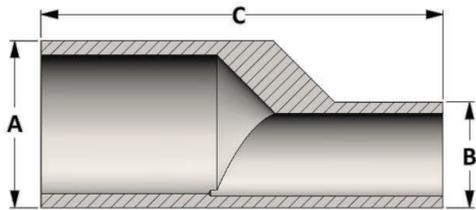
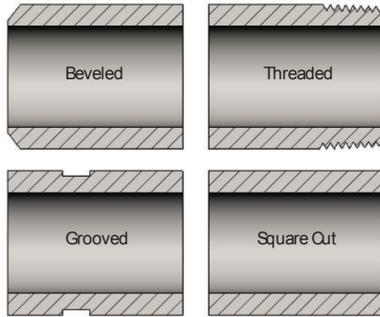
Eccentric Swage Nipple

Specification: MSS SP-95
Threaded ends per ASME B1.20.1 • Beveled ends per ASME B16.25

Material : Available in a complete range of Carbon Steels, Stainless Steels, Alloy Steels and Non-ferrous metals certified to ASTM, ASME, and Military standards.

Sizes 1/4" - 8" in S40/STD, S80/XH, S160 & XXH
Also available in special pipe schedules and split schedules

End Preparations



RATING: 3000#

All dimensions are in inches • Weights are in lb and are based on Carbon Steel

Pipe Size	Dimensions			Weights				
	A	B	C	STD	XH	S160	XXH	
1/4	1/8	0.540	0.405	2.250	0.08	0.10	0.11	---
	3/8	0.675	0.405	2.500	0.13	0.15	0.18	---
3/8	1/4	0.675	0.540	2.500	0.13	0.16	0.19	0.22
	1/2	0.840	0.405	2.750	0.21	0.25	0.28	---
1/2	3/8	0.840	0.540	2.750	0.20	0.24	0.29	0.36
	3/4	0.840	0.675	2.750	0.20	0.24	0.29	0.36
3/4	1/2	1.050	0.405	3.000	0.32	0.37	0.44	---
	1	1.050	0.540	3.000	0.31	0.37	0.44	---
1	3/8	1.050	0.675	3.000	0.30	0.36	0.45	0.54
	1/2	1.050	0.840	3.000	0.29	0.37	0.45	0.57
1	1/8	1.315	0.405	3.500	0.61	0.69	0.80	---
	1/4	1.315	0.540	3.500	0.59	0.68	0.79	---
1	3/8	1.315	0.675	3.500	0.56	0.67	0.78	0.93
	1/2	1.315	0.840	3.500	0.54	0.64	0.77	0.95
1	3/4	1.315	1.050	3.500	0.48	0.60	0.76	0.94
	1	1.660	0.405	4.000	0.97	1.11	1.25	---
1-1/4	1/4	1.660	0.540	4.000	0.95	1.09	1.24	---
	3/8	1.660	0.675	4.000	0.91	1.06	1.23	1.51
1-1/4	1/2	1.660	0.840	4.000	0.88	1.04	1.21	1.52
	3/4	1.660	1.050	4.000	0.83	1.00	1.21	1.53
1-1/4	1	1.660	1.315	4.000	0.80	1.00	1.24	1.61
	1-1/2	1.900	0.405	4.500	1.38	1.57	---	---
1-1/2	1/4	1.900	0.540	4.500	1.34	1.55	1.81	---
	3/8	1.900	0.675	4.500	1.30	1.51	1.79	2.13
1-1/2	1/2	1.900	0.840	4.500	1.25	1.48	1.76	2.13
	3/4	1.900	1.050	4.500	1.18	1.42	1.74	2.13
1-1/2	1	1.900	1.315	4.500	1.13	1.39	1.75	2.19
	1-1/4	1.900	1.660	4.500	1.05	1.36	1.72	2.19

RATING: 3000#

All dimensions are in inches • Weights are in lb and are based on Carbon Steel

Pipe Size	Dimensions			Weights				
	A	B	C	STD	XH	S160	XXH	
2	1/2	2.375	0.840	6.500	2.55	3.06	3.90	4.51
	3/4	2.375	1.050	6.500	2.43	2.98	3.85	4.48
2	1	2.375	1.315	6.500	2.33	2.88	3.81	4.50
	1-1/4	2.375	1.660	6.500	2.18	2.77	3.71	4.53
2	1-1/2	2.375	1.900	6.500	2.09	2.73	3.76	4.61
	2	2.875	1.050	7.000	3.45	4.23	5.22	6.71
2-1/2	3/4	2.875	1.050	7.000	3.45	4.23	5.22	6.71
	1	2.875	1.315	7.000	3.32	4.13	5.16	6.71
2-1/2	1-1/4	2.875	1.660	7.000	3.16	4.01	5.04	6.70
	1-1/2	2.875	1.900	7.000	3.09	3.96	5.09	6.76
2-1/2	2	2.875	2.375	7.000	3.02	3.99	5.38	7.03
	1	3.500	1.315	8.000	6.01	7.20	8.98	10.86
3	1-1/4	3.500	1.660	8.000	5.65	6.88	8.66	10.72
	1-1/2	3.500	1.900	8.000	5.41	6.70	8.59	10.65
3	2	3.500	2.375	8.000	5.03	6.42	8.64	10.67
	2-1/2	3.500	2.875	8.000	5.07	6.60	8.77	11.43
3-1/2	1-1/2	4.000	1.900	8.000	7.23	8.82	---	13.65
	2	4.000	2.375	8.000	6.63	8.32	---	13.39
3-1/2	2-1/2	4.000	2.875	8.000	6.43	8.24	---	13.84
	3	4.000	3.500	8.000	6.10	8.14	---	14.39
4	1-1/2	4.500	1.900	9.000	9.76	11.79	15.25	17.83
	2	4.500	2.375	9.000	8.98	11.13	14.96	17.50
4	2-1/2	4.500	2.875	9.000	8.69	10.98	14.71	18.00
	3	4.500	3.500	9.000	8.19	10.75	15.05	18.52
4	3-1/2	4.500	4.000	9.000	8.00	10.83	---	19.35
	3	6.625	3.500	12.00	27.91	34.08	44.58	50.69
6	3-1/2	6.625	4.000	12.00	25.94	32.39	---	49.77
	4	6.625	4.500	12.00	24.16	30.93	42.90	49.26
6	5	6.625	5.563	12.00	20.96	28.63	42.87	49.45

Figura III.19. Esquema, dimensionamiento y peso de nipples reductores (swages) excéntricos.

(http://www.pennusa.com/products/product_catalog/pdf/eccentricswagenipple.pdf)

Coladores Tipo "Y"

Fundidos con roscas NPT y extremo dulce

T250G de hierro, TB150 y TB300 de bronce, TB150SW



Características

Los coladores Sure Flow fundidos de hierro y bronce tienen un asiento cónico ahusado a máquina que asegura un encaje perfecto del cedazo desmontable de acero inoxidable. Todos vienen completos con tapón de drenaje con rosca NPT que puede reemplazarse por una válvula de bola para purga de partículas.

Material

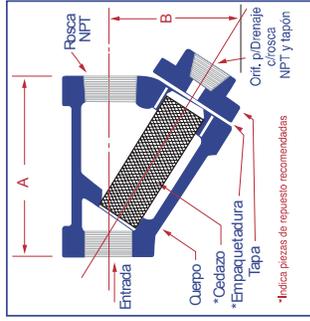
Hierro fundido: Cuerpo, tapa, tapón - Hierro fundido para alta tensión ASTM A126 Clase B
Todos los cedazos son de acero inoxidable
Bronce fundido: Cuerpo, tapa, tapón - Bronce ASTM B62

Presiones y Temperaturas de Operación

Tipo	Ø Nominal	PSI a Temp. de Vapor*	PSI a Temp. WOG
T250G	1/4" - 3"	250 400°F	400 150°F
TB150	1/4" - 3"	150 358°F	300 150°F
TB300	1/2" - 3"	300 400°F	400 150°F

Cedazos Estándar

Ø Nominal	Estándar	Abertura
1/4" - 2"	Maila 20	0.032"
2 1/2" - 3"	Perf. 3/64"	0.045"



Dimensiones

Ø Nominal	A			B			Drenaje o/ rosca NPT			Peso al desparhar (lb)		
	1B603V	T250G	TB300	TB150	T250G	TB300	TB150	T250G	TB300		TB300	
1/4	0.025	3/732	3/11/2	2.98	2.92	2.98	2	3/8	3/8	1/4	2	
3/8	0.038	3/732	3/11/2	2.98	2.92	2.98	2	3/8	3/8	1/4	2	
1/2	0.050	3/732	3/11/2	3.14	3	2.92	2.98	2.14	2.5	3/8	1/4	3.8
3/4	0.075	3/5/16	4/11/32	3.94	3.7/6	2.94	2.94	2.98	2.12	3/8	1/2	3.8
1	0.100	4/17/32	5	4	4.1/16	2.15/16	3.3/16	2.34	3/16	1/2	1/2	3.4
1 1/4	0.125	5/11/32	5.29/32	5	4.7/8	3.9/16	3.23/32	3.34	3.58	1/2	1/2	3.4
1 1/2	0.150	6/7/32	6.29/32	5.94	5.34	3.27/32	4.1/8	4	4.1/8	1/2	1/2	3.4
2	0.000	7/1/2	8.21/32	7	6.34	5.7/16	5.9/16	5	5	1/2	1/2	1
2 1/2	0.020	9/1/16		9.5/16	7/1/2	5.29/32		6	5.14	1/2	1.12	1.14
3	0.030	10/7/32		10.1/8	8/1/2	6.9/32		7	6.1/2	1/2	1.12	1.14

Notas

El fabricante se reserva el derecho a modificar las dimensiones, materiales o diseño. Para certificación, comuníquese con la fábrica.

*Se debe especificar si se usará para vapor.

Información para ordenar

Ejemplo: Incluir la descripción completa
 Tamaño Modelo Aberturas (Prefijo) número del cedazo
0150 - T250G - 032

Colador tipo "Y" de hierro fundido de 1 1/2" con rosca NPT y cedazo de maila 20

* WOG= Agua, aceite y gas

Figura III.20. Esquema, dimensionamiento y peso de coladores tipo "Y" y canastilla, rating 150#.

(<http://www.sureflowequipment.com/56-page-spanish-strainer-catalog.pdf>)

Coladores de Canastilla

Fundidos con bridas ANSI 150

BF150B de bronce, BF150 de acero al carbono y BF150SS de acero inoxidable 316



Cedazos Estándar

Ø Nominal	Estándar	Abertura
2"-3"	Perf. 3/64"	0.045"
4"-12"	Perf. 1/8"	0.125"

Características

Los coladores Sure Flow de canastilla con bridas ANSI 150 están fundidos de bronce, acero o acero inoxidable. Para contaminantes que se pueden eliminar fácilmente enjuagando el cedazo, puede proveerse una válvula para el orificio de drenaje.

Fabricación

Cuerpo y Tapa, ASTM B62, Bronce
Bronce: Cuerpo y tapa, ASTM A216, Grado WCB
Acero inoxidable: Cuerpo y tapa, ASTM A351, Grado CF8M
Canastillas de acero inoxidable

Presiones y Temperaturas de Operación

Tipo	Ø Nominal	PSI a Temp. WOG*
BF150B	2" - 12"	225 150°F
BF150	2" - 12"	285 100°F
BF150SS	2" - 12"	275 100°F

Dimensiones

Pulg.	Nominal		A	B	C	Drenaje o/ rosca NPT	Drenaje o/ rosca NPT y tapón	Peso al desparhar (lb)
	Prefijo	Estándar						
2	0200	8 1/8	8 3/8	5	1	5 3/8	34	
2 1/2	0250	8 3/4	10	5 3/4	1	6 5/16	43	
3	0300	9 7/8	11 1/4	6 1/2	1	8	60	
4	0400	11 1/2	13 1/2	8 3/4	1	9 5/16	120	
5	0500	13 1/8	14 5/8	8 7/16	1	10 7/16	140	
6	0600	14 7/8	15 5/8	9	1	11 1/8	164	
8	0800	18 1/16	21	12 1/8	1	15 9/16	330	
10	1000	20 1/8	24 1/2	13 3/4	1	18	470	
12	1200	26 1/4	29 3/4	16 3/8	1	23 1/4	820	

Disponible en tamaños más grandes de 1" y 1 1/2". Consulte a la fábrica.



Notas

El fabricante se reserva el derecho a modificar las dimensiones, materiales o diseño. Para certificación, comuníquese con la fábrica.

*Se debe especificar si se usará para vapor.
 WOG= Agua, aceite y gas
 PSI = lb/pulg

Información para ordenar

Ejemplo: Incluir la descripción completa
 Tamaño Modelo Aberturas (Prefijo) número del cedazo
0400 - BF150SS - 125

Colador de canastilla de acero inoxidable fundido de 4" con bridas ANSI 150 y cedazo con perforaciones de 1/8"



February, 2007

Supersedes all previous issues

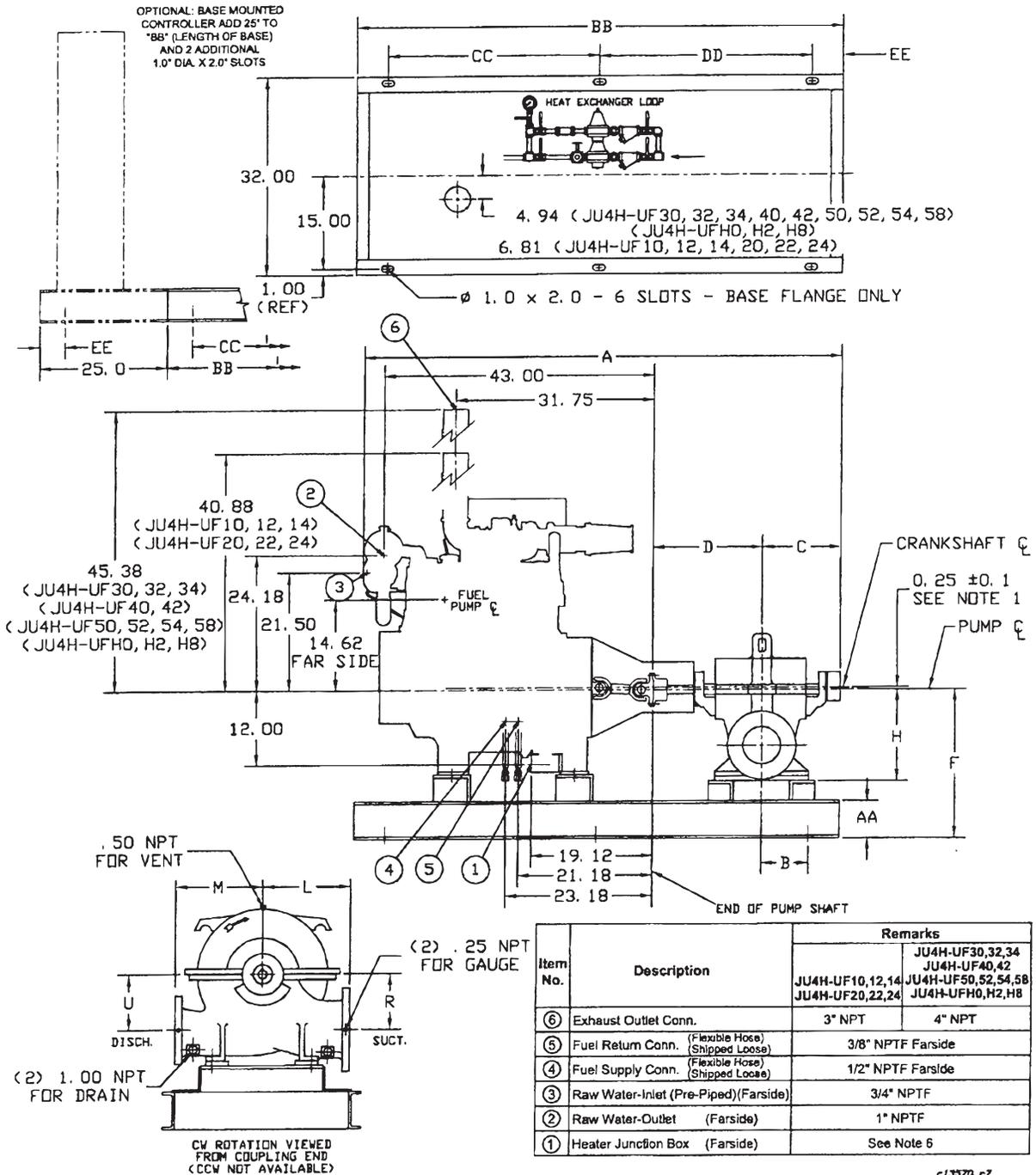


Figura III.21. Esquema de la bomba diesel utilizada en el típico del SCI (sistema contra incendio).



Supersedes all previous issues

PUMP	ENG	A	B	C	D	F	H	L	M	R&U
⑦ 3x2x11 F	UF10, 12, 14	77.00	9.00	12.25	16.00	20.0	8.00	10.0	9.0	5.5
	UF20, 22	77.00	9.00	12.25	16.00	20.0	8.00	10.0	9.0	5.5
⑦ 6x4x9 F	UF14	78.81	7.75	12.81	17.25	21.0	11.00	12.0	11.5	7.0
	UF34	81.88	6.50	14.62	18.50	20.0	11.00	13.0	11.5	6.5
⑦ 6x4x10 F	UF94	81.88	6.50	14.62	18.50	21.0	11.00	13.0	11.5	7.38
	UF54	81.88	6.50	14.62	18.50	21.0	11.00	13.0	11.5	7.38
⑦ 6x4x11 F	UF10, 12, 14	79.50	7.50	13.25	17.50	21.0	12.00	13.0	11.5	5.75
	UF20, 22, 24	79.50	7.50	13.25	17.50	21.0	12.00	13.0	11.5	5.75
	UF30, 32, 34	79.50	7.50	13.25	17.50	21.0	12.00	13.0	11.5	5.75
	UF40, 42	79.50	7.50	13.25	17.50	21.0	12.00	13.0	11.5	5.75
	UF50, 52, 54, 58	79.50	7.50	13.25	17.50	21.0	12.00	13.0	11.5	5.75
UFHO, HB	79.50	7.50	13.25	17.50	21.0	12.00	13.0	11.5	5.75	
⑦ 6x6x9 F	UF14	78.91	7.75	12.81	17.25	21.0	11.00	13.0	11.5	5.75
	UF14, 24	79.50	7.50	13.25	17.50	23.0	12.00	14.0	13.0	7.50
⑦ 8x6x9 F	UF14, 24	81.88	6.50	14.62	18.50	23.0	14.00	15.0	11.5	5.75
	UF34	81.88	6.50	14.62	18.50	23.0	14.00	15.0	11.5	5.75
⑦ 8x6x10 F	UF10	79.50	7.50	13.25	17.50	24.0	14.00	14.0	14.0	9.0
	UF20	79.50	7.50	13.25	17.50	24.0	14.00	14.0	14.0	9.0
	UF30, 32, 34	79.50	7.50	13.25	17.50	24.0	14.00	14.0	14.0	9.0
	UF40, 42	79.50	7.50	13.25	17.50	24.0	14.00	14.0	14.0	9.0
	UF50, 52, 54, 58	79.50	7.50	13.25	17.50	24.0	14.00	14.0	14.0	9.0
UFHO, HB	79.50	7.50	13.25	17.50	24.0	14.00	14.0	14.0	9.0	

PUMP	ENG	A	B	C	D	F	H	L	M	R&U
⑦ 8x6x12 F-M	UF34	81.88	6.50	14.62	18.50	24.0	14.00	14.0	14.0	9.0
	UF54	81.88	6.50	14.62	18.50	24.0	14.00	14.0	14.0	9.0
⑦ 8x6x13 F	UF10, 12	85.62	13.75	15.62	21.25	23.0	12.75	15.5	13.0	8.0
	UF20, 22	85.62	13.75	15.62	21.25	23.0	12.75	15.5	13.0	8.0
	UF30, 32	85.62	13.75	15.62	21.25	23.0	12.75	15.5	13.0	8.0
	UF40, 42	85.62	13.75	15.62	21.25	23.0	12.75	15.5	13.0	8.0
	UF50, 52, 54, 58	85.62	13.75	15.62	21.25	23.0	12.75	15.5	13.0	8.0
UFHO, HB	85.62	13.75	15.62	21.25	23.0	12.75	15.5	13.0	8.0	
⑦ 8x6x18 F	UF40	85.62	13.75	15.62	21.25	24.0	14.00	16.0	14.0	9.0
	UF50, 58, HB	85.62	13.75	15.62	21.25	24.0	14.00	16.0	14.0	9.0
⑦ 8x8x12 F	UF20	85.62	13.75	15.62	21.25	23.0	12.75	16.5	14.0	8.0
	UF30	85.62	13.75	15.62	21.25	23.0	12.75	16.5	14.0	8.0
	UF40	85.62	13.75	15.62	21.25	23.0	12.75	16.5	14.0	8.0
⑦ 8x8x17 F	UF30, 32, 34, 38	85.62	13.75	15.62	21.25	23.0	12.75	16.5	14.0	8.0
	UFHO, HB	85.62	13.75	15.62	21.25	23.0	12.75	16.5	14.0	8.0
⑦ 10x8x17 F	UF40	88.31	12.44	17.00	22.56	24.0	14.50	16.5	15.0	9.5
	UF50, 58, HB	88.31	12.44	17.00	22.56	24.0	14.50	16.5	15.0	9.5
	UF40	88.31	12.44	17.00	22.56	26.0	16.00	18.0	16.0	10.0
UF50, 58	88.31	12.44	17.00	22.56	26.0	16.00	18.0	16.0	10.0	

PUMP	ENG	AA	BB	CC	DD	EE
⑦ 3x2x11 F	UF10, 12, 14	6.0	78.0	34.0	34.0	5.0
	UF20, 22	6.0	78.0	34.0	34.0	5.0
⑦ 6x4x9 F	UF14	6.0	78.0	34.0	34.0	5.0
	UF24	6.0	78.0	34.0	34.0	5.0
⑦ 6x4x10 F	UF34	6.0	78.0	34.0	34.0	5.0
	UF54	6.0	78.0	34.0	34.0	5.0
⑦ 6x4x11 F	UF10, 12, 14	6.0	78.0	34.0	34.0	5.0
	UF20, 22, 24	6.0	78.0	34.0	34.0	5.0
	UF30, 32, 34	6.0	78.0	34.0	34.0	5.0
	UF40, 42	6.0	78.0	34.0	34.0	5.0
	UF50, 52, 54, 58	6.0	78.0	34.0	34.0	5.0
UFHO, HB	6.0	78.0	34.0	34.0	5.0	
⑦ 6x6x9 F	UF14	6.0	78.0	34.0	34.0	5.0
	UF14, 24	6.0	78.0	34.0	34.0	5.0
⑦ 8x6x9 F	UF14, 24	6.0	78.0	34.0	34.0	5.0
	UF34	6.0	78.0	34.0	34.0	5.0
⑦ 8x6x10 F	UF10	6.0	78.0	34.0	34.0	5.0
	UF20	6.0	78.0	34.0	34.0	5.0
	UF30, 32, 34	6.0	78.0	34.0	34.0	5.0
	UF40, 42	6.0	78.0	34.0	34.0	5.0
	UF50, 52, 54, 58	6.0	78.0	34.0	34.0	5.0
UFHO, HB	6.0	78.0	34.0	34.0	5.0	

PUMP	ENG	AA	BB	CC	DD	EE
⑦ 8x6x12 F-M	UF34	6.0	78.0	34.0	34.0	5.0
	UF54	6.0	78.0	34.0	34.0	5.0
⑦ 8x6x13 F	UF10, 12	6.0	88.0	39.0	39.0	5.0
	UF20, 22	6.0	88.0	39.0	39.0	5.0
	UF30, 32	6.0	88.0	39.0	39.0	5.0
	UF40, 42	6.0	88.0	39.0	39.0	5.0
	UF50, 52, 54	6.0	88.0	39.0	39.0	5.0
UFHO, HB	6.0	88.0	39.0	39.0	5.0	
⑦ 8x6x18 F	UF40	6.0	88.0	39.0	39.0	5.0
	UF50, 58, HB	6.0	88.0	39.0	39.0	5.0
⑦ 8x8x12 F	UF20	6.0	88.0	39.0	39.0	5.0
	UF30	6.0	88.0	39.0	39.0	5.0
	UF40	6.0	88.0	39.0	39.0	5.0
⑦ 8x8x17 F	UF30, 32, 34, 38	6.0	88.0	39.0	39.0	5.0
	UFHO, HB	6.0	88.0	39.0	39.0	5.0
⑦ 10x8x17 F	UF40	6.0	88.0	39.0	39.0	5.0
	UF50, 58, HB	6.0	88.0	39.0	39.0	5.0
	UF40	6.0	88.0	39.0	39.0	5.0
UF50, 58	6.0	88.0	39.0	39.0	5.0	

NOTES

- All Dimensions are inches with ±.125" tolerance unless otherwise specified.
Caution
 The driveshaft is not designed to operate at 0° angle. The engine crankshaft is to be parallel offset .025 ±0.1 inch above the pump shaft. The engine crankshaft may be parallel offset from the pump shaft .025 inch right or left. Refer to the engine manual for alignment.
- Suction and discharge connections per ANSI B16.1. Holes in flanges straddle G.
- Baseplate setting (before piping), grouting procedures and final alignment must be in accordance with ITT A-C Pump Systems recommended procedures outlined in the Instruction Manual associated with this pump type.
- Both suction and discharge pipes must be supported independently near the pump to reduce strain on the pump casing. Also expansion joints, if used must not exert force on casing.
- Coupling guard to meet ANSI/OSHA requirements.
- Heater voltage requirements: 115 VAC 1500 Watt, 230 VAC optional. Do not energize until engine coolant has been installed.
- These units are available in both standard and high working pressures. Unit is denoted with an "H" prefix when specifying high working pressure. Example H6x4x11F Refer to engineering data for actual working pressure values. High pressure pumps have 250 F.F. flange per ANSI B16.1 unless noted.

NOT FOR CONSTRUCTION, INSTALLATION OR APPLICATION PURPOSES UNLESS CERTIFIED.									
CERTIFIED FOR:							APPROVAL		
CUSTOMER ORDER NO:				IDENTIFICATION NO:			FLANGES		
PUMP DATA	SIZE	MODEL	CURVE NO.	GPM	HEAD (FT.)	ROTATION	SUCTION	DISCHARGE	
ENGINE DATA	MAKE	MODEL	HP	RPM	VOLTAGE	POLARITY	MAX ALTITUDE		
SHOP ORDER:		CERTIFIED BY:			TOTAL WEIGHT		DATE:		
	6x4x11F	8100		1000	289	CW	125#	125#	
	CLARKE	UF54	145	3000	12	NEG.			

c13570. r6

Figura III.22. Dimensionamiento de la bomba diesel utilizada en el típico del SCI (sistema contra incendio).

DOUBLE WALL FUEL TANK

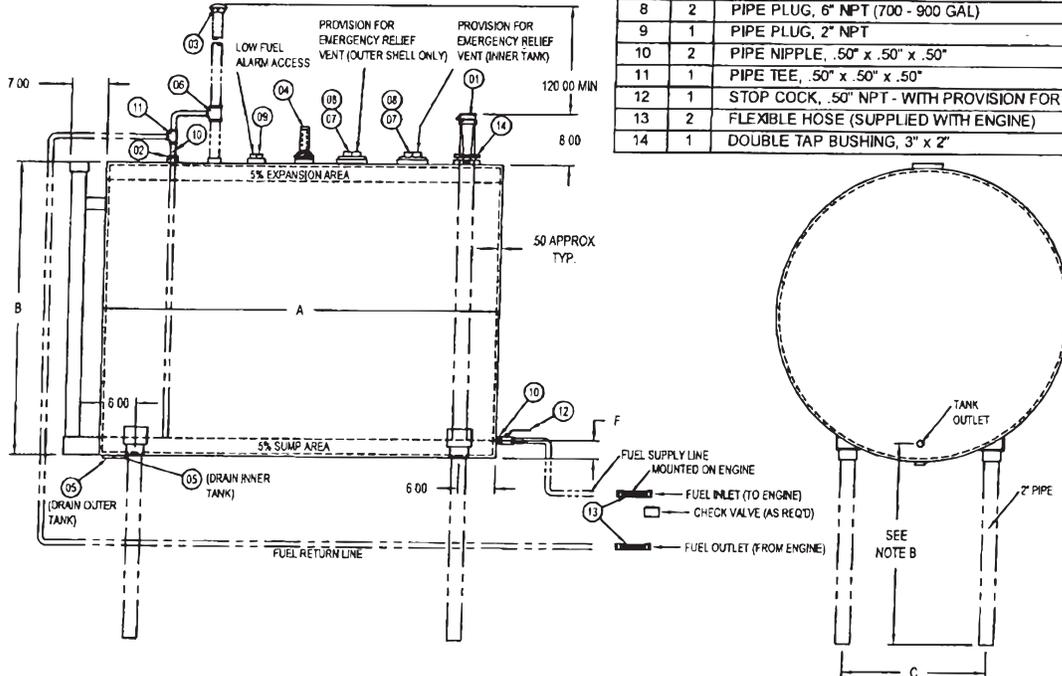
CAPACITY 120, 185, 300, 500, 700, & 900 GAL
TYPE DOUBLE WALL TYPE I 360°, ABOVEGROUND, HORIZONTAL
MATERIAL MILD CARBON STEEL
TEST 5 PSI
MIN GAUGE ATM INNER HEADS: 12 GA OUTER HEADS: 10 GA
 INNER SHELL: 12 GA OUTER SHELL: 10 GA
PAINT INTERIOR: NONE EXTERIOR: GREY PRIMER
CONSTRUCTION FLAT FLANGED HEADS LAP, WELD ALL EXTERIOR SEAMS ONLY
APPROVAL UL 142

NOTES

- (A) ITEMS DISPLAYED IN PHANTOM LINES FURNISHED BY OTHERS TO CONFORM TO INDIVIDUAL JOB REQUIREMENTS
- (B) INSTALL TANK IN ACCORDANCE WITH REQUIREMENTS OF LOCAL AUTHORITIES ARRANGE TANK AS CLOSE TO ENGINE AS POSSIBLE AND LOCATE TANK OUTLET ABOVE FUEL PUMP CENTERLINE
- (C) PITCH TANK TOWARD DRAIN 25° PER FOOT
- (D) FOR PROPER FUEL SUPPLY AND RETURN SIZE SEE ENGINE MANUFACTURER'S RECOMMENDATION

TANK SIZE (GAL)	A	B	C	F	WT
120	41.00 (1041.4)	31.00 (787.4)			295
185	40.00 (1016)	39.00 (990.6)		3.00 (76.2)	380
300	60.00 (1524)		24.00 (609.6)		705
500	65.00 (1651)				970
700	90.00 (2288)	49.00 (1244.6)		4.50 (114.3)	1600
900	115.00 (2921)				1900

ITEM	QTY	DESCRIPTION
1	1	2" FILL CAP - WITH PROVISIONS FOR PADLOCK, COMBINED WITH REMOVABLE STRAINER (MAX .06 MESH)
2	1	DOUBLE TAB BUSHINGS, 1" X .50"
3	1	VENT CAP, 2.0" NPT
4	1	DIRECT READING TANK GAUGE, 2" NPT
5	2	PIPE PLUG, 1" NPT
6	1	PIPE TEE, 2.0" x 2.0" x 0.50"
7	2	PIPE PLUG, 4" NPT (120 - 500 GAL)
8	2	PIPE PLUG, 6" NPT (700 - 900 GAL)
9	1	PIPE PLUG, 2" NPT
10	2	PIPE NIPPLE, .50" x .50" x .50"
11	1	PIPE TEE, .50" x .50" x .50"
12	1	STOP COCK, .50" NPT - WITH PROVISION FOR PADLOCK
13	2	FLEXIBLE HOSE (SUPPLIED WITH ENGINE)
14	1	DOUBLE TAP BUSHING, 3" x 2"



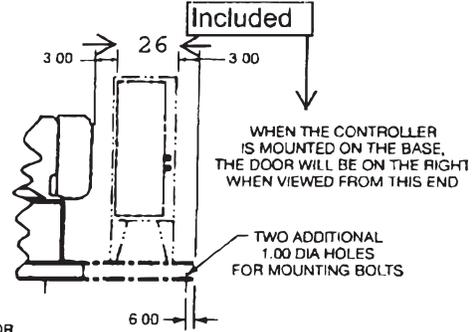
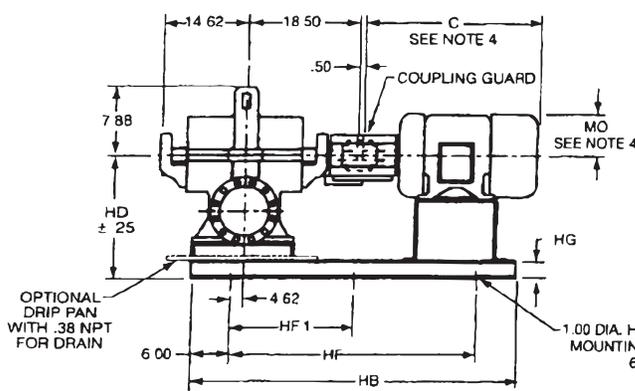
NOT FOR CONSTRUCTION, INSTALLATION OR APPLICATION PURPOSES UNLESS CERTIFIED		
CERTIFIED FOR:		
CUSTOMER ORDER NO.:	TAG NO.	
SHOP ORDER:	CERTIFIED BY:	DATE:

DIMENSIONS IN INCHES (mm)

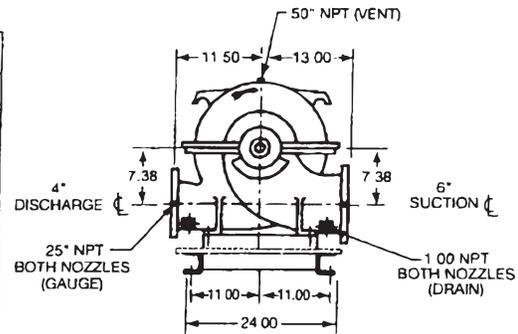
Figura III.23. Esquema y dimensionamiento del tanque diesel utilizada en el típico del SCI (sistema contra incendio) y que alimenta a la bomba contra incendio a diesel.



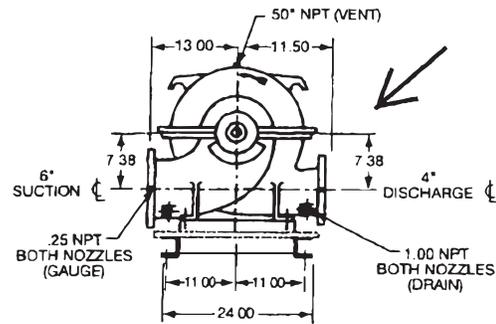
July 1999



MOTOR FRAMES	C	MO	HB	HF	HF ₁	HD	HG
182	14.1	5.3	48.00	36.00	18.00	18.25	4.00
184	15.1						
213	17.8	6.0	48.00	36.00	18.00	18.25	4.00
215	19.3						
254	23.3	7.1	58.00	46.00	23.00	18.25	4.00
256	25.0						
284	24.8	7.8	58.00	46.00	23.00	18.25	4.00
286	26.3						
324	28.2	8.6	58.00	46.00	23.00	18.25	4.00
326	29.7						
364	30.0	9.2	64.00	52.00	26.00	18.25	4.00
365	31.0						
404	36.4	10.4	64.00	52.00	26.00	18.25	4.00
405	37.9						
444	42.2	11.8	76.00	64.00	32.00	20.25	6.00
445	44.2						



CW ROTATION VIEWED FROM COUPLING END



CCW ROTATION VIEWED FROM COUPLING END

NOTES

- All Dimensions are in inches with $\pm .125$ " tolerance unless otherwise specified
- Suction and discharge connections are 125# ANSI B16.1 standard flanges. Holes in flanges straddle \perp (See Note 6)
- Baseplate setting (before piping), grouting procedures and final alignment must be in accordance with ITT A-C Fire Pump Systems recommended procedures outlined in the Instruction Manual associated with this pump type.
- Motor dimensions are approximate for a given NEMA frame. Consult factory if space is limited.
- Both suction and discharge pipes must be supported independently near the pump to reduce strain on the pump casing. Also expansion joints, if used, must not exert force on casing.
- "H" high pressure pumps over 250 PSI working pressure will have 250# ANSI B16.1 flat faced suction and discharge flanges. Holes in flanges straddle \perp .
- Coupling guard to meet ANSI/OSHA requirements.

NOT FOR CONSTRUCTION, INSTALLATION OR APPLICATION PURPOSES UNLESS CERTIFIED.									
CERTIFIED FOR:							APPROVAL		
							UL	FM	ULC
							<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CUSTOMER ORDER NO:			IDENTIFICATION NO:				FLANGES		
PUMP DATA	SIZE	MODEL	CURVE NO.	GPM	HEAD (FT)	ROTATION	SUCTION	FLANGES	
	6x4x11F	8100		3000	289	CCW	125#	125#	
MOTOR DATA	HP	RPM	VOLTS	PHASE	HERTZ	FRAME SIZE	ENCLOSURE		
	125	2960	380	3	50	444TS	TEFC		
SHOP ORDER:			CERTIFIED BY:				DATE		

Figura III.25. Esquema y dimensionamiento de la bomba eléctrica utilizada en el típico del SCI (sistema contra incendio).



August 07

Supersedes all previous issues

MAIN RELIEF VALVE
PILOT CONTROLLED

Sizes Angle 2" - 8" flanged

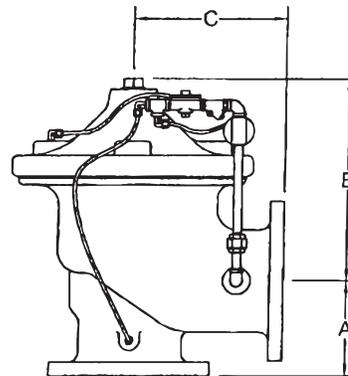
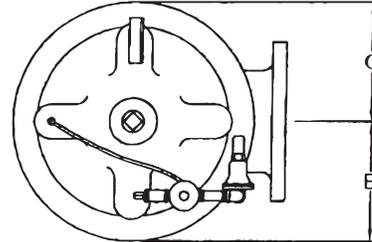
End Details 150 and 300 ANSI B16.42

Pressure Ratings class - 175 psi Max.
class - 300 psi Max.
Water, to 180°F Max.

Materials *Main Valve Body & Cover*
Ductile Iron ASTM A-536
Naval Bronze ASTM B61
Other Material Available
Standard Main Valve Trim:
Bronze Seat, Teflon Coated
Stainless Steel Stem, Delrin Sleeved
Standard Pilot Control System:
Cast Bronze with
Stainless Steel trim

Adjustment Range Available in the following relief
pressure ranges:
20-200 psi (150 Class)
100-300 psi (300 Class)

UL Listed / FM Approved (Sizes 3" - 8")



	2"	2-1/2"	3	4	6	8
WEIGHT (lbs)	50	50	80	130	210	270

		VALVE SIZE (INCHES)					
		2	2 1/2	3	4	6	8
THREADED	A	3 250 (82.55)	4 000 (101.6)				
150# FLANGED		3 250 (82.55)	4 000 (101.6)	4 000 (101.6)	5 000 (127)	6 000 (152.4)	8 000 (203.2)
300# FLANGED		3 500 (88.9)	4 310 (109.474)	4 380 (111.252)	5 310 (134.874)	6 500 (165.1)	8 500 (215.9)
	B	12.000 (304.8)	12 250 (311.15)	12 500 (317.5)	13.000 (330.2)	14 310 (363.474)	16.310 (414.274)
THREADED	C	4 750 (120.65)	5 500 (139.7)				
150# FLANGED		4 750 (120.65)	5 500 (139.7)	6 000 (152.4)	7 500 (190.5)	10.000 (254)	12 750 (323.85)
300# FLANGED		5 000 (127)	5 880 (149.352)	6 380 (162.052)	7 880 (200.152)	10 500 (266.7)	13.250 (336.55)
	E	6.000 (152.4)	6.690 (169.926)	7.750 (196.85)	7 880 (200.152)	8 500 (215.9)	9 750 (247.65)
	G	3 310 (84.074)	4 000 (101.6)	4 560 (115.824)	5 750 (146.05)	7.880 (200.152)	10.000 (254)

NOT FOR CONSTRUCTION, INSTALLATION OR APPLICATION PURPOSES UNLESS CERTIFIED		
CERTIFIED FOR:		
CUSTOMER ORDER NO.:	TAG NO.	
SHOP ORDER:	CERTIFIED BY:	DATE:

DIMENSIONS IN INCHES (mm)

Figura III.26. Esquema y dimensionamiento de la válvula de alivio de presión utilizada en el típico del SCI (sistema contra incendio).

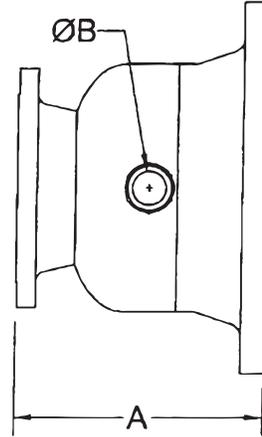


August 07

Supersedes all previous issues

CLOSED WASTE CONE

INLET CONNECTION 150# R.F. ANSI B16.5
OUTLET CONNECTION 150# R.F. ANSI B16.5
BODY MATERIAL CAST STEEL
MAX W.P. 175 PSI



SIZE	A	B	WT
2 x 2-1/2	8.00 (203.2)	1.00 (25.4)	18
2-1/2 x 3-1/2	7.50 (190.5)	1.00 (25.4)	27
3 x 5	8.50 (215.9)	2.00 (50.8)	37
4 x 6	9.03 (229.362)	2.00 (50.8)	48
4 x 8	10.25 (260.35)	2.00 (50.8)	68
6 x 8	10.25 (260.35)	2.00 (50.8)	77
6 x 10	11.50 (292.1)	2.00 (50.8)	98
8 x 12	13.00 (330.2)	2.00 (50.8)	151
8 x 14	14.00 (355.6)	2.00 (50.8)	197

NOT FOR CONSTRUCTION, INSTALLATION OR APPLICATION PURPOSES UNLESS CERTIFIED		
CERTIFIED FOR:		
CUSTOMER ORDER NO.:	TAG NO.	
SHOP ORDER:	CERTIFIED BY:	DATE:

DIMENSIONS IN INCHES (mm)

Figura III.27. Esquema y dimensionamiento del cono de alivio con mirilla tipo cerrado utilizado en el típico del SCI (sistema contra incendio).

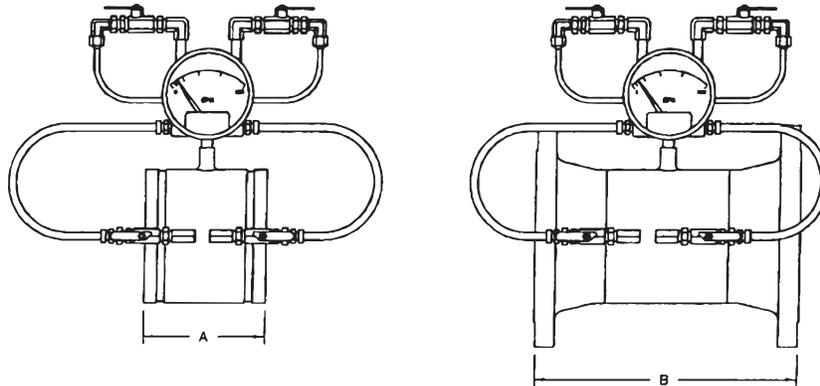
Las medidas están en pulg (mm) y lb.



August 07

Supersedes all previous issues

FLOWMETER



GPM	VENTURI SYSTEM MODEL NO.	PIPE SIZE	METER RANGE MIN. & MAX. GPM	A		B	
				VENTURI LENGTH		150 # (RF)	300 # (RF)
				GROOVED	BUTT WELD		
25	K-25-1-1/4(616)	1-1/4"	12.5-50	Threaded only 3-3/4 (92.25)		---	---
50	K-50-2(685)	2"	25-100	Threaded only 4-1/4 (120.65)		---	---
100	K-100-2-1/2(746)	2-1/2"	50-200	3.00 (76.2)	4.00 (101.6)	9.50 (241.3)	10.00 (254)
150	K-150-3(766)	3"	75-300	3.50 (88.9)	4.38 (111.125)	9.00 (228.6)	10.25 (260.35)
200	K-200-3(766)	3"	100-400	3.50 (88.9)	4.38 (111.125)	9.00 (228.6)	10.25 (260.35)
250	K-250-4(744)	4"	125-500	3.50 (88.9)	3.75 (95.25)	9.50 (241.3)	10.75 (273.05)
300	K-300-4(744)	4"	150-600	3.50 (88.9)	3.75 (95.25)	9.50 (241.3)	10.75 (273.05)
450	K-450-4(744)	4"	225-900	3.50 (88.9)	3.75 (95.25)	9.50 (241.3)	10.75 (273.05)
500	K-500-5(715)	5"	250-1000	5.00 (127)		12.00 (304.8)	13.25 (336.55)
500	K-500-6(743)	6"	250-1000	6.00 (152.4)		13.00 (330.2)	14.25 (361.95)
750	K-750-6(743)	6"	375-1500	6.00 (152.4)		13.00 (330.2)	14.25 (361.95)
1000	K-1000-6(743)	6"	500-2000	6.00 (152.4)		13.00 (330.2)	14.25 (361.95)
1250	K-1250-6(743)	6"	625-2500	6.00 (152.4)		13.00 (330.2)	14.25 (361.95)
1500	K-1500-8(750)	8"	750-3000	7.00 (177.8)		15.00 (381)	16.25 (412.75)
2000	K-2000-8(750)	8"	1000-4000	7.00 (177.8)		15.00 (381)	16.25 (412.75)
2500	K-2500-8(750)	8"	1250-5000	7.00 (177.8)		15.00 (381)	16.25 (412.75)
3000	K-3000-8(750)	8"	1500-6000	7.00 (177.8)		15.00 (381)	16.25 (412.75)
3500	K-3500-10(755)	10"	1750-7000	8.00 (203.2)		16.00 (406.4)	17.75 (450.85)
4000	K-4000-10(755)	10"	2000-8000	8.00 (203.2)		16.00 (406.4)	17.75 (450.85)
4500	K-4500-10(755)	10"	2250-9000	8.00 (203.2)		16.00 (406.4)	17.75 (450.85)
5000	K-2000-12(750)	12"	2500-9000	12.00 (304.8)		21.00 (533.4)	22.75 (577.85)

Factory Mutual Approved.

NOT FOR CONSTRUCTION, INSTALLATION OR APPLICATION PURPOSES UNLESS CERTIFIED

CERTIFIED FOR:

CUSTOMER ORDER NO.:

TAG NO.

SHOP ORDER:

CERTIFIED BY:

DATE:

DIMENSIONS IN INCHES (mm)

Figura III.28. Esquema y dimensionamiento del medidor de flujo utilizado en el típico del SCI (sistema contra incendio).

ANEXO IV.

DOCUMENTOS Y PLANOS DEL TÍPICO DE UN SISTEMA DE BOMBEO DE UN SISTEMA CONTRA INCENDIO

CONTENIDO DOCUMENTOS DE OTRAS DISCIPLINAS:

DOCUMENTO	DESCRIPCIÓN	ÁREA DE PROCEDENCIA
I265-R300-001	P&ID SISTEMA CONTRA INCENDIOS	PROCESOS
I265-R500-001	LISTADO DE LÍNEAS DE TUBERÍA	PROCESOS
I265-M110-90-001	HOJA DE DATOS TANQUE SCI T-670	MECÁNICA

CONTENIDO DOCUMENTOS ESTÁNDAR PARA EL ÁREA DE TUBERÍA:

DOCUMENTO	DESCRIPCIÓN	REVISIÓN
I83-100	RESUMEN DEL ANÁLISIS REALIZADO EN EL PROYECTO	-
I265-P900-001	MODELO 3D, ÁREA DE BOMBAS Y TANQUE CONTRA INCENDIO	A
I265-P900-002	MODELO 3D, NORMAS APLICABLES	A
I265-P100-001	PLOT PLAN, ÁREA DE BOMBAS Y TANQUE CONTRA INCENDIO	A
I265-P300-001-1	PIPING LAYOUT, ÁREA DE BOMBAS Y TANQUE CONTRA INCENDIO, HOJA 1/2	A
I265-P300-001-2	PIPING LAYOUT, ÁREA DE BOMBAS Y TANQUE CONTRA INCENDIO, HOJA 2/2	A
I265-P400-001	DIBUJO ISOMÉTRICO 6-WFL-887-AA1	A
I265-P400-002	DIBUJO ISOMÉTRICO 8-WFL-6701-AA1	A
I265-P400-003	DIBUJO ISOMÉTRICO 8-WFL-6701A-AA1	A
I265-P400-004	DIBUJO ISOMÉTRICO 1-WFL-6702-AA1	A
I265-P400-005	DIBUJO ISOMÉTRICO 8-WFL-6703-AA1 Y 3/4-DRG-6724-AA1	A
I265-P400-006	DIBUJO ISOMÉTRICO 8-WFL-6704-AA1 Y 3/4-DRG-6725-AA1	A
I265-P400-007	DIBUJO ISOMÉTRICO 1-WFL-6705-AA1	A
I265-P400-008	DIBUJO ISOMÉTRICO 8-WFL-6706-AA1	A
I265-P400-009	DIBUJO ISOMÉTRICO 8-WFL-6707-AA1	A
I265-P400-010	DIBUJO ISOMÉTRICO 8-WFL-6709-AA1	A
I265-P400-011	DIBUJO ISOMÉTRICO 8-WFL-6701B-AA1	A
I265-P400-012	DIBUJO ISOMÉTRICO 8-WFL-6708-AA1	A
I265-P400-013	DIBUJO ISOMÉTRICO 1-OW-6726-AA1	A
I265-P400-014	DIBUJO ISOMÉTRICO 1-OW-6727-AA1	A
I265-P400-015	DIBUJO ISOMÉTRICO 1-OW-6728-AA1	A
I265-P400-016	DIBUJO ISOMÉTRICO 2-OW-6729-AA1	A
I265-P400-017	DIBUJO ISOMÉTRICO 2-OW-6731-AA1 Y 2-OW-6734-AA1	A
I265-P400-018	DIBUJO ISOMÉTRICO 6-DRG-6721-AA1 Y 2-DRG-6722-AA1	A
I265-P400-019	DIBUJO ISOMÉTRICO 1/2-GD-6732-AA1	A
I265-P400-020	DIBUJO ISOMÉTRICO 1/2-GD-6733-AA1	A
I265-P600-001	ESTÁNDAR TÍPICO DE SOPORTES DE TUBERÍA	A
I265-P620-001	LISTADO DE SOPORTES DE TUBERÍA	A
I265-MTO-50-001	LISTADO DETALLADO DE MATERIALES	A

Tabla IV.1. Detalle de cálculo de peso muerto de los varios tramos de bombeo contra incendio.

Nº	TIPO TRAMO	TRAMO	LÍNEAS INVOLUCRADAS	NPS	SCH. Nº	DÍAMETRO INTERNO (mm)	LONGITUD (mm)	PESO TUBO / METRO (kg/m)	PESO TRAMO TUBO (kg)	PESO TRAMO AGUA *** (kg)	PESO AGUA / METRO (kg/m)	TIPO REDUCCIÓN, O CONEXIÓN	REDUCCIÓN, O CONEXIÓN (kg)	TIPO DERIVACIÓN	TIPO DERIVACIÓN (kg)	PESO DE DERIVACIÓN (kg)	
T1	1	L + P	DESDE L-670 HASTA PS-001	8"	STD	202,7	900	42,55	21,28	1610	32,270	VENTEO	51,95			2,98	
T2	2	L + P	DESDE PS-001 HASTA PR-CD1	8"	STD	202,7	3155	42,55	134,25	4017	32,270		129,63	VENTEO			
T3	3	T	DESDE PR-C HASTA PR-D	8"	STD	202,7	323	42,55	13,74	500	32,270		16,13				
T4	4	L	DESDE PR-C HASTA PR-DE2	8"	STD	202,7	2646	42,55	112,59	3000	32,270		96,81				
T5	5	L + P1 + P2	DESDE PR-D HASTA PR-DE2	8"	STD	202,7	1103	42,55	46,93	1711	32,270		55,21				
T6	6	L + P1 + P2	DESDE PR-D HASTA PR-DE2	8"	STD	202,7	996	42,55	42,38	996	32,270		32,14				
T7	7	L + P1 + P2	DESDE PR-D HASTA PS-002	8"	STD	202,7	1820	42,55	77,44	2916	32,270		94,10	DRENAIE/FILTRC		3,32	
T8	8	L + P1 + P2	DESDE PS-002 HASTA P-674	8"	STD	202,7	200	42,55	8,51	962	32,270		31,04	R.C. 8" 6"		6,50	
T9	9	L + P1 + P2	DESDE PS-002 HASTA P-674	8"	STD	202,7	154,1	42,55	6,48	1881	18,651		35,08	TOMA INSTRUM		2,57	
T10	10	L + P1 + P2	DESDE P-674 HASTA PS-003	8"	STD	202,7	300	42,55	12,77	1060	32,270		34,21	R.C. 8" 4"		2,98	
T11	11	L + P1 + P2	DESDE P-674 HASTA PS-003	8"	STD	102,3	1608	42,55	68,00	156	8,219		1,28	0,11 TOMA INSTRUM		2,57	
T12	12	L + P1 + P2	DESDE PS-003 HASTA PR-CD2	8"	STD	202,7	1809	42,55	76,97	3016	32,270		97,53	THREADOLET, 1"		0,29	
T13	13	L + P1 + P2	DESDE PR-C HASTA PR-8C2	8"	STD	202,7	246	42,55	10,47	854	32,270		27,56				
T14	14	L + P1 + P2	DESDE PR-C HASTA PR-8C2	8"	STD	202,7	2027	42,55	86,18	996	32,270		32,14	THREADOLET, 1"		0,29	
T15	15	L + P1 + P2	DESDE PR-B HASTA 8" WFL-6704-AA1	1	80	24,3	2742	4,24	11,63	2951	0,464		1,37				
T16	16	L + P1 + P2	DESDE PR-B HASTA PS-004	8"	STD	202,7	1820	42,55	77,44	2916	32,270		94,10				
T17	17	L + P1 + P2	DESDE PR-B HASTA P-676	8"	STD	202,7	200	42,55	8,51	962	32,270		31,04	R.C. 8" 6"		6,50	
T18	18	L + P1 + P2	DESDE PS-004 HASTA P-676	8"	STD	202,7	154,1	42,55	6,48	1881	18,651		35,08	TOMA INSTRUM		2,57	
T19	19	L + P1 + P2	DESDE PR-B HASTA PR-AB2	1	80	24,3	3732	4,24	15,82	3820	0,464		1,77				
T20	20	L + P1 + P2	DESDE PR-AB2 HASTA PS-007	1	80	24,3	3016	4,24	12,79	3016	0,464		1,40				
T21	21	L + P1 + P2	DESDE PS-007 HASTA P-672	1	80	24,3	1526	4,24	6,47	2254	0,464		1,05	TOMA INSTRUM		2,57	
T22	22	L + P1 + P2	DESDE PS-007 HASTA P-672	1	80	32,5	3016	4,24	16,47	129	0,830		0,11	R.C. 1 1/4" x 1"		0,45	
T23	23	L + P1 + P2	DESDE PR-C2 HASTA PR-C2	8"	STD	202,7	496	42,55	21,10	1104	32,270		35,63				
T24	24	L + P1 + P2	DESDE P-676 HASTA PS-006	8"	STD	202,7	300	42,55	12,77	1114	32,270		45,63				
T25	25	L + P1 + P2	DESDE P-676 HASTA PS-006	8"	STD	102,3	1608	42,55	68,00	156	8,219		1,28				
T26	26	L + P1 + P2	DESDE 8" WFL-6707-AA1 HASTA PS-005	8"	STD	202,7	100	42,55	4,26	459	32,270		14,81				
T27	27	L + P1 + P2	DESDE 8" WFL-6707-AA1 HASTA PS-005	8"	STD	102,3	342	42,55	14,48	949	8,219		7,80				
T28	28	L + P1 + P2	DESDE PS-006 HASTA PR-AB2	8"	STD	202,7	1809	42,55	76,97	3016	32,270		97,53	THREADOLET, 1"		0,11	
T29	29	L + P1 + P2	DESDE PR-AB2 HASTA PR-AB2	8"	STD	202,7	838	42,55	35,66	1446	32,270		46,66				
T30	30	L + P1 + P2	DESDE PR-AB2 HASTA PR-BN2	8"	STD	202,7	2646	42,55	112,59	3000	32,270		96,81	THREADOLET, 1"		0,29	
T31	31	L + P1 + P2	DESDE PR-AB2 HASTA 8" WFL-6701B-AA1	1	80	24,3	1512	4,24	6,41	1633	0,464		0,76				
T32	32	L + P1 + P2	DESDE PR-AB2 HASTA PR-C2	8"	STD	202,7	3000	42,55	127,65	3000	32,270		96,81				
T33	33	L + P1 + P2	DESDE P-672 HASTA PS-007	1	80	24,3	816	4,24	3,46	1488	0,464		0,69	TE. 1" x 1/2" Y TOI		4,22	
T34	34	L + P1 + P2	DESDE PS-007 HASTA PS-007	1	80	32,5	3016	4,24	12,79	3016	0,830		0,11	R.C. 1 1/4" x 1"		0,37	
T35	35	L + P1 + P2	DESDE PS-007 HASTA PR-AB2	1	80	24,3	3016	4,24	12,79	3016	0,464		1,40				
T36	36	L + P1 + P2	DESDE PS-005 HASTA PR-AB2	8"	STD	202,7	2725	42,55	116,37	2725	32,270		88,26				
T37	37	L + P1 + P2	DESDE PR-AB2 HASTA PR-AB2	8"	STD	202,7	1682	42,55	70,23	2170	32,270		79,71	VENTEO H.		2,98	
T38	38	L + P1 + P2	DESDE PR-AB2 HASTA PR-AB2	8"	STD	202,7	774	42,55	32,93	1869	32,270		60,31				
T39	39	L + P1 + P2	DESDE 8" WFL-6701B-AA1 HASTA PS-010	8"	STD	202,7	1677	42,55	71,36	1677	32,270		54,12	TOMA INSTRUM		2,57	
T40	40	L + P1 + P2	DESDE PR-AB2 HASTA PS-010	8"	STD	202,7	2093	42,55	89,06	3414	32,270		110,17	TOMA INSTRUM		2,57	
T41	41	L + P1 + P2	DESDE PS-010 HASTA PS-011	8"	STD	202,7	1633	42,55	69,48	2287	32,270		73,80	R.C. 8" 6"		6,50	
T42	42	L + P1 + P2	DESDE PS-010 HASTA PS-011	8"	STD	154,1	1500	28,26	42,39	1500	18,651		27,98				
T43	43	L + P1 + P2	DESDE PS-011 HASTA PS-012	8"	STD	202,7	1000	42,55	17,45	1064	32,270		34,34	R.C. 8" 6"		6,50	
T44	44	L + P1 + P2	DESDE PS-011 HASTA PS-012	8"	STD	154,1	1000	28,26	28,26	1514	18,651		28,24				
T45	45	L + P1 + P2	DESDE PS-010 HASTA PS-012	8"	STD	202,7	6365	42,55	270,83	6365	32,270		205,40				
T46	46	L + P1 + P2	DESDE PS-012 HASTA PS-013	8"	STD	202,7	2350	42,55	99,99	2958	32,270		95,45				
T47	47	L + P1 + P2	DESDE PS-012 HASTA PS-013	8"	STD	202,7	951	42,55	40,47	1559	32,270		50,31				
T48	48	L + P1 + P2	DESDE PS-013 HASTA PS-015	8"	STD	202,7	5880	42,55	254,45	6588	32,270		212,59				
T49	49	L + P1 + P2	DESDE PS-013 HASTA PS-014	8"	STD	202,7	5887	42,55	250,49	6495	32,270		209,59				
T50	50	L + P1 + P2	DESDE PS-015 HASTA P-670	8"	STD	202,7	625	42,55	26,59	1439	32,270		46,44				
T51	51	L + P1 + P2	DESDE PS-014 HASTA P-670	8"	STD	202,7	625	42,55	26,59	1439	32,270		46,44				
T52	52	L + P1 + P2	DESDE PS-014 HASTA P-670	8"	STD	154,1	976	28,26	27,58	1724	18,651		32,15				
T53	53	L + P1 + P2	DESDE P-670 HASTA PS-016	6"	STD	154,1	6286	28,26	177,64	6403	18,651		119,42	WEIDOLET, 2"		0,80	
T54	54	L + P1 + P2	DESDE PS-016 HASTA LINEA SUBTERRÁNEA	2"	STD	49,2	250	7,48	1,87	599	1,991		1,14				
T55	55	L + P1 + P2	DESDE PS-016 HASTA PS-017	6"	STD	154,1	804	28,26	22,72	1897	18,651		35,38				
T56	56	L + P1 + P2	DESDE PS-017 HASTA PS-018	6"	STD	154,1	415	28,26	11,73	1225	18,651		22,85				
T57	57	L + P1 + P2	DESDE PS-018 HASTA PS-019	6"	STD	154,1	751	28,26	21,22	1202	18,651		22,42				
T58	58	L + P1 + P2	DESDE P-676 HASTA PS-008	1/2	160	11,8	323	1,95	0,63	490	0,109		0,05				
T59	59	L + P1 + P2	DESDE P-676 HASTA PS-008	1/2	160	11,8	289	1,95	0,56	490	0,109		0,05				
T60	60	L + P1 + P2	DESDE PS-008 HASTA P-677	1/2	160	11,8	1501	1,95	2,98	1880	0,109		0,21				
T61	61	L + P1 + P2	DESDE PS-008 HASTA PS-009	1/2	160	11,8	2105	1,95	4,10	2171	0,109		0,24				
T62	62	L + P1 + P2	DESDE PS-009 HASTA P-677	1/2	160	11,8	2129	1,95	4,15	2227	0,109		0,25				
T63	63	L + P1 + P2	DESDE P-677 HASTA PS-009 T FUNNEL	1	80	24,3	488	4,24	1,86	812	0,464		0,38				
SUBTOTAL [kg]															3070,83	3046,51	44,50

Tabla IV.1. Detalle de cálculo de peso muerto de los varios tramos del sistema de bombeo contra incendio. Continuación.

TRAMO	LÍNEAS INVOLUCRADAS	NPS	SCH. Nº	TIPO DE BRIDA	BRIDA (kg)	TIPO TE REDUCTORA	REDUCTORA (kg)	TERECITA (kg)	CODO 90° (kg)	CODO 45° (kg)	VÁLVULA DE BOLA	VÁLVULA DE COMPUERTA	VÁLVULA CHECK	FILTRO TIPO CANASTILLA (kg)	FILTRO EN "Y" (kg)	MEDIDOR FLUJO ++	VÁLVULA DE ALIVIO (kg)	CONO DE ALIVIO (kg)	PESO SUBTOTAL (kg)	PESO TOTAL TRAMO** (kg)
DESDE HASTA	8"-WFL-6701-AA1	8	STD	WN	18				20.3	20.3		131							242.53	254.66
DESDE HASTA	8"-WFL-6701-AA1	8	STD	WN															298.30	313.22
DESDE HASTA	8"-WFL-6701-AA1	8	STD	WN															74.88	31.37
DESDE HASTA	8"-WFL-6701-AA1	8	STD	WN				33											242.40	254.53
DESDE HASTA	8"-WFL-6701-AA1	8	STD	WN															122.45	128.57
DESDE HASTA	8"-WFL-6701-AA1	8	STD	WN															74.51	78.25
DESDE HASTA	8"-WFL-6702-AA1	8	STD	WN	26														451.86	484.05
DESDE HASTA	8"-WFL-6702-AA1	8	STD	WN					33						120				79.05	83.01
DESDE HASTA	8"-WFL-6702-AA1	8	STD	WN	10.8														96.50	101.32
DESDE HASTA	8"-WFL-6702-AA1	8	STD	WN															76.75	80.59
DESDE HASTA	8"-WFL-6702-AA1	8	STD	WN	7														8.28	8.70
DESDE HASTA	8"-WFL-6702-AA1	8	STD	WN	72														514.98	540.73
DESDE HASTA	8"-WFL-6704-AA1	8	STD	WN															58.33	61.24
DESDE HASTA	8"-WFL-6704-AA1	8	STD	WN															74.81	78.55
DESDE HASTA	8"-WFL-6704-AA1	8	STD	WN					2.24										15.23	16.00
DESDE HASTA	8"-WFL-6704-AA1	8	STD	WN															451.86	484.95
DESDE HASTA	8"-WFL-6704-AA1	8	STD	WN	36														79.05	83.01
DESDE HASTA	8"-WFL-6704-AA1	8	STD	WN	10.8														96.50	101.32
DESDE HASTA	8"-WFL-6704-AA1	8	STD	WN															18.71	19.65
DESDE HASTA	8"-WFL-6704-AA1	8	STD	WN					1.12										14.19	14.90
DESDE HASTA	8"-WFL-6704-AA1	8	STD	WN															25.38	26.65
DESDE HASTA	8"-WFL-6704-AA1	8	STD	WN					5.6										0.56	0.58
DESDE HASTA	8"-WFL-6706-AA1	8	STD	WN															72.89	76.54
DESDE HASTA	8"-WFL-6706-AA1	8	STD	WN															77.03	80.88
DESDE HASTA	8"-WFL-6707-AA1	8	STD	WN															109.67	115.16
DESDE HASTA	8"-WFL-6707-AA1	8	STD	WN	7														8.28	8.70
DESDE HASTA	8"-WFL-6709-AA1	8	STD	WN	18														67.98	71.38
DESDE HASTA	8"-WFL-6709-AA1	8	STD	WN	7														79.40	83.37
DESDE HASTA	8"-WFL-6707-AA1	8	STD	WN	72														514.98	540.73
DESDE HASTA	8"-WFL-6707-AA1	8	STD	WN															102.62	107.75
DESDE HASTA	8"-WFL-6707-AA1	8	STD	WN															245.67	257.95
DESDE HASTA	8"-WFL-6707-AA1	8	STD	WN															8.29	8.70
DESDE HASTA	8"-WFL-6707-AA1	8	STD	WN															224.46	235.68
DESDE HASTA	8"-WFL-6707-AA1	8	STD	WN															19.14	20.10
DESDE HASTA	8"-WFL-6707-AA1	8	STD	WN															1.78	1.86
DESDE HASTA	8"-WFL-6707-AA1	8	STD	WN															204.63	214.86
DESDE HASTA	8"-WFL-6709-AA1	8	STD	WN															182.21	191.32
DESDE HASTA	8"-WFL-6709-AA1	8	STD	WN	38														184.55	193.77
DESDE HASTA	8"-WFL-6708-AA1	8	STD	WN															128.05	134.45
DESDE HASTA	8"-WFL-6709-AA1	8	STD	WN															267.80	281.19
DESDE HASTA	8"-WFL-6708-AA1	8	STD	WN	36														316.79	332.62
DESDE HASTA	8"-WFL-6708-AA1	8	STD	WN															70.37	73.88
DESDE HASTA	8"-WFL-6708-AA1	8	STD	WN	36														225.28	236.54
DESDE HASTA	8"-WFL-6708-AA1	8	STD	WN	21.6														110.10	115.60
DESDE HASTA	8"-WFL-6709-AA1	8	STD	WN															476.23	500.04
DESDE HASTA	8"-WFL-6708-AA1	8	STD	WN															215.75	226.53
DESDE HASTA	8"-WFL-6708-AA1	8	STD	WN															111.07	116.63
DESDE HASTA	8"-WFL-6708-AA1	8	STD	WN															487.34	511.71
DESDE HASTA	8"-WFL-6708-AA1	8	STD	WN															480.38	504.40
DESDE HASTA	8"-WFL-6708-AA1	8	STD	WN	18														111.33	116.90
DESDE HASTA	8"-WFL-6708-AA1	8	STD	WN															111.33	116.90
DESDE HASTA	8"-WFL-6708-AA1	8	STD	WN	10.8														80.74	84.77
DESDE HASTA	8"-WFL-6708-AA1	8	STD	WN	22.8														320.66	336.70
DESDE HASTA	8"-WFL-6708-AA1	8	STD	WN	2.7														13.91	14.60
DESDE HASTA	8"-WFL-6708-AA1	8	STD	WN	10.8														79.10	83.06
DESDE HASTA	8"-WFL-6708-AA1	8	STD	WN	21.6														201.05	212.04
DESDE HASTA	8"-WFL-6708-AA1	8	STD	WN	21.6														154.24	161.95
DESDE HASTA	8"-WFL-6708-AA1	8	STD	WN	21.6														240	232
DESDE HASTA	8"-WFL-6708-AA1	8	STD	WN	1.6														5.74	6.02
DESDE HASTA	8"-WFL-6708-AA1	8	STD	WN	1.6														5.21	5.47
DESDE HASTA	8"-WFL-6708-AA1	8	STD	WN	1.6														4.86	5.11
DESDE HASTA	8"-WFL-6708-AA1	8	STD	WN	1.6														5.97	6.26
DESDE HASTA	8"-WFL-6708-AA1	8	STD	WN	1.6														2.21	2.35

SUBTOTAL (kg) 555.40 30.82 165.00 429.84 11.15 1015.00 355.97 59.10 30.91 242.27 3.00 99.10 30.91 TOTAL (kg) 9658.64

* SE INCLUYE UNA CARGA ADICIONAL POR PERNOS, ESPÁRRAGOS, TUERCAS, PINTURA, EMPAQUES, INSTRUMENTOS, SOLDADURA, ETC.
 ** PARA AGILITAR EL CÁLCULO SE CONSIDERAN TRAMOS RECTOS DE TUBERÍA, SIN CURVATURAS.
 *** SE CONSIDERA UNA DENSIDAD DEL AGUA DE 1000 kg/m³.
 ++ EL PESO DEL MEDIDOR DE FLUJO FUE TOMADO DE UNO SIMILAR EN <http://www.vikingroupinc.com/databook/related/flow%20devices/dp.pdf>
 +++ SE ASUMIÓ EL PESO DE UNA VÁLVULA DE COMPUERTA PARA EL ELEMENTO FV-900 EN LA LÍNEA 6"-WFL-887-AA1.

Tabla IV.2. Comparación de horas-hombre en la elaboración de los documentos, sin estándar y con estándar.

		EXHIBIT 10-RG-7.3-16-02 REGISTRO 10-RG-7.3-16-02 DOCUMENTS LIST AND MAN HOURS LISTA DE DOCUMENTOS Y HORAS HOMBRE										Fecha: 11/05/2015 Index No:			
Proyecto: Disciplin:		SANTOS CMI 1265										Clientes: Código:			
		HORAS HOMBRE SIN ESTÁNDAR					HORAS HOMBRE CON ESTÁNDAR								
No.	Documento No.	Descripción	Días emisión Rev. A	HH-Level I	HH-Level II	HH-Level III	HH-Draftman	HH-Level I	HH-Level II	HH-Level III	HH-Draftman	HH-Level I	HH-Level II	HH-Level III	HH-Draftman
1	265-P900-001	PLANS Y DOCUMENTOS	26	5	30	40	90	2.5	15	20	45	2.5	15	20	45
2	265-P100-001	MODELO 3D DE TUBERIA	9	7	4	1	1	3.5	2	0.5	1	3.5	2	0.5	1
3	265-P300-001-1	PIPING LAYOUT, AREA DE BOMBAS Y TANQUE CONTRA INCENDIO, HOJA 1/2	26	1	2	2	14	0.5	1	1	7	0.5	1	1	7
4	265-P300-001-2	PIPING LAYOUT, AREA DE BOMBAS Y TANQUE CONTRA INCENDIO, HOJA 2/2	26	1	2	2	14	0.5	1	1	7	0.5	1	1	7
5	265-P400-001	PLANO ISOMETRICO - LINEA NUMERO 1	38	0.5	0	1	1.5	0.25	0	0.5	0.75	0.25	0	0.5	0.75
6	265-P400-002	PLANO ISOMETRICO - LINEA NUMERO 2	38	0.5	0	1	1.5	0.25	0	0.5	0.75	0.25	0	0.5	0.75
7	265-P400-003	PLANO ISOMETRICO - LINEA NUMERO 3	38	0.5	0	1	1.5	0.25	0	0.5	0.75	0.25	0	0.5	0.75
8	265-P400-004	PLANO ISOMETRICO - LINEA NUMERO 4	38	0.5	0	1	1.5	0.25	0	0.5	0.75	0.25	0	0.5	0.75
9	265-P400-005	PLANO ISOMETRICO - LINEA NUMERO 5	38	0.5	0	1	1.5	0.25	0	0.5	0.75	0.25	0	0.5	0.75
10	265-P400-006	PLANO ISOMETRICO - LINEA NUMERO 6	38	0.5	0	1	1.5	0.25	0	0.5	0.75	0.25	0	0.5	0.75
11	265-P400-007	PLANO ISOMETRICO - LINEA NUMERO 7	38	0.5	0	1	1.5	0.25	0	0.5	0.75	0.25	0	0.5	0.75
12	265-P400-008	PLANO ISOMETRICO - LINEA NUMERO 8	38	0.5	0	1	1.5	0.25	0	0.5	0.75	0.25	0	0.5	0.75
13	265-P400-009	PLANO ISOMETRICO - LINEA NUMERO 9	38	0.5	0	1	1.5	0.25	0	0.5	0.75	0.25	0	0.5	0.75
14	265-P400-010	PLANO ISOMETRICO - LINEA NUMERO 10	38	0.5	0	1	1.5	0.25	0	0.5	0.75	0.25	0	0.5	0.75
15	265-P400-011	PLANO ISOMETRICO - LINEA NUMERO 11	39	0.5	0	1	1.5	0.25	0	0.5	0.75	0.25	0	0.5	0.75
16	265-P400-012	PLANO ISOMETRICO - LINEA NUMERO 12	39	0.5	0	1	1.5	0.25	0	0.5	0.75	0.25	0	0.5	0.75
17	265-P400-013	PLANO ISOMETRICO - LINEA NUMERO 13	39	0.5	0	1	1.5	0.25	0	0.5	0.75	0.25	0	0.5	0.75
18	265-P400-014	PLANO ISOMETRICO - LINEA NUMERO 14	39	0.5	0	1	1.5	0.25	0	0.5	0.75	0.25	0	0.5	0.75
19	265-P400-015	PLANO ISOMETRICO - LINEA NUMERO 15	39	0.5	0	1	1.5	0.25	0	0.5	0.75	0.25	0	0.5	0.75
20	265-P400-016	PLANO ISOMETRICO - LINEA NUMERO 16	39	0.5	0	1	1.5	0.25	0	0.5	0.75	0.25	0	0.5	0.75
21	265-P400-017	PLANO ISOMETRICO - LINEA NUMERO 17	39	0.5	0	1	1.5	0.25	0	0.5	0.75	0.25	0	0.5	0.75
22	265-P400-018	PLANO ISOMETRICO - LINEA NUMERO 18	39	0.5	0	1	1.5	0.25	0	0.5	0.75	0.25	0	0.5	0.75
23	265-P400-019	PLANO ISOMETRICO - LINEA NUMERO 19	39	0.5	0	1	1.5	0.25	0	0.5	0.75	0.25	0	0.5	0.75
24	265-P400-020	PLANO ISOMETRICO - LINEA NUMERO 20	39	0.5	0	1	1.5	0.25	0	0.5	0.75	0.25	0	0.5	0.75
25	265-P600-001	TIPICO DE SOPORTES DE TUBERIA	26	2	20	0	10	1	10	0	5	1	10	0	5
26	265-P620-001	LISTADO DE SOPORTES DE TUBERIA	38	2	0	30	0	1	0	15	0	1	0	15	0
27	265-MR-50-100	REQUISICION DE MATERIALES PARA VALVULAS	19	1	6	6	0	0.5	3	3	0	0.5	3	3	0
28	265-MR-50-200	REQUISICION DE MATERIALES PARA TUBERIA	19	1	6	6	0	0.5	3	3	0	0.5	3	3	0
29	265-MR-50-300	REQUISICION DE MATERIALES PARA ACCESORIOS	19	1	6	6	0	0.5	3	3	0	0.5	3	3	0
30	265-MR-50-400	REQUISICION DE MATERIALES PARA BRIDAS	19	1	6	6	0	0.5	3	3	0	0.5	3	3	0
31	265-MR-50-500	REQUISICION DE MATERIALES PARA ESPARRAGOS Y TUERCAS	19	1	6	6	0	0.5	3	3	0	0.5	3	3	0
32	265-MR-50-600	REQUISICION DE MATERIALES PARA EMPAQUES	19	1	6	6	0	0.5	3	3	0	0.5	3	3	0
33	265-MR-50-700	REQUISICION DE MATERIALES PARA PARTES ESPECIALES	21	1	6	6	0	0.5	3	3	0	0.5	3	3	0
34	265-MR-50-900	REQUISICION DE MATERIALES PARA SOPORTES	21	1	6	6	0	0.5	3	3	0	0.5	3	3	0
				36.00	106.00	143.00	159.00	18.00	53.00	71.50	79.50	18.00	53.00	71.50	79.50
REGISTER BY / Registrado por															
Nombre:															
Cargo:															
Firma:															
Fecha:															

Elaboración: Propia, basada en documentos de SANTOS CMI.

Tabla IV.3. Detalle de cálculo de peso muerto de los tramos pequeños de derivación de tubería.

VENTEOS Y DRENAJES PARA PRUEBAS HIDROSTÁTICAS

NPS	SCH. Nº	mm DIÁMETRO INTERNO	mm LONGITUD TUBO	kg/m PESO TUBO / METRO	kg PESO TRAMO TUBO	mm TRAMO DE TUBERÍA **	PESO AGUA ***	
	3/4	160	15,5	152	2,9	0,44	152	0,03
NPS	SCH. Nº	kg VÁLVULA BOLA	kg TAPÓN (PLUG)	kg THREADOLET				
	3/4	160	2,18	0,14	0,19			
							SUBTOTAL	2,51
							VENTEOS Y DRENAJES PARA PRUEBAS HIDROSTÁTICAS [kg]	2,98

DRENAJE FILTRO EN "Y" DE 8 in

NPS	SCH. Nº	mm DIÁMETRO INTERNO	mm LONGITUD TUBO	kg/m PESO TUBO / METRO	kg PESO TRAMO TUBO	mm TRAMO DE TUBERÍA **	PESO AGUA ***	
	2	STD	49,2	100	7,48	0,75	354	0,67
	3/4	160	15,5	265	2,9	0,77	213	0,04
NPS	SCH. Nº	kg VÁLVULA BOLA	kg TAPÓN (PLUG)	kg CODO 90º	R.E. 2"X1"			
	2	STD		-	0,65	2,98		3,63
	3/4	160	2,18	0,14	0,19	-		2,51
							SUBTOTAL	3,63
							DRENAJE FILTRO EN "Y" DE 8 in [kg]	3,32

TOMA INSTRUMENTO

NPS	SCH. Nº	mm DIÁMETRO INTERNO	mm LONGITUD TUBO	kg/m PESO TUBO / METRO	kg PESO TRAMO TUBO	mm TRAMO DE TUBERÍA **	PESO AGUA ***	
	3/4	160	15,5	60	2,9	0,17	152	0,03
NPS	SCH. Nº	kg VÁLVULA BOLA	kg THREADOLET					
	3/4	160	2,18	0,19				
							SUBTOTAL	2,37
							TOMA INSTRUMENTO [kg]	2,57

DRENAJE FILTRO EN "Y" DE 1 in

NPS	SCH. Nº	mm DIÁMETRO INTERNO	mm LONGITUD TUBO	kg/m PESO TUBO / METRO	kg PESO TRAMO TUBO	mm TRAMO DE TUBERÍA **	PESO AGUA ***	
	3/4	160	15,5	60	2,9	0,17	108	0,02
NPS	SCH. Nº	kg VÁLVULA BOLA	kg TAPÓN (PLUG)					
	3/4	160	2,18	0,14				
							SUBTOTAL	2,32
							DRENAJE FILTRO EN "Y" DE 1 in [kg]	2,51